

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

REGINA CANDELORO GRABARZ

**CONTRIBUIÇÃO PARA O EMPREGO DE PORTAS MODULARES EM
PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

**SÃO CARLOS
2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

REGINA CANDELORO GRABARZ

**CONTRIBUIÇÃO PARA O EMPREGO DE PORTAS MODULARES EM
PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Estruturas e Construção Civil
da Universidade Federal de São Carlos, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Estruturas e Construção Civil.**

Orientação: Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian.

SÃO CARLOS

2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

G727ce Grabarz, Regina Candeloro.
Contribuição para o emprego de portas modulares em
projetos de alvenaria estrutural / Regina Candeloro Grabarz.
-- São Carlos : UFSCar, 2013.
285 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2012.

1. Construção civil. 2. Alvenaria estrutural. 3.
Coordenação modular. 4. Portas. I. Título.

CDD: 690 (20^a)



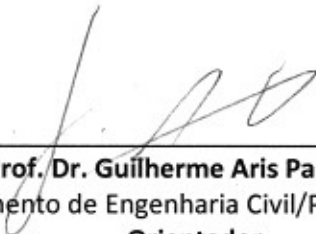
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil
Rod. Washington Luís, Km 235
13565-905 – São Carlos – SP
Fone: (16) 3351-8261 Fax (16) 3351-8262
e-mail: ppgciv@ufscar.br site: www.ppgciv.ufscar.br

**CONTRIBUIÇÃO PARA O EMPREGO DE PORTAS MODULARES EM PROJETOS DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

REGINA CANDELORO GRABARZ

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em quinze de agosto de 2012.

Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

Departamento de Engenharia Civil/PPGECiv/UFSCar
Orientador



Prof. Dr. Márcio Minto Fabrício

Instituto de Arquitetura e Urbanismo/USP
Examinador Externo



Prof. Dr. Fernando Soares Fonseca

Civil and Environmental Engineering Department/BYU/USA
Examinador Externo

À minha mãe Sandra e ao meu pai Mendel, com todo amor

*Ao Thiago Catoia, meu eterno e
amado companheiro.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sandra e Mendel, pelo apoio, incentivo e acima de tudo pelo amor sempre dedicado a mim.

Ao meu companheiro Thiago, por me apontar este caminho, sempre me apoiando e me incentivando, enxergando no meu crescimento nossa evolução, o verdadeiro engenheiro, que acima de tudo soube construir o mais puro laço de amor e um lar maravilhoso. Aos seus pais, Lúcia e Roberto, por me acolherem como uma filha e disporem a mim a felicidade de estar com seu filho. À sua irmã Bruna, por me guiar neste caminho, dispondo de seu tempo para me ajudar, pelos conselhos, incentivo e amizade. À sua irmã Micheli pelo apoio, incentivo e amizade.

À minha irmã Sorandra e seu marido Luciano, pelo incentivo e por me darem a dádiva de ser tia da Alicia, da Elisa e do Miguel, figurinhas que enchem minha vida de alegria e felicidade.

Ao Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian, pela oportunidade concedida, pela confiança e pela orientação; também à sua esposa Marilu pelos valiosos conselhos.

Ao Prof. Dr. Fernando S. Fonseca, pela contribuição e apoio; e ao Prof. Dr. Humberto Ramos Roman pela colaboração desde a qualificação.

Ao Arquiteto Nivaldo Callegari pela atenção especial e por dividir seu vasto conhecimento, assim como o conhecimento de sua equipe.

Ao Arquiteto Carlos Alberto Tauil por compartilhar sua história, suas opiniões e seu conhecimento.

Aos engenheiros Cláudio Oliveira Silva, Luiz Sérgio Franco, Cláudio Fonseca, Felipe Cunha, Jonas Medeiros e Jéssica Pires, pela atenção e colaboração.

Ao Prof. Dr. José Carlos Paliari e aos demais membros do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, pelo apoio institucional.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro através da bolsa de mestrado.

À D'us e à todos que de alguma forma contribuíram para mais esta conquista.

*Invista no que te traz riqueza,
sabendo que "A única moeda
verdadeiramente boa e pela qual
convém trocar todas as restantes é
a sabedoria." Platão*

RESUMO

GRABARZ, R. C. **Contribuição para o emprego de portas modulares em projetos de alvenaria estrutural**. 2012. 285 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

A construção civil é uma indústria muitas vezes vinculada a processos produtivos artesanais, refletindo em desperdício de recursos físicos e financeiros. A grande demanda por edificações leva a necessidade de industrializar elementos, componentes e tecnologias construtivas como alavanca ao desenvolvimento tecnológico e evolução do processo construtivo. Tendo em vista estes aspectos a coordenação modular se destaca como excelente ferramenta estratégica uma vez que objetiva organizar as dimensões das construções, de forma a reduzir a variedade de tamanhos nos quais os elementos e componentes são produzidos, permitindo seu uso sem modificações, cortes ou retoques. O sistema construtivo em alvenaria estrutural se destaca nesse sentido uma vez que é concebido através da coordenação modular, possibilitando fazer uso deste conceito e com isso racionalizar os subsistemas de maior impacto da edificação, a vedação e estrutura da edificação. No entanto, embora esse sistema contribua com a coordenação modular, os demais componentes e elementos construtivos que conformam a edificação, em sua maioria, não possuem medidas modulares, sendo o elemento porta um exemplo. Tendo isso em mente esta pesquisa busca contribuir com a padronização dimensional de “portas de abrir com uma folha”, através do diagnóstico de dimensões modulares adequadas a projetos de alvenaria estrutural. Para tanto se diagnosticou os possíveis vãos modulares da alvenaria, apresentando na largura final 1 e 6 (nominal), e na altura 221 cm sem contrapiso e 217 cm com contrapiso e piso (nominal). No material madeira as larguras de folha de final 0 (zero) e 2 (dois), disponíveis atualmente no mercado, foram diagnosticadas adequadas a projetos de alvenaria estrutural quando combinadas respectivamente com batentes de 2 e 2,5 cm de espessura. Já a altura de 210 cm, disponível no mercado, se mostrou inadequada, apontando a necessidade de soluções para preencher o vão. Através do estudo diagnosticou-se como dimensões ideais de folhas de madeira, na largura final 3 (três) e 8 (oito), e 212,5 cm de altura (nominal). No caso das portas mistas, batente metálico envolvente e folha de porta de madeira, constatou-se como a melhor solução trabalhar com as dimensões de folha diagnosticadas ideais para portas de madeira, ao invés das dimensões disponíveis no mercado, possibilitando padronizar a dimensão do batente metálico assim como a folha da porta. As portas metálicas (aço e alumínio) se destacam por apresentarem dimensões disponíveis no mercado, largura e altura, adequadas a projetos de alvenaria estrutural. No entanto através do estudo diagnosticou-se duas soluções dimensionais mais adequadas, uma de menor impacto, padronizando somente as portas metálicas, sendo folhas de final 1 (um) na largura e 211 cm de altura, e outra de maior impacto buscando padronizar as dimensões de folha de porta metálica e de madeira, permitindo o intercâmbio destes materiais, portanto folhas de final 3 (três) e 8 (oito) com altura de 212,5 cm e batente padronizado em 1,5 cm (parte com rebaixo).

Palavras-chave: Coordenação modular. Portas modulares. Alvenaria estrutural. Portas. Alvenaria.

ABSTRACT

GRABARZ, R. C. **Assessing the use of modular door leafs in designing structural masonry.** 2012. 285 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

The construction industry often related to high handwork production processes, which results in waste of physical and financial resources. The current great demand for new buildings leads to the need of industrialized elements, components and technologies in order to push the evolution of the construction process. In view of these aspects, modular coordination stands out as an excellent strategic tool since it aims to organize the dimensions of buildings, in order to reduce the variety of sizes in which the elements and components are produced, allowing its ready installation without the need of any modification. The structural masonry stands out in this direction since its design is guided by modular coordination, allowing the application of this concept and thereby to rationalize the subsystems of larger impact of the building: the partitions and the building structure. However, although this system contributes to the modular coordination, other construction components and elements must also have modular measures, being the element door an example. With that in mind, this research seeks to contribute to the dimensional standardization of "opening doors with one leaf" through the diagnosis of modular dimensions suitable for structural masonry designs. Initially, it was diagnosed the possible modular dimensions for the door space. The analyses resulted in the possible horizontal space before de door installation of widths with final 1 (61, 71, 81, cm) and 6 (66, 76, 86, cm). The vertical modular space is equal to 221 cm before any other construction element is added and 217 cm considering a regularization capping and floor tile over the slab (nominal). The width of wood door leaf is currently commercialized with dimensions ending with 0 (60, 70, 80, cm) and 2 (62, 72, 82, cm). These dimensions were diagnosed suitable to modular masonry design when combined with door post thickness of 2 and 2,5 cm respectively. However the 210 cm height, available in the market, proved to be inadequate. With this dimension a construction solution is need to fill the gap between the door and masonry, which is not wanted and becoming very undesirable today. The study leded to the conclusion that a door leaf height of 212,5 cm would be ideal. Also, although it is possible wood-doors of 0 and 2 endings widths (current standard) changing the standards to width with endings dimensions of 3 (63, 73, 83, ... cm) and 8 (68, 78, 88, ... cm) would make possible to have the same width standard for door leafs of several materials (wood, metal). The metal doors of steel and aluminum are available in the market in several different. Although most of them are suitable for the modular dimensions the proposals are made here to standardize and reduce the number of different dimensions. The first one has lower impact, just recommends to eliminated some of the marketed dimensions standardizing to width endings with 1 (61, 71, 81, ... cm) and in height 211 cm. The other suggestion has higher impact, but allows the same dimensions for doors of different materials, thus having only one dimension standard for door leafs regardless of its material.

Keywords: Modular Coordination. Modular Doors. Structural Masonry. Door. Masonry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Investimento em construção, incluindo bens de capital incorporados a construção, máquinas e equipamentos, R\$ milhões	39
Figura 2 – Volume de financiamentos contratados, SFH (sistema financeiro de habitação), R\$ bilhões, referente carta de crédito SBPE (Caixa Econômica Federal)	39
Figura 3 – Porta não modular instalada na alvenaria estrutural.....	42
Figura 4 – Esquema da composição dos conceitos: Técnica, Método, Processo e Sistema Construtivo	48
Figura 5 – Sistema e subsistema	49
Figura 6 – Esquema simplificado dos conceitos que compõem a industrialização	50
Figura 7 – Exemplo de projeto de alvenaria estrutural coordenado modularmente, constando vãos de portas e janelas	53
Figura 8 – Quebra-cabeça e casa <i>lego</i> [®] , analogia à coordenação modular de edificações..	55
Figura 9 – Coordenação modular, coordenação dimensional, módulo básico (1M) e multimódulos (2M, 3M e 4M).....	58
Figura 10 – Espaço de coordenação, dimensão nominal e ajuste de coordenação do objeto	59
Figura 11 – Exemplo de espaço de coordenação modular, espaço de coordenação, dimensão nominal e ajuste de coordenação de um objeto, dimensões em centímetros ou módulos.....	59
Figura 12 – Módulo básico (M) e incrementos submodulares (milímetros).....	61
Figura 13 – Exemplo de espaço de coordenação do objeto e conjunto modular	61
Figura 14 – Quadrículas modulares de referência e reticulado modular espacial de Referência Fonte: Adaptado de Rosso (1976)	62
Figura 15 – Descrição das cinco ordens arquitetônicas de Vitruvio por Vignola, documento original de 1562, Itália.....	67
Figura 16 – Exemplo de planejamento de cidade Romana, plano da cidade de Timgad, Argélia	68
Figura 17 – Exemplo de obra em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, destaque para bloco estrutural, argamassa, armadura e graute	70

Figura 18 – Pirâmides de Guizé. Representação do Farol de Alexandria	72
Figura 19 – Catedral de Reims, França. Coliseu, Roma	72
Figura 20 – Edifício Monadnock, Estados Unidos	72
Figura 21 – Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa, São Paulo. Imagem à esquerda edifício de 1966, à direita quatro torres de 1972	73
Figura 22 – Edifício Muriti, São José dos Campos. Edifício Jardim Prudência, São Paulo ...	74
Figura 23 – Edifício e alvenaria estrutural com blocos de concreto. Edifício de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos.....	75
Figura 24 – Ilustração dos blocos estruturais mais empregados, à esquerda de concreto, e à direita cerâmico.....	77
Figura 25 – Definição de referência às dimensões do bloco, componente básico da alvenaria	77
Figura 26 – Dimensão Nominal (cm); Dimensão Coordenada (cm); Dimensão Modular (M = 10 cm); Espaço de Coordenação (cm); e Ajuste de coordenação (cm).....	78
Figura 27 – Vão da porta	88
Figura 28 – Vão da porta. Dimensões: altura, largura e espessura.....	89
Figura 29 – Detalhe executivo de execução de laje e parede em projetos de alvenaria estrutural (medidas em centímetros).....	90
Figura 30 – Detalhe executivo de execução de laje e parede em projetos de alvenaria estrutural (medidas em centímetros). Fazendo uso do bloco canaleta “U”	90
Figura 31 – Altura do vão da porta.....	91
Figura 32 – Amarração direta.....	92
Figura 33 – Amarração Indireta.....	93
Figura 34 – Modulação 1,5M x 3M. Amarrações de parede “I” e “L”	97
Figura 35 – Modulação 1,5M x 3M. Amarrações de parede “T” e “X”	98
Figura 36 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 15 x 15 cm (destacada em cinza)	98
Figura 37 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 15 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M ...	99

Figura 38 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M ...	99
Figura 39 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M .	100
Figura 40 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) bloco de ajuste de 15 x 10 cm (destacada em cinza). NÃO INDICADO	101
Figura 41 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizado na espaleta (boneca) dois blocos de ajuste de 15 x 5 cm (destacada em cinza)	101
Figura 42 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M .	102
Figura 43 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2-B. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 15 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M .	102
Figura 44 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M .	103
Figura 45 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) bloco de ajuste de 15 x 5 cm (destacada em cinza).....	103
Figura 46 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 3-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 15 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M .	104
Figura 47 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 3-B. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M .	104
Figura 48 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 3-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M .	104
Figura 49 – Modulação 1,5M x 4M. Amarrações de parede “I” e “L”	106
Figura 50 – Modulação 1,5M x 4M. Amarrações de parede “T” e “X”	106

Figura 51 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 15 x 20 cm (destacada em cinza)	107
Figura 52 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 15 x 10 cm (destacada em cinza)	107
Figura 53 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizado na espaleta (boneca) dois blocos de ajuste de 15 x 5 cm (destacada em cinza).....	108
Figura 54 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 15 x 5 cm (destacada em cinza).....	108
Figura 55 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 4. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peças de 15 x 15 cm, 15 x 30 cm e 15 x 45 cm (destacadas em cinza)	109
Figura 56 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M .	109
Figura 57 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizado os blocos de dimensão coordenada 15 x 35 cm e 15 x 55 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M.....	110
Figura 58 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M .	110
Figura 59 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M .	111
Figura 60 – Modulação 2M x 4M. Amarrações de parede “I” e “L”	112
Figura 61 – Modulação 2M x 4M. Amarrações de parede “T” e “X”	113
Figura 62 – Modulação 2M x 4M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 20 x 20 cm (destacada em cinza).....	113
Figura 63 – Modulação 2M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 20 x 15 cm (destacada em cinza)	114
Figura 64 – Modulação 2M x 4M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 20 x 10 cm (destacada em cinza).....	114

Figura 65 – Modulação 2M x 4M. CASO 4. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 20 x 5 cm (destacada em cinza).....	115
Figura 66 – Modulação 2M x 4M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 20 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M .	115
Figura 67 – Modulação 2M x 4M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizado os blocos de dimensão coordenada de 20 x 5 e 20 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M.....	116
Figura 68 – Modulação 2M x 4M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 20 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M .	116
Figura 69 – Modulação 2M x 4M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 20 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M .	116
Figura 70 – Modulação 1,25M x 4M. Amarrações de parede “I” e “L”.....	118
Figura 71 – Modulação 1,25M x 4M. Amarrações de parede “T” e “X”	118
Figura 72 – Modulação 1,25M x 4M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 12,5 x 12,5 cm (destacada em cinza)	119
Figura 73 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M	119
Figura 74 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizados os blocos de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm e 12,5 x 10 cm (ou 12,5 x 15 cm). Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M.....	119
Figura 75 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M	120
Figura 76 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com	

reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M	120
Figura 77 – Modulação 1,25M x 4M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 12,5 x 5 cm (destacada em cinza).....	120
Figura 78 – Modulação 1,25M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 12,5 x 10 cm (destacada em cinza)	121
Figura 79 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 2-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M	121
Figura 80 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 2-B. Possíveis vãos quando utilizados os bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm e 12,5 x 10 cm (ou 12,5 x 15 cm). Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M.....	122
Figura 81 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 2-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M	122
Figura 82 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 2-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M	122
Figura 83 – Modulação 1,25M x 2,5M. Amarrações de parede “I” e “L”	123
Figura 84 – Modulação 1,25M x 2,5M. Amarrações de parede “T” e “X”	124
Figura 85 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 12,5 x 12,5 cm (destacada em cinza)	124
Figura 86 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 12,5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M.....	125
Figura 87 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com	

reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M.....	125
Figura 88 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizados os blocos de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm e 12,5 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M.....	125
Figura 89 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M.....	126
Figura 90 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-E. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M.....	126
Figura 91 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 12,5 x 10 cm (destacada em cinza)	126
Figura 92 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 12,5 x 5 cm (destacada em cinza)	127
Figura 93 – Modulação 1M x 4M. Amarrações de parede “I” e “L”	128
Figura 94 – Modulação 1M x 4M. Amarrações de parede “T” e “X”	129
Figura 95 – Modulação 1M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 10 x 5 cm (destacada em cinza)	129
Figura 96 – Modulação 1M x 4M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 10 x 10 cm (destacada em cinza)	130
Figura 97 – Modulação 1M x 4M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 10 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M .	130
Figura 98 – Modulação 1M x 4M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizados os blocos de dimensão coordenada de 10 x 5 e 10 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M.....	131

Figura 99 – Modulação 1M x 4M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 10 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M .	131
Figura 100 – Modulação 1M x 4M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 10 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M.	131
Figura 101 – Variações máximas da espessura das juntas de argamassa	133
Figura 102– Verga de bloco canaleta; verga pré-moldada de concreto; e verga invertida pré-moldada de concreto	135
Figura 103 – Verga de porta pronta realizada com blocos canaleta. Detalhe para a argamassa seca grudada na face interna do vão	136
Figura 104 – Destacado em azul as treliças murfor® funcionando como verga e contraverga	137
Figura 105 – Contrapiso e piso: elementos de influência dimensional no vão da porta	137
Figura 106 – Lajes nível zero pré-moldadas	140
Figura 107 – Lajes nível zero pré-moldadas, encaixadas e fixadas no pavimento, apoiadas sobre as paredes estruturais.....	140
Figura 108 – Escadas pré-moldadas de concreto. Obras em alvenaria estrutural.....	140
Figura 109 – Desnível entre unidade habitacional e banheiro. Desnível entre banheiro e Box.	141
Figura 110 – Entrada da unidade habitacional. Desnível representado pela soleira.....	141
Figura 111 – Solução para impermeabilização do Box em acrílico.....	142
Figura 112 – Contrapiso com 3 cm de espessura	143
Figura 113 – Soleira em granito	146
Figura 114 – Contrapiso com 3 cm de espessura, conjunto de piso cerâmico com 1 cm de espessura e solução de soleira de porta feita com a mesma solução do piso.....	147
Figura 115 – Contrapiso com 3 cm de espessura, conjunto de piso cerâmico com 1 cm de espessura e solução de soleira de porta em granito	148
Figura 116 – Porta de abrir com uma folha e seus componentes.....	150
Figura 117 – Exemplo de porta de abrir com uma folha	150
Figura 118 – Vão livre/luz e vão da porta. Segundo termos e definições da	151

Figura 119 – Influência dimensional da folha da porta no vão livre	155
Figura 120 – Detalhe executivo de porta de madeira e vão de porta.....	157
Figura 121 – Primeiro passo para instalação do kit porta.....	158
Figura 122 – Segundo passo para instalação do kit porta.....	159
Figura 123 – Terceiro passo para instalação do kit porta.....	159
Figura 124 – Batente modular.....	161
Figura 125 – Batente envolvente assimétrico Opção 1 (com grapa)	162
Figura 126 – Batente envolvente assimétrico Opção 2 (com grapa)	162
Figura 127 – Batente envolvente simétrico (com grapa)	163
Figura 128 – Batente meia alvenaria (com grapa)	163
Figura 129 – Batente corredor (com parafuso).....	163
Figura 130 – Batente metálico envolvente modular (medida em centímetros)	164
Figura 131 – Exemplos de portas de aço sem/com pintura e vidro; e porta de alumínio com pintura e vidro. Detalhe para travessa de embutir no piso.....	166
Figura 132 – Processo de instalação de portas de aço e de alumínio segundo fabricante .	167
Figura 133 – Portas de aço com e sem pintura e portas de alumínio.	173
Figura 134 – Porta metálica modular para projeto com contrapiso.....	174
Figura 135 – Porta metálica modular para projeto sem contrapiso (nível zero)	175
Figura 136 – Vãos na alvenaria; largura e altura; nominal e modular.....	178
Figura 137 – Solução de ajuste dimensional com verga invertida pré-moldada de concreto	179
Figura 138 – Porta de abrir com uma folha; Vão de porta final; largura e altura.....	180
Figura 139 – Solução de ajuste dimensional com alizar superior de 10 cm, obra sem contrapiso (nível zero)	187
Figura 140 – Porta de madeira ideal para projetos de alvenaria estrutural.....	187
Figura 141 – Porta de madeira ideal para projetos de alvenaria estrutural.....	188
Figura 142 – Batente metálico envolvente adaptado à folha de porta de madeira de 210 cm de altura em vão de porta de 217 cm de altura por 96 cm de largura	190

Figura 143 – Batente metálico envolvente adaptado a folhas de porta de madeira de 80 e 82 cm de largura em vão de porta de 86 cm (medidas em centímetros)	191
Figura 144 – Batente metálico envolvente adaptado a folhas de porta de madeira de 70 e 72 cm de largura em vão de porta de 81 cm (medidas em centímetros)	191
Figura 145 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente e folhas de porta de madeira de 82 cm de largura por 214 cm de altura; e 80 cm de largura por 213,5 cm de altura; em vão de 86 cm de largura por 217 cm de altura	192
Figura 146 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente e folhas de porta de madeira de 82 cm de largura por 210 cm de altura; e 80 cm de largura por 210 cm de altura; em vão de 86 cm de largura por 217 cm de altura	192
Figura 147 – Dimensões diagnosticadas adequadas de batente metálico envolvente e folha de porta de madeira	193
Figura 148 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente e folhas de porta de madeira de 78 e 83 cm de largura por 215 cm de altura; em vão de 81 e 86 cm de largura por 217 cm de altura	194
Figura 149 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente e folhas de porta de madeira de 78 e 83 cm de largura por 212,5 cm de altura; em vão de 81 e 86 cm de largura por 217 cm de altura	195
Figura 150 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente de 5 cm de espessura e folhas de porta de madeira de 78 e 83 cm de largura por 212,5 cm de altura; em vão de 81 e 86 cm de largura por 217 cm de altura	195
Figura 151 – Padrões dimensionais de portas e vãos. Sugestão da pesquisa	208

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Delineamento da pesquisa.....	45
Quadro 2 – Quadro resumo dos conceitos dos conceitos: Técnica, Método, Processo e Sistema Construtivo.....	48
Quadro 3 – Coordenação Modular, termos e definições	64
Quadro 4 – Relação das 25 normas brasileiras (ABNT) canceladas e substituídas pela ABNT NBR 15873:2010	65
Quadro 5 – Relação de Normas internacionais ISO usadas para a elaboração da ABNT NBR 15873:2010.....	66
Quadro 6 – Acontecimentos históricos marcantes	71
Quadro 7 – Classes dos Blocos estruturais de concreto	79
Quadro 8 – Requisitos para Resistência Característica à compressão dos blocos estruturais de concreto.....	79
Quadro 9 – Famílias de blocos de concreto	80
Quadro 10 – Família de blocos estruturais cerâmicos.....	81
Quadro 11 – Padrões dimensionais atualmente comercializados dos blocos estruturais de concreto. Constando suas dimensões nominal, coordenada e modular.....	84
Quadro 12 – Padrão dimensional atualmente comercializado dos blocos estruturais de concreto. Constando suas dimensões nominal, coordenada e modular.....	86
Quadro 13 – Possíveis modulações da alvenaria	87
Quadro 14 – Famílias de blocos de concreto (largura x comprimento).....	94
Quadro 15 – Famílias de blocos de cerâmicos (largura x comprimento)	95
Quadro 16 – Modulação 1,5M x 3M. Vãos nominais possíveis	105
Quadro 17 – Modulação 1,5M x 4M. Vãos nominais possíveis.	111
Quadro 18 – Modulação 2M x 4M. Vãos nominais possíveis	117
Quadro 19 – Modulação 1,25M x 4M. Vãos nominais possíveis.	123
Quadro 20 – Modulação 1,25M x 2,5M. Vãos nominais possíveis	127
Quadro 21 – Modulação 1M x 4M. Vãos nominais possíveis.	132
Quadro 22 – Padrão de acabamento de lajes.....	138

Quadro 23 – Placas cerâmicas para revestimentos	144
Quadro 24 – Placas cerâmicas para revestimentos	145
Quadro 25 – Porta de abrir com uma folha.	152
Quadro 26 – Padrões dimensionais comercializados de kit porta de madeira	156
Quadro 27 – Padrões dimensionais de vãos de portas de madeira segundo fabricantes... ..	157
Quadro 28 – Medidas padronizadas para folhas das portas internas (segundo sua massa)	160
Quadro 29 – Medidas padronizadas para folhas das portas de entrada e externas (segundo sua massa). Nota: Leve não é válido para portas externas.....	160
Quadro 30 – Dimensionamento e tolerâncias para os vãos de portas fixadas com espuma PU (mm). Nota: L = Largura da folha / H = Altura da folha	161
Quadro 31 – ABNT NBR 10821 Esquadrias externas para edificações Parte 1 a 5	165
Quadro 32 – Padrões dimensionais comercializados de portas de aço.....	169
Quadro 33 – Padrões dimensionais comercializados de portas de alumínio	169
Quadro 34 – Vãos de portas de aço na alvenaria	170
Quadro 35 – Estudo de vãos de portas de alumínio na alvenaria	171
Quadro 36 – Padrões dimensionais comercializados de folhas de portas de aço e batentes	171
Quadro 37 – Padrões dimensionais comercializados de folhas de portas de alumínio e batentes.....	172
Quadro 38 – Padrões dimensionais comercializados de portas de madeira.....	181
Quadro 39 – Análise dimensional da porta de madeira na largura (Final 2)	182
Quadro 40 – Largura de folha ideal para portas de madeira (Final 3)	183
Quadro 41 – Análise dimensional da porta de madeira na largura (Final 0)	184
Quadro 42 – Largura de folha ideal para portas de madeira (Final 8)	185
Quadro 43 – Análise dimensional da porta de madeira na altura (medidas em centímetros)	185
Quadro 44 – Altura de folha ideal para portas de madeira (medidas em centímetros)	186
Quadro 45 – Padrões dimensionais comercializados de portas de aço e alumínio	197

Quadro 46 – Larguras de portas de aço comercializadas combinadas ao respectivo vão adequado a projetos de alvenaria estrutural (modular) (medidas em centímetros)	197
Quadro 47 – Larguras de portas de alumínio comercializadas combinadas ao respectivo vão adequado a projetos de alvenaria estrutural (modular) (medidas em centímetros)	198
Quadro 48 – Análise dimensional na altura (medidas em centímetros).....	199
Quadro 49 – Altura de folha ideal de portas de aço e alumínio para projetos de alvenaria estrutural (medidas em centímetros).....	199
Quadro 50 – Largura de folha ideal de portas de aço e alumínio para projetos de alvenaria estrutural (medidas em centímetros).....	200
Quadro 51 – Padrão dimensional de folha de porta metálica igual à folha de porta de madeira.....	201

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AFEAÇO – Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Aço

AFEAL – Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, Louças Sanitárias e Congêneres

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

BNH – Banco Nacional da Habitação

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Design*, ou Desenho Assistido por Computador

CBC – Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum

CB – Comitê Brasileiro

CE – Comissão de Estudo

CEF – Caixa Econômica Federal

Cetac – Centro Tecnológico do Ambiente Construído

DECONCIC – Departamento da Indústria da Construção

FEC – Fundação Euclides da Cunha

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

HABITARE – Programa de Tecnologia de Habitação

HIS – Habitação de Interesse Social

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de pesquisas tecnológicas

ISO – *International Organization for Standardization*

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MCidades – Ministério das Cidades

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

NBR – Norma Brasileira

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PIB – Produto interno Bruto

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

Pnad – Pesquisa Nacional por amostra de domicílios

PSQ – Programa Setorial da Qualidade

PU – Poliuretano expandido

SH – *Social Housing*

UFF – Universidade Federal Fluminense

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	9
RESUMO	13
ABSTRACT	15
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE QUADROS	27
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	31
SUMÁRIO	33
1 INTRODUÇÃO.....	37
1.1 JUSTIFICATIVA.....	37
1.2 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	44
1.2.1 Objetivo principal.....	44
1.2.2 Objetivos específicos	44
1.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA	45
1.3.1 Estudo Preliminar	46
1.3.2 Estudo Principal.....	46
1.3.3 Conclusão do Estudo	46
2 DEFINIÇÕES GERAIS	47
2.1 TÉCNICA, MÉTODO, PROCESSO E SISTEMA E CONSTRUTIVO.....	47
2.2 SISTEMA E SUBSISTEMA.....	49
2.3 RACIONALIZAÇÃO.....	50
2.4 INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	50
3 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA INTEGRADA: ALVENARIA ESTRUTURAL E COORDENAÇÃO MODULAR	51
4 COORDENAÇÃO MODULAR.....	55
4.1 DEFINIÇÕES	57
4.2 COORDENAÇÃO MODULAR APLICADA.....	58

4.3	COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL – ABNT NBR 15873:2010	64
4.4	BREVE HISTÓRICO – MÓDULO.....	66
5	ALVENARIA ESTRUTURAL	69
5.1	BREVE HISTÓRICO – MUNDO	70
5.2	BREVE HISTÓRICO – BRASIL	73
5.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS	74
5.4	COORDENAÇÃO MODULAR APLICADA A ALVENARIA ESTRUTURAL 77	
5.5	SITUAÇÃO ATUAL.....	82
5.5.1	Possíveis Modulações da Alvenaria	87
5.6	VÃOS DE PORTAS NA ALVENARIA.....	88
5.6.1	Amarrações de parede.....	92
5.6.2	Alvenaria estrutural – amarrações e vãos modulares – Largura	94
6	ELEMENTOS DE INFLUÊNCIA NO VÃO DA PORTA	133
6.1	JUNTAS DE ARGAMASSA NA ALVENARIA	133
6.2	VERGAS.....	134
6.3	CONTRAPISO	137
6.4	PISO	144
7	PORTAS.....	149
7.1	TERMOS E DEFINIÇÕES	149
7.2	PORTAS DE ABRIR COM UMA FOLHA.....	152
7.3	DIMENSÃO DE PORTAS – ABNT NBR 15575-1:2012 / 9050:2004.....	154
7.4	PORTAS DE MADEIRA	155
7.4.1	ABNT NBR 15930-2:2011	159
7.5	BATENTE METÁLICO ENVOLVENTE.....	161
7.6	PORTA METÁLICA.....	165
8	ANÁLISE DOS RESULTADOS	177
8.1	VÃO MODULAR.....	177
8.2	PORTA DE MADEIRA.....	181
8.3	BATENTE METÁLICO ENVOLVETE E FOLHA DE MADEIRA	189
8.4	PORTAS METÁLICAS	196

9	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	203
9.1	VÃOS MODULARES DE PORTAS NA ALVENARIA	203
9.2	PORTA DE MADEIRA (FOLHA E BATENTE DE MESMO MATERIAL) ..	204
9.3	PORTA MISTA (BATENTE METÁLICO ENVOLVENTE E FOLHA DE MADEIRA)	205
9.4	PORTA METÁLICA (AÇO E ALUMÍNIO)	206
9.5	CONCLUSÕES	207
9.6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	209
	REFERÊNCIAS	211
	APÊNDICE 1 – INVESTIGAÇÃO SOBRE O TEMA.....	217
	APÊNDICE 2 – ENTREVISTAS SOBRE ALVENARIA ESTRUTURAL E PORTAS	225
	APÊNDICE 3 – MANUAL TÉCNICO DE VÃOS NA ALVENARIA	235

1 INTRODUÇÃO

A construção civil nacional vem passando por momentos de grande desenvolvimento nos últimos anos, devido a fatores de grande impacto como a Copa do Mundo de 2014, as Olimpíadas de 2016, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), e a expansão do crédito imobiliário, refletindo em alta demanda de produtos e conseqüentemente no aquecimento do setor. Investidores estrangeiros voltam os olhos para este mercado promissor, contribuindo para que a concorrência se torne ainda mais acirrada. Empresas do ramo, construtoras, incorporadoras, entre outras, passam a adotar estratégias baseadas fundamentalmente em atender as necessidades do cliente, apresentando um produto de qualidade a um custo acessível, para isso seu retorno (lucro) passa a ser vinculado ao aumento da produtividade e na redução de desperdícios de recursos físicos financeiros, através da adoção de novas tecnologias e novos sistemas construtivos, ou seja, através da adoção de técnicas e sistemas que busquem a industrialização e a racionalização da construção.

A construção civil nacional não aceita mais improvisações e desperdícios nas construções. Aquelas construções tradicionais, muitas vezes gerenciadas de maneira amadora, onde as definições das interfaces entre os vários sistemas e componentes construtivos eram forçadas no momento da execução, já não são oportunas. Ao contrário, a velocidade da construção e o elevado nível da organização do canteiro de obras apontam para soluções integradas. Em outras palavras, existe uma forte demanda pela INDUSTRIALIZAÇÃO da construção, remetendo-se tanto a industrialização dos componentes e elementos (materiais) construtivos quanto à industrialização do canteiro de obras (métodos). Desta forma a COORDENAÇÃO MODULAR se apresenta como excelente ferramenta estratégia uma vez que esta visa “organizar as dimensões das construções, de maneira a reduzir a variedade de tamanhos nos quais todos os componentes e equipamentos devam ser produzidos, e permitir seu uso no canteiro sem modificações, cortes ou retoques” (BRUNA, 1976), ainda mais quando pensada unida do sistema construtivo em ALVENARIA ESTRUTURAL contribuindo com a RACIONALIZAÇÃO que ambas propõem.

1.1 JUSTIFICATIVA

A construção civil é uma indústria ainda vinculada a processos produtivos artesanais, refletindo muitas vezes em desperdício de recursos físicos e financeiros. Refletindo a necessidade de uma reforma ideológica rumo à industrialização dos materiais e técnicas

construtivas como alavanca ao desenvolvimento tecnológico e evolução do processo construtivo. A comparação com outras indústrias a construção civil apresenta atraso evolutivo, comparação desleal e equivocada quando ponderadas as peculiaridades que fazem desta uma das indústrias de maior impacto no PIB de um país. O porte de seus produtos e a quantidade de agentes e processos envolvidos são as principais barreiras para sua evolução. Os principais aspectos que afetam o crescimento da construção civil são:

- Altos níveis de desperdício de recursos físicos e financeiros;
- Elevado grau de empirismo ligado ao processo;
- Baixa produtividade;
- Baixa qualidade dos projetos, dos processos e dos produtos; e
- Falta de conhecimento das necessidades do consumidor (cliente);

Nos últimos anos alguns acontecimentos alavancaram o crescimento do setor, mudando o ritmo que até então era seguido e apontando a necessidade de modernização. Como, por exemplo, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), com foco no investimento em habitação, sobretudo para famílias com renda de até três salários mínimos, impactando em aumento significativo do crédito imobiliário no país, não somente para famílias de baixa renda, que além do crédito conta com subsídio do governo, mas também afetando outras parcelas da população. O Programa de Aceleração do Crescimento, voltado para obras de infraestrutura. A Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016, contando com grandes investimentos em centros esportivos, estádios e toda a infraestrutura que cerca eventos desse porte, como hotéis, aeroportos, entre outros, obras desafiadoras quando analisado seu porte e o prazo de execução. Portanto demanda por produtividade e tecnologia. Frente a estes fatores o Brasil apresenta grandes chances de vencer a inércia evolutiva até então enfrentada, através da/o

- Industrialização da Construção (materiais e processos);
- Racionalização da Construção (materiais e processos);
- Aumento da Produtividade;
- Melhora da qualidade (produtos e processos); e
- Atendimento as necessidades do cliente.

A cadeia da construção civil, em 2009, representou 20,5% do PIB brasileiro, composta pelos setores da construção (obras), da indústria de materiais, do comércio de materiais, serviços e outros fornecedores (DECONCIC; FIESP, 2010). O setor cresceu nos últimos anos, como mostra a Figura 1, comparando o investimento em construção entre os anos de 2005 a 2009.

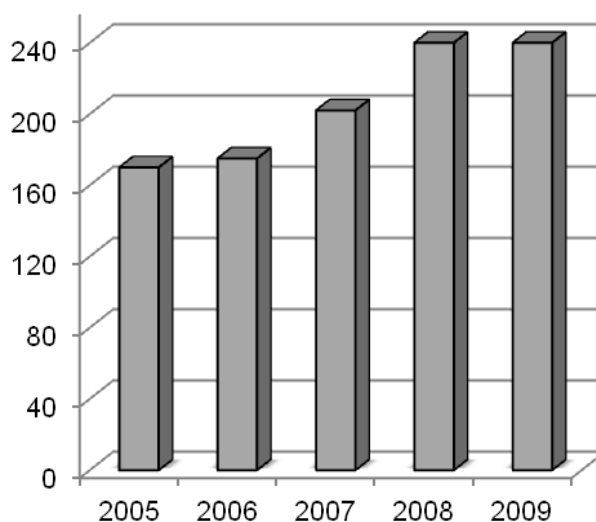


Figura 1 – Investimento em construção, incluindo bens de capital incorporados a construção, máquinas e equipamentos, R\$ milhões

Fonte: Abramat – FGV (2010) apud DECONCIC, FIESP (2010)

O crédito imobiliário subiu em todos os setores, com isso a procura por imóveis cresceu significativamente, como mostra a Figura 2, com o volume de financiamentos contratados de 2002 a 2009.

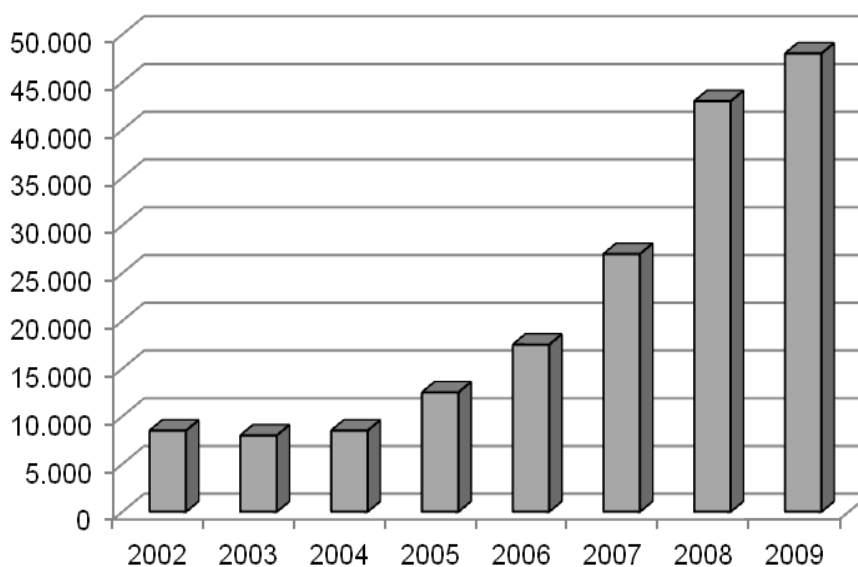


Figura 2 – Volume de financiamentos contratados, SFH (sistema financeiro de habitação), R\$ bilhões, referente carta de crédito SBPE (Caixa Econômica Federal)

Fonte: CEF, Banco Central apud DECONCIC, FIESP (2010)

Com isso, empresas do ramo, incorporadoras, construtoras, escritórios de projetos, entre outros, estão surgindo, outras aproveitam o momento para crescer e outras ainda, não suportam a árdua concorrência e fecham suas portas. Em outras palavras, o mercado se aqueceu e tornou-se extremamente competitivo, forçando tais empresas a adotarem estratégias de sobrevivência, tais como:

- Ofertar um produto de qualidade, vinculando-se a programas de certificação da qualidade, como o PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), entre outros;
- Respeitar o prazo previsto, com base na produtividade necessária para circular o capital da empresa;
- Ofertar um produto de custo acessível, vinculando-se a programas de crédito imobiliário (agências financiadoras), como a Caixa Econômica Federal e o Banco do Brasil; e
- Em alguns casos ofertar um produto sustentável, através de sistemas de certificação de edifícios sustentáveis como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), o AQUA (Alta Qualidade Ambiental), entre outros.

Tendo em vista estes aspectos a coordenação modular para edificações se destaca como excelente ferramenta estratégica uma vez que promove a racionalização e industrialização da construção. Tendo em vista que,

[...] O objetivo deste sistema é o de organizar as dimensões das construções, de maneira a reduzir a variedade de tamanhos nos quais todos os componentes e equipamentos devam ser produzidos, e permitir seu uso no canteiro sem modificações, cortes ou retoques, tomando como referência a dimensão de base denominada módulo. (BRUNA, 1976)

Segundo a ABNT NBR 15873:2010, a coordenação modular para edificações, busca “a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes construtivos (definidos pelos respectivos fabricantes)” através de ações no sentido de:

- a) ampliar a cooperação entre os agentes da cadeia produtiva da construção civil;
- b) racionalizar a variedade de medidas de coordenação empregadas na fabricação de componentes construtivos;
- c) simplificar o processo de marcação no canteiro de obras para posicionamento e instalação de componentes construtivos;
- d) aumentar a intercambiabilidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil projetada da edificação.

Portanto a coordenação modular promove:

- a sustentabilidade¹, através do menor consumo e desperdício de materiais, pois dispensa a aquisição de produtos para perdas (cortes e quebras), sendo assim menor extração de matérias primas, também com isso menor deposição de entulho no meio ambiente;
- a construtibilidade², através de um melhor planejamento da obra, de projetos mais detalhados, e da maior facilidade e redução de tempo de execução; e
- a manutenibilidade³, através da facilidade de se adquirir produtos para reposição, similares dimensionalmente aos originais, promovida pela industrialização aberta ou de ciclo aberto.

O sistema construtivo em alvenaria estrutural se destaca nesse sentido uma vez que é concebido através da coordenação modular, possibilitando fazer uso desta ferramenta e com isso racionalizar as parcelas de maior impacto da edificação, a vedação e estrutura da edificação. Muito aplicada atualmente no Brasil, desde edifícios de alto padrão até habitações de interesse social, pois se destaca em relação à redução do custo total da obra e facilidade de execução.

No entanto, embora este sistema contribua para a racionalização e industrialização da construção, os demais componentes e elementos construtivos que conformam a edificação, em sua maioria, não possuem medidas modulares, sendo o elemento porta um exemplo.

Projetada para impedir ou permitir a passagem de pessoas, animais e objetos o elemento construtivo porta é indispensável na maior parte das edificações. A falta de compatibilidade dimensional entre o elemento porta e a alvenaria representa um sério obstáculo à ser vencido rumo a racionalização e industrialização construtiva. Sendo a realidade atualmente vivenciada representada pela Figura 3, onde a falta de compatibilização dimensional entre a

¹ Sustentabilidade para construção civil trata do ato de edificar e construir buscando maximizar efeitos sociais e econômicos benéficos enquanto minimizam os impactos ambientais negativos (GIBBERD, 2004, *apud* SERRADOR, 2008).

² Construtibilidade (*Constructability*) “é a habilidade das condições de projeto para permitir a utilização ótima dos recursos da construção. Ou seja, é a integração do conhecimento com a experiência construtiva durante as fases de concepção, planejamento, projeto e execução da obra com objetivo de simplificar as operações construtivas” (SANTOS; AMARAL, 2001).

³ Manutenibilidade (*Maintainability*) “Facilidade de executar a manutenção na fase de uso” (ALMEIDA; TOLEDO, 1991).

porta e o vão da alvenaria resulta a necessidade por uma solução adjacente vinculada a desperdício de recursos físicos e financeiros.



Figura 3 – Porta não modular instalada na alvenaria estrutural
Fonte: DM2 METALÚRGICA (a) (2011)

Estudos com foco na modernização do setor através da padronização dimensional de componentes e elementos construtivos também se colocam indispensáveis quando pensada a necessidade de evolução tecnológica tida como reflexo de uma evolução global, ou seja, estar preparado para novas tecnologias que estão emergindo no mundo como o BIM, *Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção, já muito utilizada em diversos países.

Trata-se de uma ferramenta de projeto, assim como o CAD⁴, onde os componentes e elementos da edificação passam a ser concebidos como objetos, não mais compostos por linhas como no sistema CAD, tais objetos possuem seus parâmetros de material, fornecedor, dimensões, entre outros, incorporados.

Dentre os fatores que a coordenação modular favorece, a padronização dimensional se vê fundamental para criação de bibliotecas virtuais de elementos e componentes construtivos, uma vez que este aplicativo tem seus objetos parametrizados.

Tendo em vista os benefícios que a coordenação modular proporciona e principalmente as vantagens que ela associada à alvenaria estrutural pode trazer para a racionalização e industrialização de habitações, contribuir com o uso desta ferramenta se mostra necessário. Através de estudos que promovam a compatibilização dimensional entre os componentes e elementos construtivos com foco a torná-los modulares. Sendo a porta um componente de medidas não compatibilizadas com a alvenaria estrutural, ou seja, não modular, desenvolver

⁴ CAD, *Computer Aided Design*, ou Desenho Assistido por Computador, onde o computador é a ferramenta para desenho (projeto), exemplo aplicativo AutoCAD da Autodesk.

uma pesquisa com foco em investigar medidas modulares para este elemento se faz indispensável, justificando esta pesquisa.

Para auxiliar a compreensão da pesquisa, a seguir consta sua estrutura, descrita através dos capítulos e seus respectivos conteúdos.

Capítulo 1, **Introdução** – capítulo que abrange a justificativa da pesquisa inserida junto da contextualização dos temas. A metodologia de pesquisa adotada, o objetivo principal, os objetivos específicos assim como o delineamento da pesquisa.

Capítulo 2, **Definições gerais** – capítulo onde esclarece as definições de termos abordados na pesquisa, usualmente confundidos ou compreendidos de forma diferenciada.

Capítulo 3, **Contextualização histórica integrada: alvenaria estrutural e coordenação modular** – capítulo que descreve a origem da alvenaria estrutural e da coordenação modular de forma integrada, apontando os fatores históricos mais marcantes para o surgimento de ambos.

Capítulo 4, **Coordenação Modular** – capítulo que abrange desde o surgimento da coordenação modular através do módulo, quanto sua evolução até os dias atuais, seus conceitos, termos e definições, assim como explicações de como aplicar/utilizar esta ferramenta, explícitos de forma ilustrada e descritiva.

Capítulo 5, **Alvenaria estrutural** – capítulo que abrange o surgimento da alvenaria estrutural no mundo e no Brasil, as vantagens e desvantagens no uso deste sistema, assim como fornece as ferramentas e explicações necessárias para projetá-lo com base na coordenação modular. Passa pelos padrões dimensionais de unidades disponíveis atualmente no mercado e finaliza com o estudo dos possíveis vãos modulares resultantes de suas combinações.

Capítulo 6, **Elementos de influência no vão da porta** – capítulo onde se descreve os possíveis elementos de influência no vão da porta, como a variação dimensional de juntas de argamassa, vergas, lajes, contrapiso e soluções de piso. Constando em diversas passagens opiniões de especialistas entrevistados.

Capítulo 7, **Portas** – capítulo que abrange desde termos e definições até os materiais disponíveis (madeira, metal e mista), contando formas de instalação, comercialização, padrões dimensionais disponíveis de cada material e informações pertinentes de normalização vigente.

Capítulo 8, **Análise dos Resultados** – Neste capítulo são confrontadas as informações obtidas no estudo de vãos modulares e os padrões dimensionais de portas diagnosticados

disponíveis atualmente no mercado, dos materiais madeira, metal e mista (batente metálico envolvente e folha de porta de madeira); possibilitando verificar sua adequação a projetos de alvenaria estrutural, assim como sugerir padrões dimensionais adequados.

Capítulo 9, **Considerações Finais e Conclusões** – capítulo onde se dispõe de uma síntese dos resultados obtidos, assim como alguns comentários pertinentes até então não mencionados. Incluindo a verificação da conclusão dos objetivos propostos; e sugestões para trabalhos futuros.

1.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Para alcançar os objetivos propostos a pesquisa assume caráter exploratório, pois de acordo com Gil (1991), “estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”, também considerando que na maioria dos casos, estas pesquisas envolvem levantamento bibliográfico, entrevistas com especialistas da área e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Explorando questões que abrangem a coordenação modular aplicada a projetos de alvenaria estrutural, dando ênfase na interface alvenaria estrutural e portas.

1.2.1 Objetivo principal

Contribuir com a padronização dimensional de **portas**, modelo porta de abrir com uma folha, através do diagnóstico de dimensões modulares adequadas a projetos de alvenaria estrutural.

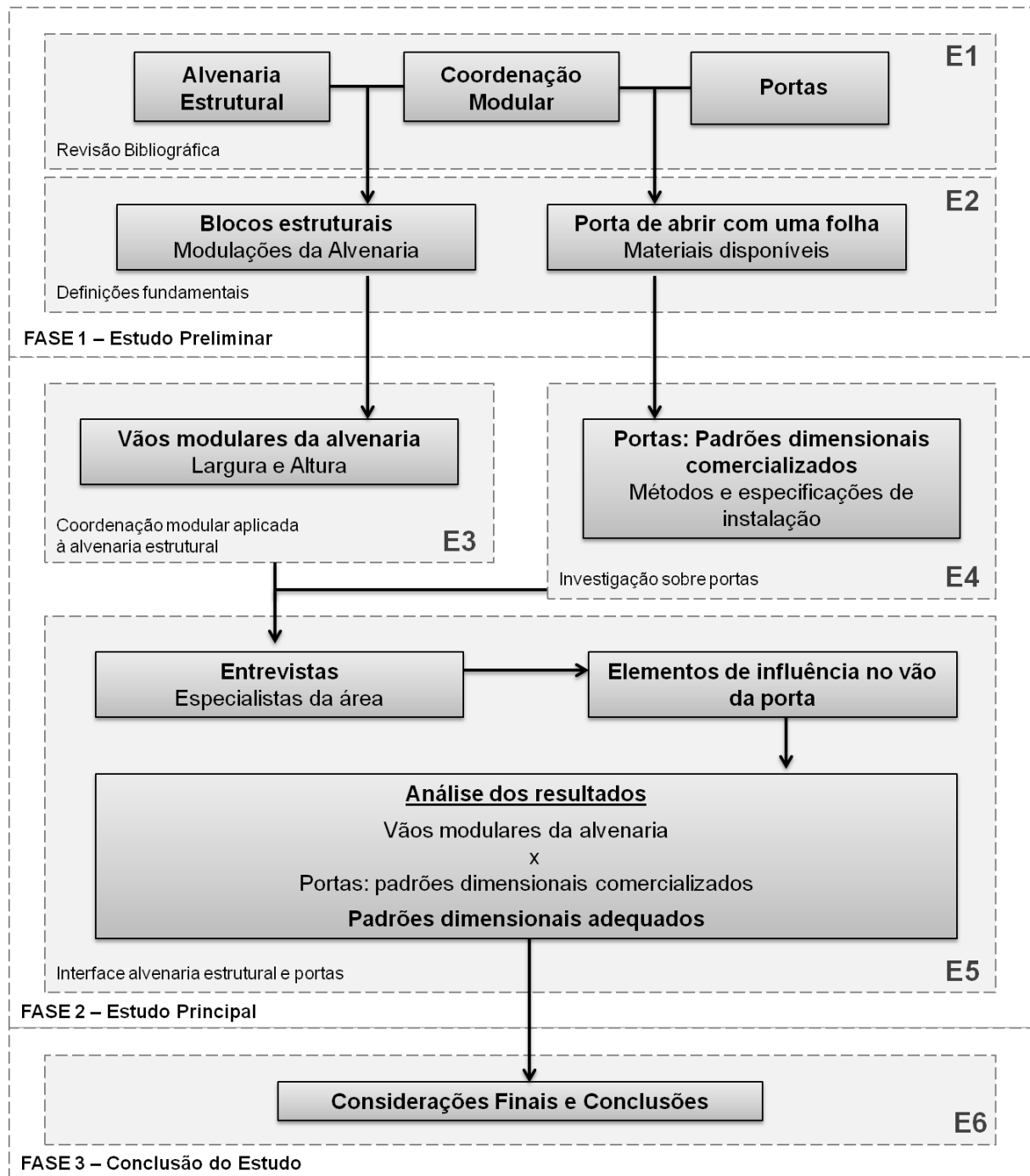
1.2.2 Objetivos específicos

Especificamente pretende-se:

- Identificar possíveis vãos modulares para portas em projeto de alvenaria estrutural;
- Investigar e diagnosticar os padrões dimensionais comercializados de portas (de abrir com uma folha) dos materiais madeira, metal ou mista;
- Verificar a adequação dimensional das portas comercializadas aos possíveis vãos da alvenaria; e
- Propor padrões dimensionais adequados, nos casos diagnosticados em desacordo, para portas de madeira, metal ou mista.

1.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa realizada em fases, sendo essas divididas em etapas de acordo com o Quadro 1.



Quadro 1 – Delineamento da pesquisa

1.3.1 Estudo Preliminar

A primeira fase abrange o estudo preliminar, composto por duas etapas. A primeira etapa (**E1**) compreende a revisão bibliográfica dos temas envolvidos na pesquisa (alvenaria estrutural, coordenação modular e portas). A segunda etapa (**E2**) compreende as definições fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

Definiu-se por pesquisar as modulações da alvenaria provenientes das famílias dos blocos de concreto e cerâmico, materiais de maior aplicação e disponibilidade no Brasil.

No que diz respeito à porta, dentre as tipologias e materiais disponíveis, se definiu pesquisar a tipologia de maior emprego, a porta de abrir com uma folha, nos materiais madeira, metal (aço ou alumínio) ou mista (madeira e metal), sendo estes os materiais de maior emprego no Brasil.

1.3.2 Estudo Principal

A segunda fase, estudo principal, é composta por três etapas. A terceira etapa (**E3**) consiste no diagnóstico dos possíveis vãos modulares da alvenaria, através de desenhos técnicos detalhados, tendo como base conceitos relativos à coordenação modular.

A quarta etapa (**E4**) consiste em investigar os padrões dimensionais comercializados da tipologia “porta de abrir com uma folha”, e levantar os métodos e especificações de instalação de cada porta, madeira, metal ou mista.

A quinta etapa (**E5**) trata do estudo da interface alvenaria estrutural e portas que consiste em explorar o cenário atual através de entrevistas com especialistas da área, diagnosticar possíveis elementos de influências no vão da porta, com o conhecimento adquirido, comparar os vãos modulares diagnosticados aos padrões dimensionais de portas comercializados, e assim verificar sua adequação dimensional, assim como pontuar sugestões dimensionais.

1.3.3 Conclusão do Estudo

A terceira fase é composta pela sexta e última etapa (**E6**), se refere as considerações finais e conclusões. Abrangendo a síntese dos resultados obtidos, os objetivos alcançados, e sugestões para trabalhos futuros.

2 DEFINIÇÕES GERAIS

Durante a abordagem dos temas estudados, coordenação modular, alvenaria estrutural e portas (definidos e pontuados nos capítulos a eles destinados) é comum a utilização de certas expressões, muito empregadas por todo o setor da construção civil, porém comumente confundidas, pontuadas de forma equivocada ou também compreendidas de uma maneira diferenciada. Visto a importância dos conceitos a elas associados e a influência que seu esclarecimento pode exercer ao leitor, se viu interessante defini-las.

2.1 TÉCNICA, MÉTODO, PROCESSO E SISTEMA E CONSTRUTIVO

- **Técnica Construtiva**

Trata-se do “conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção” (SABATINI, 1989), ou seja, conjunto de ações (atividades) necessárias para a construção de uma determinada parte da edificação. Como, por exemplo, as ações (atividades) que envolvem erguer uma parede de alvenaria estrutural, marcação da primeira fiada, aplicação de argamassa para união dos blocos, entre outros.

- **Método construtivo**

Trata-se do “conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregadas na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação” (SABATINI, 1989), ou seja, o método que rege as técnicas construtivas envolvidas e a ordem com que elas serão executadas, por exemplo, o método construtivo que a alvenaria estrutural propõe é construir a vedação e a estrutura ao mesmo tempo já deixando o espaço correto para as aberturas das portas, janelas e passagens das instalações; diferente do método em concreto armado que permite erguer primeiramente o esqueleto da edificação, depois erguer as vedações e depois realizar as instalações.

- **Processo construtivo**

Trata-se de um “organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizado na construção da estrutura e das vedações do edifício (invólucro)” (SABATINI, 1989), ou seja, o processo rege os métodos e as técnicas construtivas envolvidas, por exemplo, o processo construtivo em alvenaria estrutural.

- **Sistema construtivo**

“Processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo” (SABATINI, 1989), ou seja, trata-se de um processo construtivo que em função da adoção de certo nível de industrialização e organização eleva-se ao patamar de um sistema construtivo.

- **Síntese**

Sintetizando os conceitos supracitados tem-se o Quadro 2.

Sistema construtivo	Processo Construtivo + Industrialização + Organização
Processo Construtivo	Conjunto de Métodos Construtivos
Método Construtivo	Conjunto de Técnicas Construtivas
Técnica Construtiva	Operações Construtivas.

Quadro 2 – Quadro resumo dos conceitos dos conceitos: Técnica, Método, Processo e Sistema Construtivo

Permitindo compreender a Figura 4.

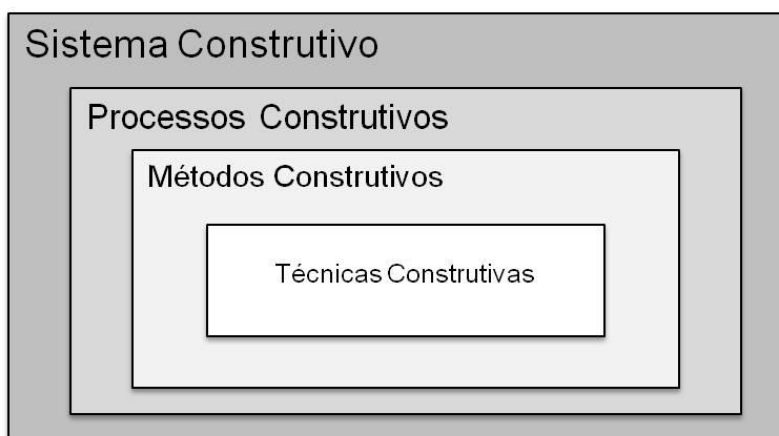


Figura 4 – Esquema da composição dos conceitos: Técnica, Método, Processo e Sistema Construtivo

- **Aplicado a alvenaria estrutural**

Segundo os conceitos supracitados a alvenaria estrutural pode ser entendida tanto como processo construtivo quanto por sistema construtivo, dependendo do caso em que é aplicada, por exemplo, na produção de uma edificação singular ou na produção seriada de edificações (condomínios residenciais verticais ou horizontais), em outras palavras, a diferença esta vinculada ao nível de industrialização e organização que se pretende com sua utilização.

Nesta pesquisa a alvenaria estrutural é abordada como sistema construtivo, remetendo-se ao seu potencial máximo de industrializar e racionalizar a construção, na condição de aceitação de que apesar de não ser pré-fabricada em sua totalidade (somente os blocos são industrializados e não a alvenaria toda) agrega alto nível de organização, planejamento e controle, permitindo industrializar etapas de execução, ou seja, industrializar a execução (canteiro de obras) através da produção seriada (ver definição de industrialização da construção). Onde o domínio do processo e a correta e sistemática aplicação dos métodos e técnicas construtivas envolvidas representa redução de desperdício físico e financeiro e com isso racionaliza a construção, proporcionando avanço frente ao método tradicional de construção.

- **Método tradicional de construção**

A expressão “método tradicional de construção” se remete a um método construtivo predominantemente artesanal, que admite altos níveis de desperdício de recursos físicos e financeiros, reflexo da falta de projetos e do elevado grau de empirismo.

2.2 SISTEMA E SUBSISTEMA

Sobre uma perceptiva genérica, pode-se fazer uso dos termos sistema e subsistema, quando se refere a um mecanismo formado por mecanismos menores. A edificação pode ser compreendida como um sistema, existente através do funcionamento de certos mecanismos menores, sendo os subsistemas de vedação, estrutura, instalações e entre outros. Em uma escala menor, quando se analisa um subsistema do sistema edificação, anteriormente citado, este pode passar a ser compreendido por um sistema se ainda dependente do funcionamento de mecanismos menores, como o sistema de instalações hidráulicas, composto por diversos tipos de conexões e tubos, e assim sucessivamente, assim como representado pela Figura 5. Facilmente compreendido quando se faz analogia ao corpo humano.

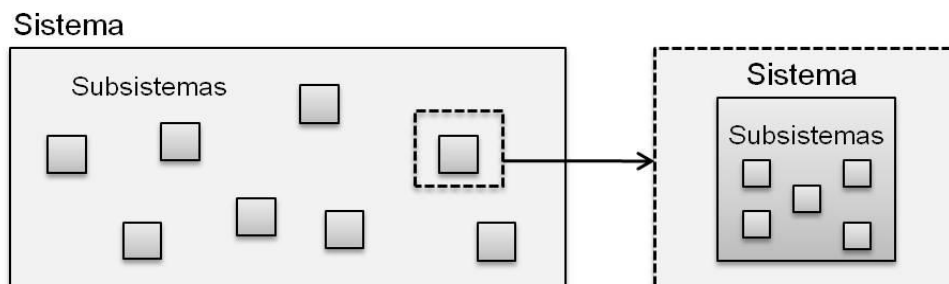


Figura 5 – Sistema e subsistema

2.3 RACIONALIZAÇÃO

Fundamentado em raciocínio sistemático, opõe ao empírico. A Racionalização para a construção civil trata da “aplicação de princípios de planejamento, organização e gestão, visando eliminar a casualidade nas decisões e incrementar a produtividade do processo”, ou seja, “um conjunto de ações reformadoras que se propõe substituir as práticas rotineiras convencionais por recursos e métodos baseados em raciocínio sistemático, visando eliminar a casualidade nas decisões” (ROSSO, 1980).

2.4 INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

Trata-se do “processo evolutivo que objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva” (SABBATINI, 1998). A industrialização das construções, para Fabrício (2008), surgiu no sentido de “ampliar a produtividade do trabalho, reduzir desperdícios de forma a transplantar a lógica da indústria seriada de massa para construção de edifícios”, ou seja, se baseia na introdução de certo nível organizacional de forma a criar etapas de execução coerentes, lógicas e seqüenciais (etapas que vão e não voltam), reduzindo desperdícios, com isso aumentando o controle sobre a produção e sobre a qualidade do produto, refletindo diretamente no desempenho do mesmo.

Permitindo entender a Figura 6 onde a industrialização é resultado da racionalização, esta responsável pela redução de desperdícios.

Industrialização = Racionalização

Figura 6 – Esquema simplificado dos conceitos que compõem a industrialização

3 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA INTEGRADA: ALVENARIA ESTRUTURAL E COORDENAÇÃO MODULAR

A Revolução Industrial, século XVIII, foi um marco em toda história da humanidade. Desde então a crescente evolução dos processos tem sido observada, aonde o trabalho artesanal vem cada vez mais sendo substituído pela máquina.

A primeira influência da Revolução Industrial sobre a construção civil se dá pelo desenvolvimento das ferrovias, que além de abrir a malha do transporte dando origem a uma nova rede urbana possibilitou a disseminação de materiais construtivos até então regionais.

Junto com o desenvolvimento natural proveniente da Revolução Industrial os períodos entre guerras, Primeira (1914 a 1918) e Segunda (1939 a 1945), e pós Segunda (1945 em diante), alavancaram a industrialização no setor da construção civil em função da necessidade de reconstrução das cidades. Os recursos de tempo e dinheiro disponíveis apontaram para uma nova arquitetura, menos ornamentada, e em termos construtivos de fácil execução e de menor desperdício de materiais.

De acordo com Rosso (1976),

a partir de então os arquitetos e engenheiros de várias escolas e nacionalidades, sensíveis às modificações provocadas pela industrialização crescente e pela produção em massa, começaram a submeter o processo arquitetônico a um profundo trabalho de revisão para colocar os recursos da industrialização a serviço de uma nova revolução, a social, cujos anseios deveriam ser satisfeitos.

O movimento moderno traduziu na arquitetura os anseios dessa nova sociedade industrial. Para Fabrício (2008) “a industrialização das construções pode ser considerada um dos pressupostos da arquitetura moderna”, possibilitando compreender Bruna (1976) quando afirma que “a história da arquitetura moderna confundi-se com a história da industrialização e, mais precisamente, com a história do progresso tecnológico”.

Sob uma perspectiva genérica, pode-se caracterizar o processo industrial como sendo “um modo produtivo baseado essencialmente em processos organizativos de natureza repetitiva” (GREBLER, 1950 apud BRUNA, 1976), que para a construção civil emergiu no sentido de

“ampliar a produtividade do trabalho, reduzir desperdícios de forma a transplantar a lógica da indústria seriada de massa para construção de edifícios” (FABRÍCIO, 2008).

A industrialização na construção civil refletiu na busca por processos e tecnologias racionalizadas, remetendo-se a elementos e componentes construtivos previamente fabricados. Preceito que associado ao desenvolvimento do transporte e comunicação alavancou a busca por novos materiais e técnicas construtivas, dessa forma, iniciou-se a utilização em larga escala de materiais como o aço e o concreto armado. A alvenaria, até então o material mais utilizado, foi sendo substituída ou associada a esses materiais.

Ainda que por explorar e estudar os materiais e técnicas construtivas já conhecidas, em 1950, na Europa, houve um movimento de retomada do uso da alvenaria, agora explorando todas suas possibilidades, fazendo desta a técnica construtiva de maior evolução no final do século XX.

A alvenaria estrutural se destacou promissora uma vez que contempla duas importantes entidades da edificação, estrutura e vedação, em uma única, substituindo pilares e vigas utilizados nos sistemas de concreto armado, aço ou madeira. Desta forma correspondendo às expectativas tão almeçadas por racionalizar materiais e etapas construtivas, caracterizando-se como excelente promotora da industrialização no setor da construção civil.

Assim como a alvenaria estrutural, novas tecnologias e ferramentas foram sendo estudadas para promoção da industrialização visto os avanços que esta remete ao setor. Apontando para uma questão que há muito tempo vem sendo discutida, a coordenação modular como estratégia para a industrialização, na medida em que propõe padrões dimensionais para componentes e elementos construtivos.

Na década de 70 já se visualizava a “necessidade de se estabelecer um acordo dessa natureza, pelo qual fosse possível coordenar os elementos de uma construção produzidos industrialmente” (BRUNA, 1976), necessidade essa sentida há muitos anos e objeto de uma pesquisa sistemática e criteriosa que assumiu o nome de **coordenação modular**, onde de acordo com Bruna (1976),

[...] O objetivo deste sistema é o de organizar as dimensões das construções, de maneira a reduzir a variedade de tamanhos nos quais todos os componentes e equipamentos devam ser produzidos, e permitir seu uso no canteiro sem modificações, cortes ou retoques, tomando como referência a dimensão de base denominada módulo.

Apontando para a necessidade de se “[...] chegar a um acordo sobre as dimensões básicas dos principais componentes da construção, de tal maneira a permitir o desenvolvimento da industrialização de ciclo aberto”, sendo essa, “A industrialização de componentes destinados ao mercado, e não exclusivamente às necessidades de uma só empresa” (BRUNA, 1976).

Atualmente a alvenaria estrutural destaca-se por ser concebida com base na coordenação dimensional ou modular, visto que sua unidade principal, o bloco estrutural, possui dimensões modulares, conforme ilustra a Figura 7. Entretanto, apesar da coordenação modular, ou seja, da ideia da compatibilização dimensional de componentes e elementos construtivos, não ser um assunto novo, nem todos dos componentes e elementos construtivos que conformam uma edificação possuem medidas modulares, um grande entrave para adoção da coordenação modular a nível da edificação (empreendimento).

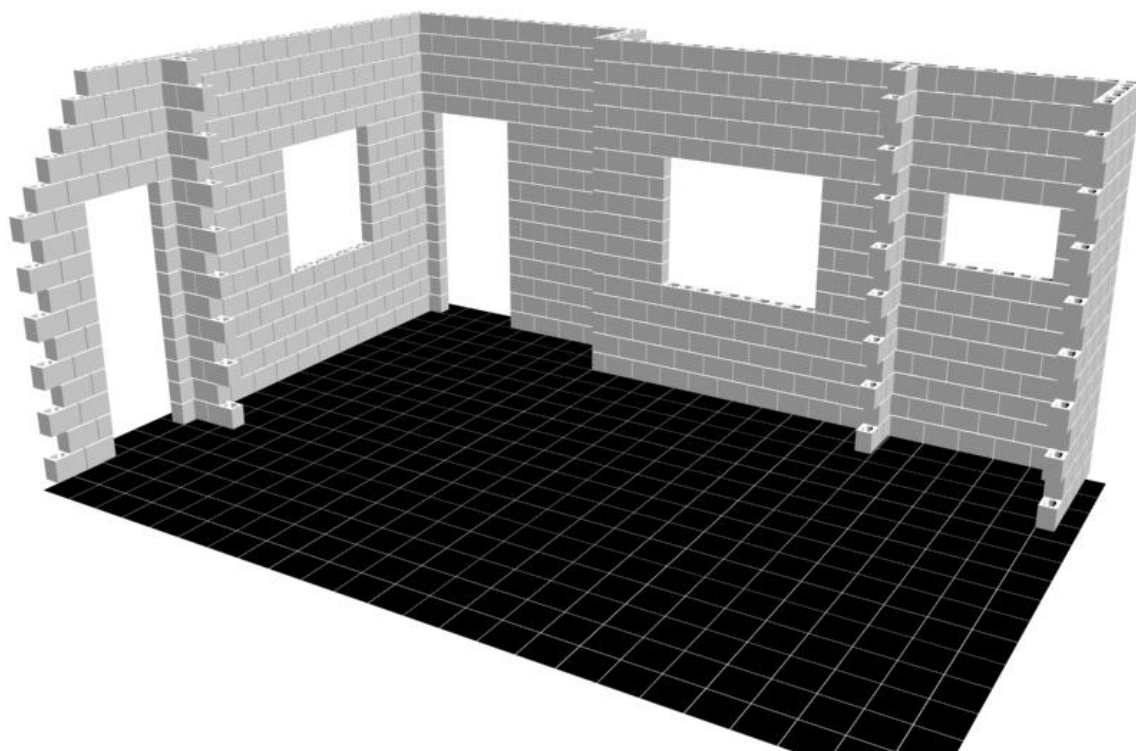


Figura 7 – Exemplo de projeto de alvenaria estrutural coordenado modularmente, constando vãos de portas e janelas

4 COORDENAÇÃO MODULAR

Coordenação modular é uma ferramenta para racionalização e industrialização da construção. Baseada na compatibilização dimensional dos elementos e componentes construtivos da edificação, permitindo perfeita montagem/união dos mesmos, onde as peças encaixam-se perfeitamente, sem modificações, cortes, retoques e/ou preenchimentos. Para facilitar a compreensão pode-se fazer uma analogia deste conceito a um quebra-cabeça ou um jogo de lego® (Figura 8).

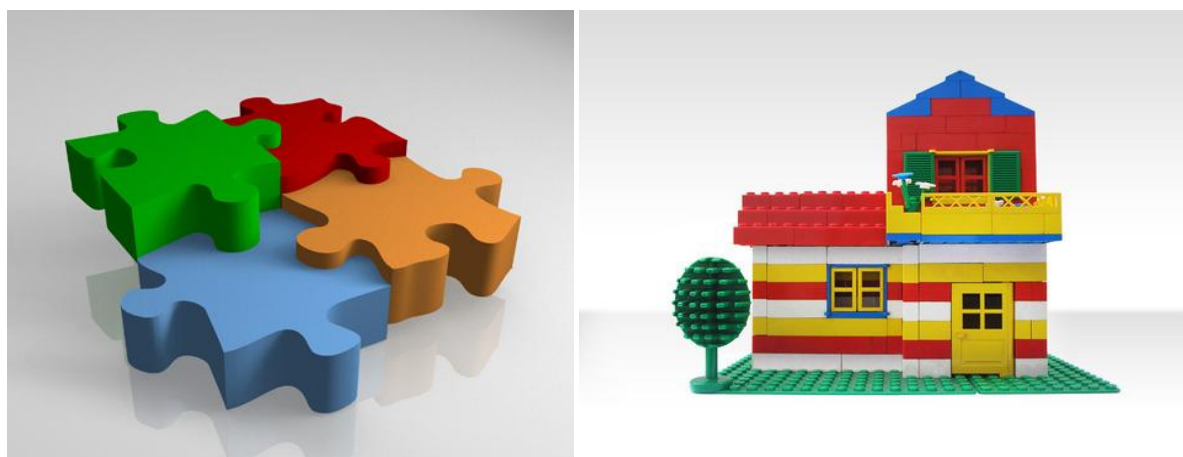


Figura 8 – Quebra-cabeça e casa lego®, analogia à coordenação modular de edificações
Fonte: Eyck (2010). Nobrega (2011)

Para isso é necessário o envolvimento da indústria de materiais de construção, com o papel de disponibilizar no mercado produtos com medidas modulares. Neste sentido, a coordenação modular atua com foco em reduzir a variedade de tamanhos dos componentes e elementos construtivos fabricados, através da criação de padrões dimensionais modulares, extinguindo a anarquia dimensional até então vivenciada pelo setor.

Alcançar o patamar em que todas as indústrias disponibilizem produtos com padrões dimensionais modulares significa grande avanço, principalmente no que diz respeito à industrialização aberta, com isso a indústria estará a serviço do consumidor dando-lhe liberdade em adquirir produtos iguais seja qual for o fabricante e o tipo de construção (inicial, reforma ou manutenção).

Quando adotada na promoção de uma edificação, a coordenação modular reflete um maior controle do que se pretende construir, através do elevado nível de comprometimento com a fase de concepção e projeto, conseqüentemente possibilita um melhor gerenciamento e planejamento do empreendimento, representando ganhos frente o domínio da execução.

Como se pode perceber um benefício leva a outro, portanto pontuá-los torna-se uma tarefa complexa. Sobre um aspecto geral, a coordenação modular promove:

- Organizar as dimensões das construções e dos componentes e elementos construtivos fabricados;
- Industrializar as construções; e
- Racionalizar as construções.

Pontuando sobre a escala da edificação, a coordenação modular promove:

- Envolvimento entre agentes e disciplinas;
- Comprometimento com a fase de concepção e projeto, projetos detalhados;
- Controle do empreendimento, através do domínio do que se pretende construir;
- Produtividade, vinculada à possibilidade de planejar e gerir a obra com maior precisão;
- Qualidade do produto final, pois exige que a execução seja realizada com precisão dimensional e com isso sobre supervisão, o que pode incluir procedimentos padrões de execução e mão de obra qualificada;
- Desempenho do produto final, pois uma obra bem executada onde os componentes e materiais construtivos são corretamente empregados faz uso da garantia do produto singular, que mesmo quando não garantido pela empresa tira proveito de sua máxima eficiência/desempenho;
- Redução de desperdícios de materiais, em primeiro lugar por suprimir a necessidade em adquirir produtos adjacentes com foco em perdas, como exemplo tem-se as placas cerâmicas (admiti-se a aquisição de 10% a 20% a mais na maioria dos casos) entre outros, em segundo lugar por suprimir perdas causadas por quebras, geralmente vinculadas à incompatibilidade dimensional entre os componentes e elementos construtivos da edificação; e
- Redução de desperdício de mão de obra pela falta de planejamento e controle das etapas de trabalho e frentes de serviço.

Retornando a uma escala maior, de forma resumida e em outras palavras, a coordenação modular promove à construção civil:

- Construtibilidade;
- Sustentabilidade; e
- Manutenibilidade.

São significativas as vantagens proporcionadas pela coordenação modular. Porém alguns arquitetos são reticentes a adoção desta ferramenta, afirmando a perda da liberdade criativa representada pela padronização dimensional dos componentes e elementos construtivos e pela alteração no método de execução de projeto com base em medidas modulares.

Seguir esta linha é o mesmo que duvidar da capacidade criativa sobre qualquer tempo ou espaço, seja qual for a metodologia de projeto. Atualmente padrões são impostos e seguidos, padrões que vem sendo observados e evoluídos ao longo da história da arquitetura, como a evolução da arquitetura clássica para a contemporânea, assim como suas funções estéticas e funcionais separam-se e se funde ao longo dos anos. Ao contrário do que se pensa é um universo de novidades que esta sendo aberto para ser explorado e expandido provocando a capacidade criativa dos profissionais que fazem a arquitetura.

Refutar a coordenação modular é algo advindo não só de arquitetos como de outros muitos profissionais desta área como fabricantes de materiais de construção, incorporadores, construtores, entre outros.

O fato é que é necessário evoluir, e assim como todo novo conceito ou novidade, o primeiro impacto da sociedade é a negação uma vez que é mais confortável manter-se como está, com processos e métodos definidos mesmo que obsoletos, em outras palavras dá trabalho mudar, evoluir ou se adaptar.

Desvantagens podem vir a ser pontuadas quanto à adoção desta ferramenta, porém o que cabe agora é explorá-la e estudá-la visto que sua abordagem diferentemente do passado atualmente assume grande seriedade por parte de toda a indústria da construção civil.

4.1 DEFINIÇÕES

Por definição, segundo a ABNT NBR 15873:2010 norma de coordenação modular para edificações, coordenação modular é a “coordenação dimensional mediante emprego do módulo básico ou de um multimódulo”. Definição pouco esclarecedora quando não se compreende o significado de coordenação dimensional, módulo básico ou multimódulo.

A palavra coordenar, segundo Ferreira (2004), se refere a “dispor segundo certa ordem e método; organizar e/ou dirigir, dando orientação; ligar-se coerentemente”. Adaptando esta definição à construção civil, pode-se dizer que, trata-se da preocupação em unir de forma organizada e coerente, através de um método, os elementos e componentes (subsistemas) construtivos de uma edificação (sistema).

Quando o método utilizado para união organizada dos elementos e componentes construtivos for dimensional, ou seja, através de medidas, tem-se a coordenação dimensional (Figura 9). Definida pela ABNT NBR 15873:2010 como sendo a “inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usadas para seu projeto, sua fabricação e sua montagem”, ou seja, trata-se da compatibilização dimensional dos elementos e componentes construtivos (subsistemas) que compõem uma edificação, tornando-a um sistema compatibilizado/coordenado, sendo as medidas de compatibilização de cada elemento ou componente construtivo utilizada em projeto, fabricação e montagem.

Uma vez que a unidade de medida adotada pela coordenação dimensional for representada pelo o módulo básico ($M = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$) esta passa a ser coordenação modular. Sendo o módulo básico, conforme definição da ABNT NBR 15873:2010, a “menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é $M = 100 \text{ mm}$ ”.

Portanto, conclui-se que a coordenação modular para a construção civil trata da união de forma organizada e coerente dos elementos e componentes construtivos de uma edificação tendo como base o módulo básico ou multimódulo.

A Figura 9 ilustra os princípios da coordenação dimensional e da coordenação modular.

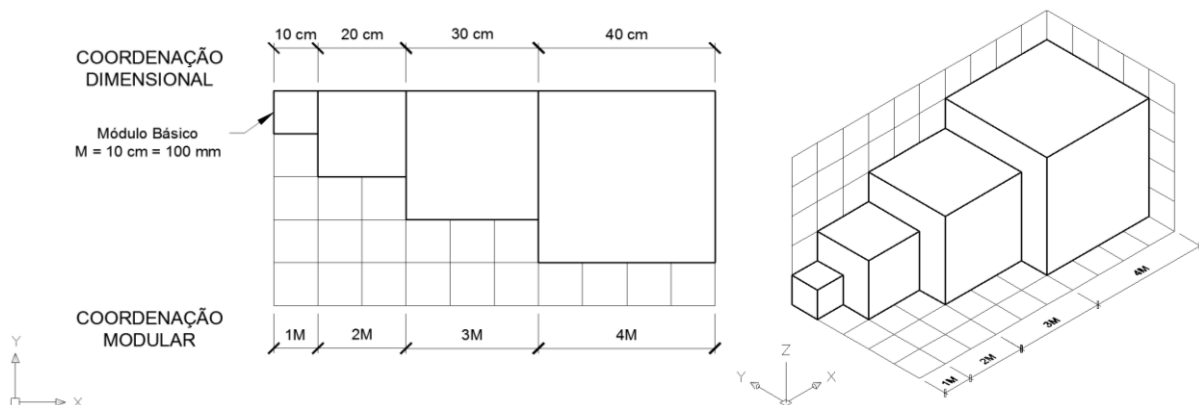


Figura 9 – Coordenação modular, coordenação dimensional, módulo básico (1M) e multimódulos (2M, 3M e 4M)

4.2 COORDENAÇÃO MODULAR APLICADA

Segundo os conceitos da coordenação modular, o espaço ocupado por um objeto (componente ou elemento construtivo), é compreendido como **espaço de coordenação** ou medida de coordenação, onde se admite não somente a própria dimensão do objeto, dimensão nominal (em projeto), mas também o espaço necessário (quando for o caso) para

deformações (térmicas, estruturais e por umidade), tolerâncias (de fabricação, marcação e instalação) e materiais de união, espaço compreendido como ajuste de coordenação do objeto, assim como ilustra a Figura 10 e exemplifica a Figura 11.

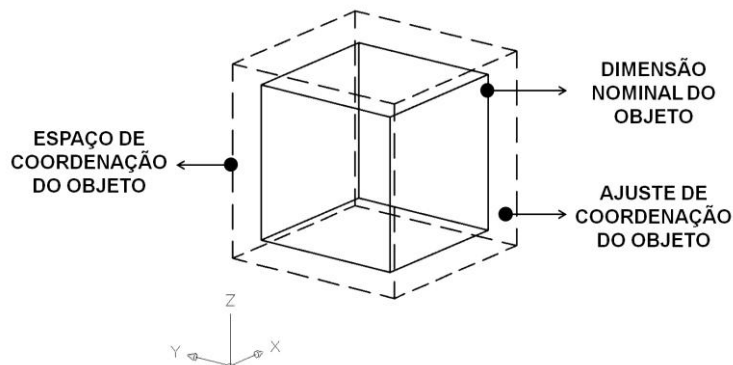


Figura 10 – Espaço de coordenação, dimensão nominal e ajuste de coordenação do objeto

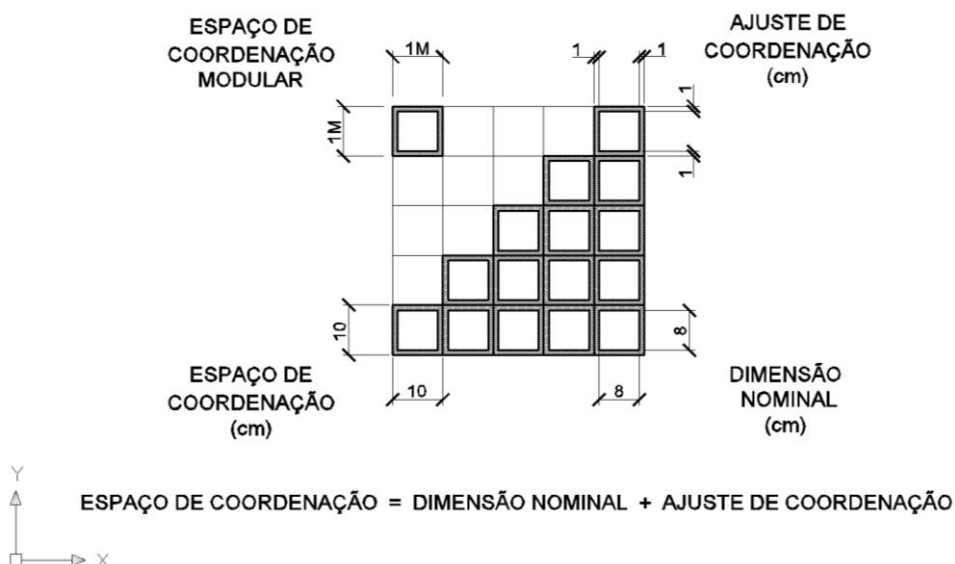


Figura 11 – Exemplo de espaço de coordenação modular, espaço de coordenação, dimensão nominal e ajuste de coordenação de um objeto, dimensões em centímetros ou módulos

Em outras palavras, assim como dispõe a ABNT NBR 15873:2010, tem-se a Equação 1.

Equação 1

$$M_c = M_n + A_c$$

M_c = Medida de coordenação

M_n = Medida nominal

A_c = Ajuste de coordenação

Sabendo que a medida de coordenação corresponde a medida modular do elemento ou componente construtivo, e que a medida modular é formada pelo módulo básico ou um multimódulo, tem-se a Equação 2.

Equação 2

$$M_c = M_m = n \cdot M$$

M_c = Medida de coordenação

M_m =Medida modular do elemento ou componente

n = Número de módulos

M = Módulo básico (100 mm)

Segundo a ABNT NBR 15873:2010 componente ou elemento construtivo modular é aquele que apresenta medida de coordenação modular. A mesma norma admite que um componente ou elemento construtivo modular possa apresentar dimensões não modulares, desde que tais medidas não interfiram na coordenação dimensional com outros componentes e elementos construtivos da edificação, ou, desde que através da combinação com outros resulte em dimensões modulares assim permitindo sua coordenação.

Desta forma compreende-se como componente ou elemento construtivo modular aquele que ocupe espaços modulares de forma a permitir a coordenação com outros elementos e componentes da edificação, podendo apresentar medidas não modulares desde que através da combinação com outras unidades resulte em um conjunto modular, ou desde que a medida não modular não influencie na coordenação da edificação. Portanto os componentes ou elementos construtivos são compreendidos como não modulares quando suas dimensões (não modulares) não permitirem a coordenação modular da edificação.

Com base na diversidade de componentes e elementos construtivos que formam uma edificação a ABNT NBR 15873:2010 admite o emprego de frações do módulo básico, normalizadas em $M/2 = 50$ mm, $M/4 = 25$ mm e $M/5 = 20$ mm, compreendidas como incrementos submodulares, de forma a balizar a composição de espaços modulares formados por objetos com dimensões menores que o módulo básico, assim como demonstra a Figura 12 e exemplifica pela Figura 13.

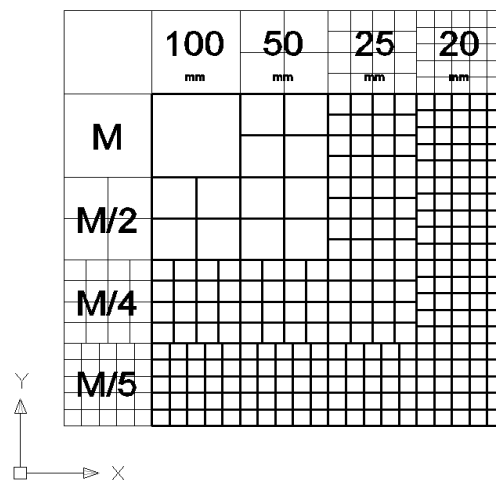


Figura 12 – Módulo básico (M) e incrementos submodulares (milímetros)

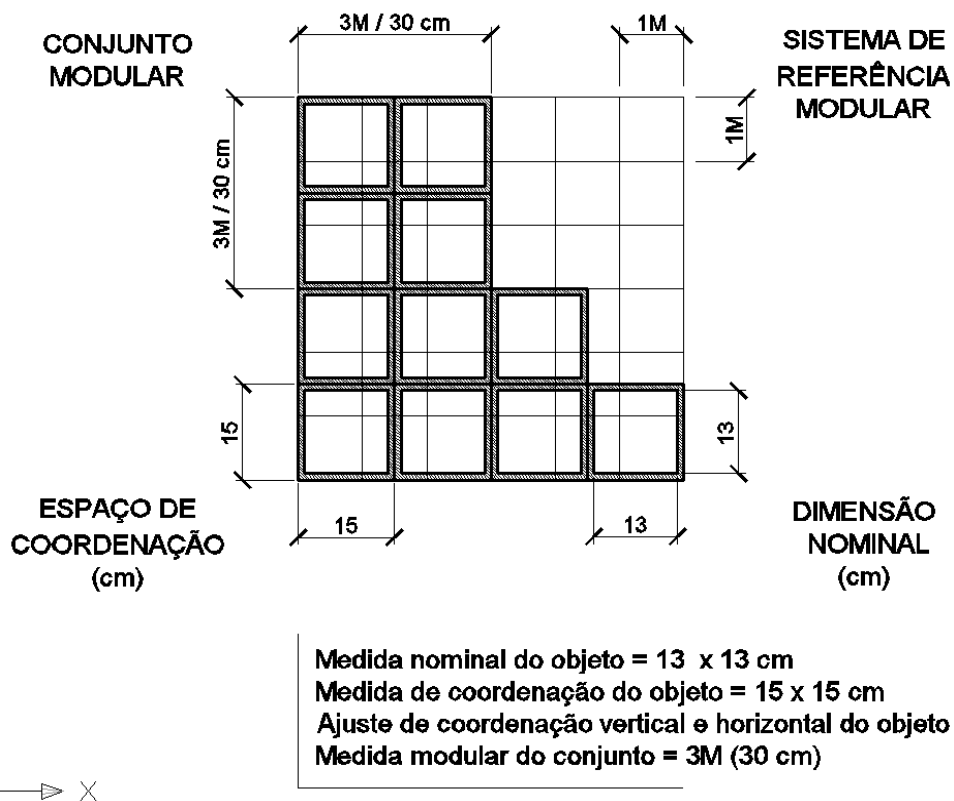


Figura 13 – Exemplo de espaço de coordenação do objeto e conjunto modular

Utiliza-se como base para projetos coordenados modularmente o que se compreende como sistema modular de referência, que serve de base para o posicionamento dos componentes e elementos construtivos, facilitando assim sua montagem e compatibilização dentro dos padrões da coordenação modular. Este sistema é formado por n planos ortogonais de modo que a distância entre planos paralelos seja igual ao módulo básico ou multimódulo, desta forma podendo ser disposto em quadrícula plana ou espacial (ABNT NBR 15873:2010), assim como mostra a Figura 14.

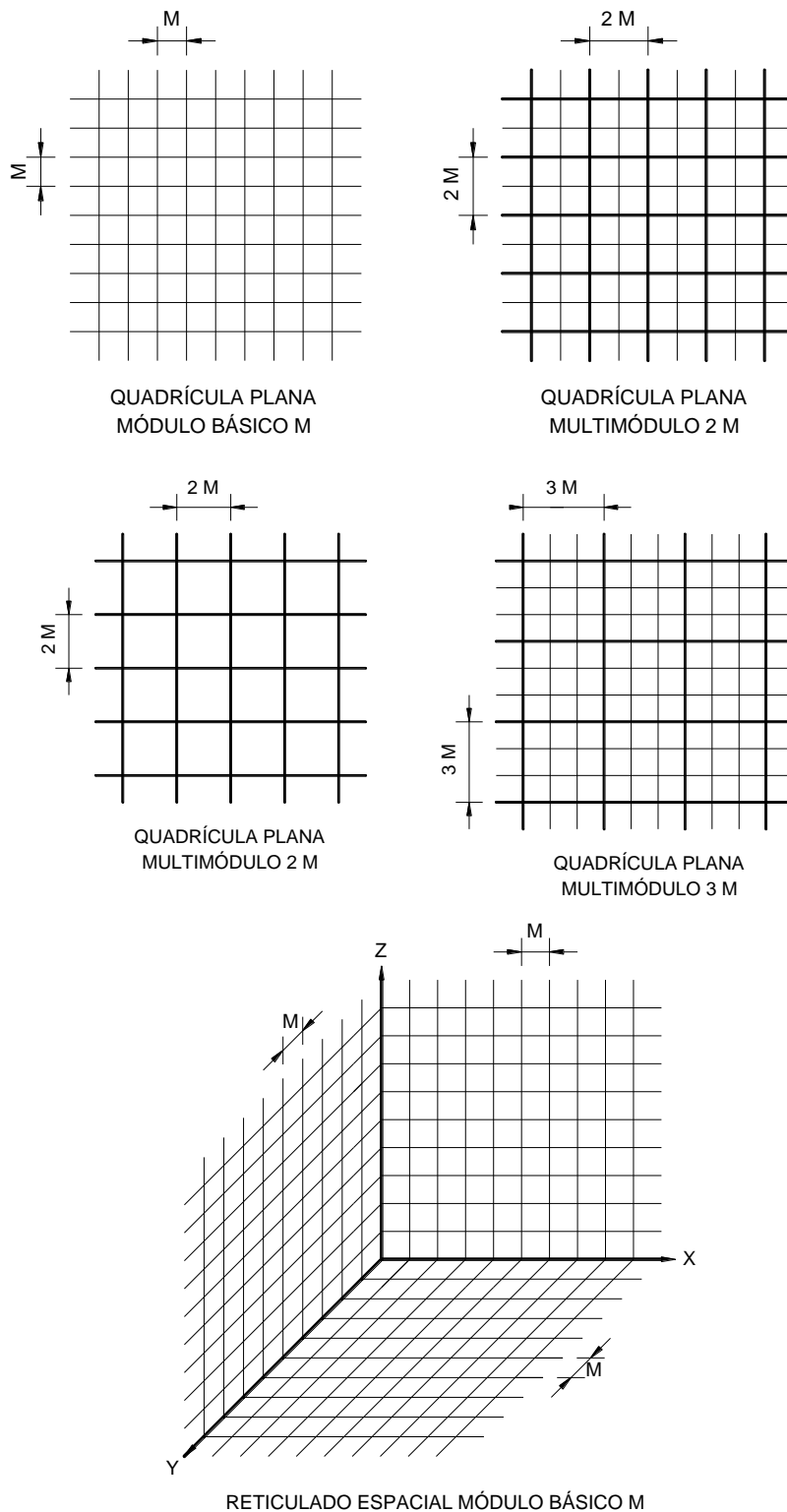


Figura 14 – Quadrículas modulares de referência e reticulado modular espacial de Referência
Fonte: Adaptado de Rosso (1976)

Ainda que por orientar a compreensão dos conceitos que dizem respeito à coordenação modular tem-se o Quadro 3, com as definições da ABNT NBR 15873:2010 relevantes à pesquisa.

COORDENAÇÃO MODULAR	
TERMOS	DEFINIÇÕES
Coordenação Modular	Coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de um multimódulo
Coordenação dimensional	Inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem
Módulo Básico	Menor unidade de medida linear da coordenação modular, representada pela letra M, cujo valor normalizado é de $M = 100$ 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, quando for o caso
Ajuste de Coordenação	Diferença entre uma medida nominal e a medida de coordenação correspondente. O ajuste de coordenação garante o espaço para deformações, tolerâncias e materiais de união, quando for o caso
Espaço Amodular	Espaço de medidas não modulares, adjacentes a um ou mais sistemas de referência modulares
Medida Nominal	Medida esperada de um objeto, definida antes da execução/fabricação
Medida Real	Medida verificada diretamente no objeto singular, após sua execução/fabricação
Medida Modular	Medida de coordenação cujo valor é igual ao módulo básico ou a um multimódulo
Medida de coordenação	Medida do espaço de coordenação de um elemento ou componente
Incremento submodular	Fração do módulo básico usada quando há necessidade de um incremento menor do que o módulo básico para facilitar a coordenação modular. Com os seguintes valores normalizados: $M/2 = 50$ mm; $M/4 = 25$ mm; $M/5 = 20$ mm
Tolerância	diferença admissível entre uma medida real e a medida nominal correspondente
Sistema de referência modular	Sistema geométrico tridimensional de n planos ortogonais, no qual a distância entre quaisquer planos paralelos é igual ao módulo básico ou a um multimódulo
Componente (construtivo)	Unidade distinta de determinado elemento do edifício, com forma definida, com medidas especificadas nas três dimensões e destinada a cumprir funções específicas. Exemplos: Bloco de alvenaria, telha, painel e outros
Elemento (construtivo)	Parte da edificação com funções específicas, construída por um componente ou conjunto de componentes e/ou materiais de construção. Exemplo: parede, janela, escada, e outros
Componente/Elemento Modular	Cujas medidas de coordenação são modulares

Conjunto Modular	Agrupamento de componentes construtivos que, em conjunto, resultam em medidas de coordenação modulares
Material de construção	Insumo para a construção não formado como uma unidade distinta. Exemplo: areia, brita, cal, cimento e outros

Quadro 3 – Coordenação Modular, termos e definições
Fonte: ABNT NBR 15873:2010

Sobre esse contexto é importante destacar que diversas normas vigentes estão em processo de revisão e adequação na busca pela padronização dos conceitos concomitantemente abordados como dimensão nominal, medida real, medida modular, tolerâncias, entre outros, sendo que cabe a ABNT NBR 15873:2010 dispor corretamente de tais definições.

4.3 COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL – ABNT NBR 15873:2010

A coordenação modular passou a ser difundida mundialmente por volta dos anos 40, a partir de estudos desenvolvidos na Europa e nos EUA. Por volta das décadas de 40 e 60, 23 países publicaram normas de coordenação modular (FIESP, 2010⁵).

O Brasil foi um dos primeiros países a ter uma norma de coordenação modular, segundo Baldauf (2004), a NR-25R, datada de 1950. Na década de 70 e início dos anos 80 estudos sobre a coordenação modular foram desenvolvidos no Brasil, promovidos por Universidades, pelo Banco Nacional da Habitação (BNH) e pelo Centro Brasileiro da Construção (CBC), destacando nomes como o de Teodoro Rosso e Paulo Bruna, também na década de 70 foram lançadas as primeiras normas da *International Organization for Standardization* (ISO) de coordenação modular. Porém mesmo sabendo dos benefícios que a coordenação modular propõe ela não é utilizada, abrindo espaço para o caos dimensional vivenciado pelo setor.

No início dos anos 2000 estudos sobre a coordenação modular foram retomados tendo vista a potencialidade desta ferramenta em modernizar a indústria da construção civil, principalmente como alternativa favorável para redução do déficit habitacional. Em 2004 pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Alexandra Baldauf e Hélio Adão Greven, desenvolveram uma pesquisa com foco em contribuir para a

⁵ Em 09 de fevereiro de 2010 na FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo), a pesquisadora participou de reunião para apresentação da coordenação modular para construção com foco no projeto de política industrial, como representante da cadeia produtiva da construção civil. Fonte da citação: material impresso distribuído no evento.

implementação da coordenação modular da construção no Brasil, pesquisa esta que em 2007 foi adaptada e lançada como livro pela coleção HABITARE/FINEP, parte integrante de uma rede de pesquisa formada em 2006 sobre a coordenação modular na construção, lançada a partir da CHAMADA PÚBLICA. MCT/FINEP/FNDCT/CAIXA - HABITARE - 01/2006.

Desde então se compreendeu por parte do setor a necessidade pela retomada da coordenação modular. Fato confirmado por um Acordo de Cooperação Técnica realizado em 2008, objetivando ações de implementação da coordenação modular com foco na modernização do setor, buscando principalmente reduzir o déficit habitacional através do desenvolvimento industrial e tecnológico do setor, envolvendo órgãos e agências de grande influência como Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), o Ministério das Cidades (MCidades), a Caixa Econômica Federal (CEF), a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a Federação da Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e a Fundação Euclides da Cunha (FEC) de Apoio Institucional à Universidade Federal Fluminense (UFF) (FEC; ABDI, 2010).

Como ação prioritária compreendeu-se a necessidade de rever as normas de coordenação modular até então vigentes. Em julho de 2009, foi reaberta a Comissão de Estudo de Coordenação Modular para Edificações (CE-02:138.15) do Comitê Brasileiro da Construção Civil (CB-02) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), contando com a participação de representantes da Rede FINEP, do MDIC, dentre outros representantes da cadeia produtiva da construção civil (FEC; ABDI, 2010). Tendo como objetivo atualizar, cancelar e substituir 25 normas brasileiras, desde a ABNT NBR 5706:1977 até a ABNT NBR 5731:1982 (conforme Quadro 4) por uma única.

NORMAS BRASILEIRAS CANCELADAS E SUBSTITUÍDAS PELA ABNT NBR 15873:2010			
NBR 5706:1977	NBR 5707:1982	NBR 5708:1982	NBR 5709:1982
NBR 5710:1982	NBR 5711:1982	NBR 5713:1982	NBR 5714:1982
NBR 5715:1982	NBR 5716:1982	NBR 5717:1982	NBR 5718:1982
NBR 5719:1982	NBR 5720:1982	NBR 5721:1982	NBR 5722:1982
NBR 5723:1982	NBR 5724:1982	NBR 5725:1982	NBR 5726:1982
NBR 5727:1982	NBR 5728:1982	NBR 5729:1982	NBR 5730:1982
NBR 5731:1982	-	-	-

Quadro 4 – Relação das 25 normas brasileiras (ABNT) canceladas e substituídas pela ABNT NBR 15873:2010

Fonte: ABNT NBR 15873:2010

O projeto de norma foi elaborado com base em seis normas internacionais, de acordo com o Quadro 5. A ABNT NBR 15873:2010, intitulada Coordenação Modular para Edificações, foi publicada no dia 1º de Setembro de 2010 entrando em vigor no dia 1º de outubro do mesmo ano.

NORMAS INTERNACIONAIS UTILIZADAS COMO BASE PARA ELABORAÇÃO DA ABNT NBR 15873:2010		
NORMAS ISO	TÍTULO	DEFINIÇÃO/FUNÇÃO
ISO 6513:1982	<i>Building construction - Modular coordination - Series of preferred multimodular sizes for horizontal dimensions *</i>	Séries de medidas multimodulares preferíveis para dimensões modulares
ISO 6514:1982	<i>Building construction - Modular coordination - Sub-modular increments *</i>	Determina os valores dos incrementos submodulares
ISO 1006:1983	<i>Building construction - Modular coordination - Basic module *</i>	Estabelece o valor do módulo básico para ser usado na coordenação modular de edifícios
ISO 1040:1983	<i>Building construction - Modular coordination - Multimodules for horizontal coordinating dimensions *</i>	Define as medidas dos multimódulos para dimensões coordenadoras horizontais
ISO 1791:1983	<i>Building construction - Modular coordination - Vocabulary *</i>	Define os termos necessários para a concepção e construção de edifícios de acordo com a coordenação modular
ISO 2848:1984	<i>Building construction - Modular coordination - Principles and rules *</i>	Princípios e regras da coordenação modular

Quadro 5 – Relação de Normas internacionais ISO usadas para a elaboração da ABNT NBR 15873:2010

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2009). * *International Standards for Business, Government and Society* (2011)

4.4 BREVE HISTÓRICO – MÓDULO

A abordagem “coordenação modular” deriva historicamente da adoção do módulo. O termo módulo, segundo Bruna (1976), tem sua origem na palavra *modulus*, que do latim significa pequena medida. Não há registros na história que afirmam ao certo a origem do módulo. Conforme destaca Rosso (1976), este termo foi principalmente divulgado por Vitruvio e Vignola “como unidade de medida convencional para estabelecer dimensões, proporções e ordenar a construção de elementos de um determinado organismo arquitetônico”, tal definição se enquadra até hoje ao termo, pois de acordo com Ferreira (1999) *apud* Baldauf (2004) trata-se de uma “medida reguladora das proporções de uma obra arquitetônica”. Tem-se, atualmente, praticamente a mesma compreensão, ainda que apesar da definição a abordagem do módulo adotado por Vitruvio e Vignola admitir caráter exclusivamente estético (Figura 15).

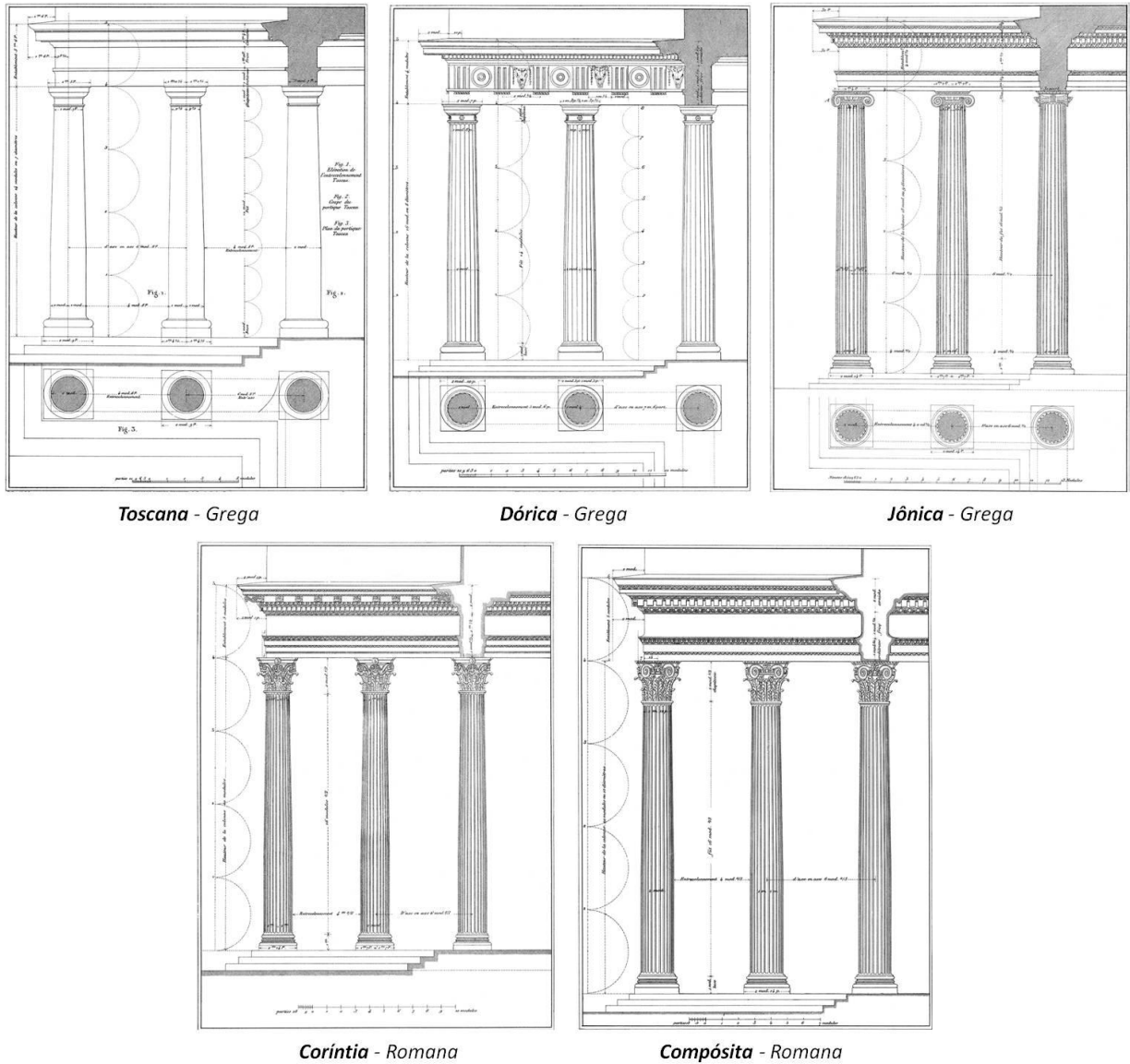


Figura 15 – Descrição das cinco ordens arquitetônicas de Vitruvio por Vignola, documento original de 1562, Itália
Fonte: Powell (1922) apud Codex 99 (2009)

Ainda acompanhando sua aplicação, tem-se na história fatos que remetem o uso do módulo na construção civil não só em edificações, mas também em materiais construtivos e projeto urbano, onde por parte das civilizações romanas, “[...] o planejamento das cidades e o projeto dos edifícios e de seus componentes, passaram a obedecer um retículo modular”, assumindo caráter tanto estético quanto funcional (Figura 16).

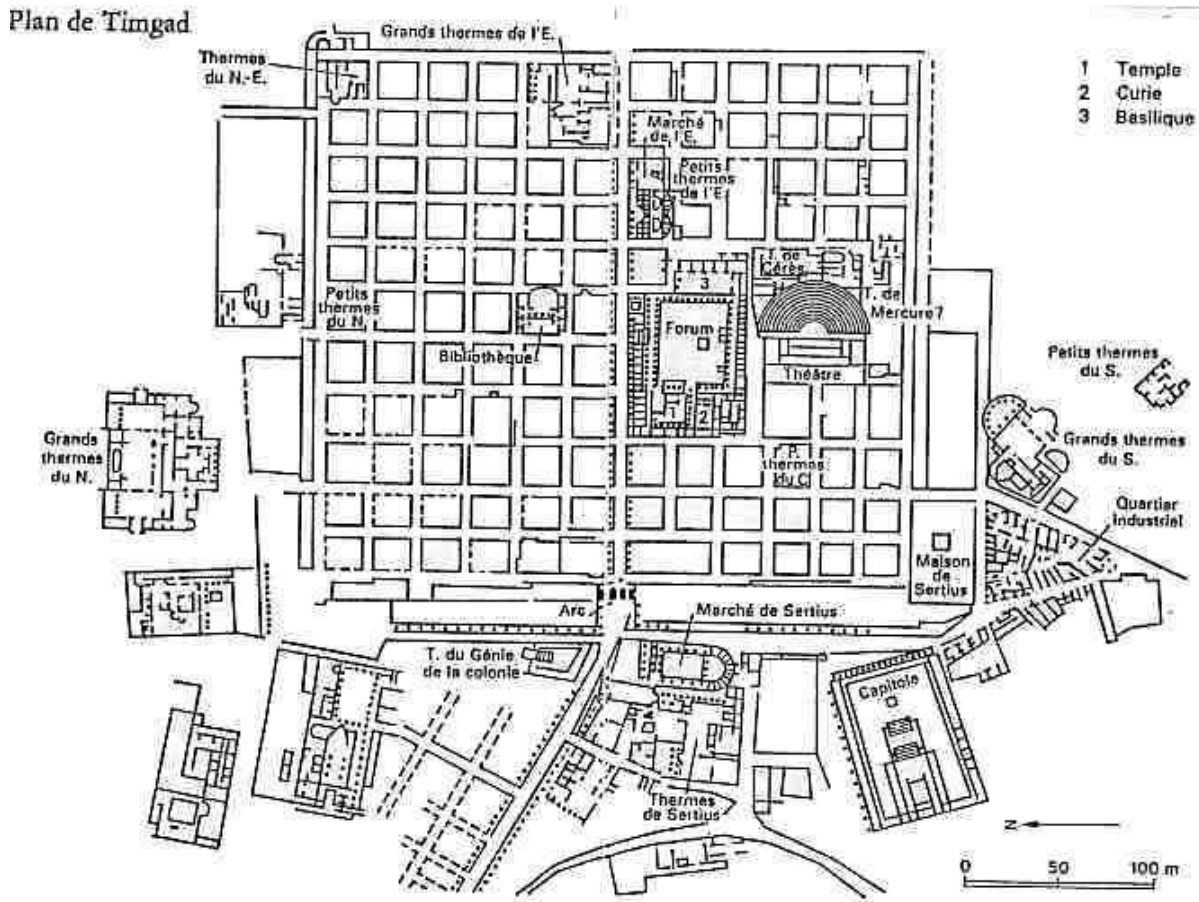


Figura 16 – Exemplo de planejamento de cidade Romana, plano da cidade de Timgad, Argélia
Fonte: AuresChaouia (2008)

Ainda mais capciosos os arquitetos da Renascença utilizaram o módulo de forma distinta, semelhante à que hoje nos atenta, em um ambiente produtivo que através da repetição buscava fabricar elementos construtivos padronizados, com medidas modulares, possibilitando sua posterior montagem na obra de forma simplificada, refletindo rapidez no processo produtivo. Sendo o início de uma abordagem de caráter industrial, utilizando o módulo como ferramenta para a padronização dimensional (ROSSO, 1976). Por fim com uma abordagem de caráter prático funcional têm-se no Japão as primeiras normas “destinadas a unificar tipos construtivos e dimensões”, datadas de 1657 (Yoshida 1935 apud Rosso 1976).

Percebe-se que a partir das vantagens da adoção do módulo diversas foram suas aplicações na construção civil, desenvolvendo abordagens adaptadas as necessidades de cada época, evoluindo até as definições atuais.

5 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural se aplica à construção civil como um elemento construtivo multifuncional servindo tanto como vedação como estrutura da edificação. A união de duas importantes entidades da edificação em uma só faz deste um sistema extremamente competitivo frente ao método tradicional de construção, principalmente no que diz respeito à redução de desperdício, podendo ser de materiais, de mão de obra, entre outras, e desta forma propiciando alto potencial em racionalizar a construção. Mas assim como qualquer tarefa que se pretende bem executada parâmetros e procedimentos devem ser seguidos, o que faz da alvenaria estrutural um conceito sistemático que envolve maior comprometimento na fase de concepção, projeto e execução.

Compreendida como técnica construtiva que utiliza das paredes para resistir a esforços estruturais (cargas), sua função de vedação é intrínseca a alvenaria e a adição de sua função estrutural substitui pilares e vigas comumente utilizados em sistemas de concreto armado, madeira e aço.

Desenvolvida através de cálculo racional a alvenaria estrutural tem como base para projeto conceitos relativos à coordenação dimensional, em outras palavras, a alvenaria é concebida de forma ordenada e coerente, dimensionalmente baseada e orientada pelo espaço de coordenação da unidade (bloco) inteiro (principal), de maneira a eliminar cortes e ajustes geradores de perdas.

Formada por um conjunto coeso rígido a alvenaria é conformada em obra através da união de blocos ou tijolos (unidades de alvenaria) unidos entre si por argamassa. Com a exploração desta técnica construtiva e, segundo ABCI (1990), através do progresso tecnológico pautado pela industrialização dos materiais construtivos a alvenaria moderna evoluiu para,

construções formadas por blocos industrializados de diversos materiais, suscetíveis de serem projetadas para resistirem a esforços de compressão única ou ainda a uma combinação de esforços, ligados entre si pela interposição de argamassa e podendo ainda conter armadura envolta em concreto ou argamassa no plano horizontal e/ou vertical. (ABCI, 1990)

A alvenaria estrutural é resultado da combinação de blocos (unidade básica da alvenaria) unidos por argamassa (tradicionalmente composta por cimento, cal e areia), em alguns

pontos dispostas armaduras (barras de aço), por sua vez solidarizadas a estrutura (parede) por graute (micro-concreto com agregado fino e de alta plasticidade), conforme ilustra a Figura 17.



Figura 17 – Exemplo de obra em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, destaque para bloco estrutural, argamassa, armadura e graute

Fonte: Imagem de EQUIPAOBRA (2011) (escrito nosso)

5.1 BREVE HISTÓRICO – MUNDO

A alvenaria é o material construtivo tido como um dos mais antigos na história do homem, o início de sua aplicação se perde na história em um passado de milhares de anos, evoluindo seus materiais desde a pedra, a madeira, a argila, a cerâmica, até os blocos industrializados, como unidade beneficiada através da montagem para construção.

A Revolução industrial, e conseqüentemente o surgimento da máquina, desencadeou na busca pela industrialização das construções, um intenso processo evolutivo marcado pela exploração de materiais e técnicas construtivas. Com isso a alvenaria, material tradicionalmente utilizado, foi sendo substituída ou combinada a materiais como aço, concreto e madeira (Quadro 6).

Emergiu no final da década de 40 início da década de 50 (Quadro 6), através estudos por aprimorar o uso e aplicação de materiais construtivos, marcado pela retomada de pesquisas sobre a alvenaria, explorando todas suas possibilidades, vedação e estrutura. Ensaio e estudos aprofundados sobre a alvenaria estrutural foram desenvolvidos e desde então parâmetros vem sendo estabelecidos com base na combinação de blocos, argamassa (mistura a base de cimento) e aço. Permitindo que este sistema construtivo migrasse do patamar empírico ao cálculo racional.

Alguns acontecimentos históricos marcantes estão listados no Quadro 6.

ACONTECIMENTOS HISTÓRICOS MARCANTES	
1880	Primeiras pesquisas experimentais em alvenaria de tijolos, desenvolvidas nos EUA
1891	Construção do edifício Monadnock em Chicago, EUA (Figura 20)
1923	Início da alvenaria estrutural armada. Marcada pela publicação de resultados de ensaios realizados ao longo de 2 anos pela Brebner.
1948	Publicada a primeira norma para o cálculo de alvenaria de tijolos na Inglaterra - CP 111.
1966	Editado o primeiro código americano de Alvenaria Estrutural (Recommended Building Code Requirements for Engineered Brick Masonry).

Quadro 6 – Acontecimentos históricos marcantes

Fonte: Camacho (2006)

Determinadas obras marcam a evolução da alvenaria estrutural ao longo da história, segundo Ramalho e Corrêa (2003), algumas delas são:

- As pirâmides de Gizé (Quéops, Quéfren e Miquerinos) no Egito, datadas de 2600 anos a.C. (Figura 18), ocupando o topo da lista das sete maravilhas do mundo antigo (ainda existentes);
- O Farol de Alexandria, também no Egito, construído por volta de 280 anos a.C. (Figura 18). Marcou a história como um monumento esplendoroso que infelizmente não resistiu às forças da natureza e ruiu por volta do século XIII;
- O Coliseu de Roma construído aproximadamente no ano 70 d.C. (Figura 19), também designado uma das sete maravilhas do mundo antigo (parte significativa de sua estrutura resistiu ao tempo e pode ser admirada);
- A Catedral de Reims, na França, construída entre 1211 e 1300 d.C. (Figura 19), com sua belíssima arquitetura gótica em perfeito estado de conservação;
- O Edifício Monadnock (Figura 20) construído entre 1889 e 1891 em Chicago nos EUA, que atenta pelas diferentes espessuras da alvenaria, no térreo 180 cm de espessura e no topo 30 cm;
- Edifício de alvenaria estrutural (não armada) de 13 pavimentos, projetado por Paul Haller, Basileia, Suíça, com paredes de espessura interna de 15 cm e externas de 37,5 cm, representando um grande avanço tecnológico;
- Entre outras.



Figura 18 – Pirâmides de Guizé. Representação do Farol de Alexandria
 Fonte: Liberato (2006). Site de Curiosidades (2011).



Figura 19 – Catedral de Reims, França. Coliseu, Roma
 Fonte: Péron (2007). Frantz (2005)



Figura 20 – Edifício Monadnock, Estados Unidos
 Fonte: Staub (2005). Root, Burnham (1885). Root, Burnham (1889)

Intrínseco ao desenvolvimento da alvenaria estrutural está a exploração de materiais de união para com a unidade básica da alvenaria. Primeiramente a argila, descoberta pelos Assírios e Babilônios, depois a cal e o gesso, pelos Egípcios. Introduzido pelos gregos e desenvolvido pelos romanos está o cimento, resultado da combinação da cal com “pozolana”, material derivado de cinza vulcânica que através da adição de água apresenta certa resistência (SECIL, 2011). Desde então cimento vem sendo explorado e combinado a diferentes materiais.

Como se pode perceber o sistema construtivo em alvenaria estrutural vem sendo explorado de diversas formas e sua evolução técnica vem sendo observada.

5.2 BREVE HISTÓRICO – BRASIL

No Brasil a alvenaria estrutural emergiu no final dos anos 60 e início dos anos 70, principalmente através de esforços para o desenvolvimento da alvenaria estrutural de blocos de concreto. No início os calculistas evitavam projetar edificações com mais de quatro pavimentos e buscavam em normas e profissionais norte-americanos aprofundar seus conhecimentos sobre o sistema (ABCI, 1990). Visto o interesse do setor em edificar com alvenaria estrutural, tornou-se eminente a necessidade de normas adaptadas à realidade construtiva brasileira, e assim, em 1977, segundo Parsekian e Soares (2010), foi constituída a primeira comissão técnica para formulação de norma brasileira para projeto em alvenaria estrutural.

A partir de meados dos anos 70 iniciou-se um avanço por parte da utilização da alvenaria estrutural, explorando novos materiais como o bloco estrutural sílico-calcário, blocos cerâmicos, e de concreto celular autoclavado (ABCI, 1990). Nos anos 80 foram lançadas as primeiras normas brasileiras sobre blocos estruturais de concreto.

Os primeiros edifícios em alvenaria estrutural do Brasil foram construídos na emergente cidade de São Paulo. O conjunto habitacional “Central Parque da Lapa” (1966), com quatro pavimentos, foi realizado em alvenaria estrutural armada com blocos de concreto de 19 cm de espessura. No mesmo conjunto habitacional, em 1972, foram construídas mais quatro torres, com destaque para seus 12 pavimentos, o que era bem inovador para o Brasil na época (Figura 21) (ABCI, 1990).



**Figura 21 – Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa, São Paulo. Imagem à esquerda edifício de 1966, à direita quatro torres de 1972
Fonte: ABCI (1990)**

Ainda na década de 70, o edifício Muriti atraiu as atenções com seus 16 pavimentos em alvenaria armada com blocos de concreto de 19 cm de espessura (São José dos Campos, SP), representado na Figura 22 (foto à esquerda). Somente em 1978 foi construído o primeiro edifício em alvenaria estrutural não armada, o Edifício Jardim Prudência em São Paulo, com nove pavimentos erguidos por blocos estruturais sílico-calcários de 24 cm, como ilustra a Figura 22 (foto à direita) (ABCI, 1990).



**Figura 22 – Edifício Muriti, São José dos Campos. Edifício Jardim Prudência, São Paulo
Fonte: ABCI (1990)**

Depois de anos de iniciativas pontuais foi nos anos 90 que o sistema construtivo em alvenaria estrutural passou a ser amplamente empregado por todo o território brasileiro.

5.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

A alvenaria estrutural tem sido muito utilizada, desde casas para empreendimentos sociais até construções de alto padrão, como por exemplo, na cidade de São Paulo algumas das grandes incorporadoras têm adotado esta solução para edificações de alto padrão.

Este cenário é decorrente das significativas vantagens proporcionadas pela alvenaria estrutural principalmente quando comparada aos sistemas construtivos tradicionalmente empregados, ainda vinculados a processos artesanais, como por exemplo, edificações com estrutura de concreto armado moldado no local. Neste sentido, o sistema construtivo em alvenaria estrutural, torna-se economicamente competitivo, principalmente em edificações produzidas em grande escala, como condomínios residenciais de tipologias padrões, ou edifícios verticais de altura mediana. Segundo experiência da EMPRESA 1 entrevistada (Apêndice 2), representando até 25% de economia em edifícios de 12 pavimentos e 10% em edifícios de 20 pavimentos, em edifícios maiores representando 0% ou prejuízo (quando comparado a edificações de concreto armado moldado no local).

A Figura 23 ilustra duas edificações em alvenaria estrutural, a primeira com blocos de concreto e a segunda com blocos cerâmicos, sendo esses os materiais mais empregados atualmente no Brasil.



Figura 23 – Edifício e alvenaria estrutural com blocos de concreto. Edifício de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos
Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2011). PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS (2011)

Um grande entrave para a racionalização é a falta de domínio do que se pretende construir e de como se pretende construir. A falta de projetos, e/ou a má qualidade dos mesmos, e a falta de planejamento e organização, são os principais responsáveis por ocasionalidades, imprevistos que geram tomadas de decisões não planejadas em obras, refletindo em retrabalho e conseqüentemente em desperdício de recursos (tempo, materiais e mão de obra).

O sistema construtivo em alvenaria estrutural se destaca vantajoso por atribuir ao processo uma postura organizacional embasada em projetos bem executados e detalhados possibilitando aplicar técnicas de planejamento, pois se tem controle e conhecimento do que se pretende e como se pretende construir. Os projetos abrangem detalhamento das paredes, destacando primeira fiada, segunda fiada, instalações hidráulicas e elétricas, vãos de portas e janelas, pontos de grauteamento e armação entre outros itens peculiares de cada projeto e que obrigatoriamente para a correta aplicação da alvenaria estrutural devem ser pensados nas fases de concepção e projeto. Possibilitando realizar o quantitativo de materiais com margens muito próximas as da realidade aplicada em obra, eliminado a necessidade de adquirir materiais com foco nas perdas.

Elimina problemas gerados pela falta de coordenação de projetos, pois promove a interação entre as disciplinas, sobretudo arquitetura e estrutura, uma vez que o layout arquitetônico formulado pela disposição das paredes trata-se também da estrutura da edificação.

Outro importante aspecto é o controle das etapas de trabalho em obra. Este sistema construtivo possibilita a implantação de conceitos de industrialização no canteiro de obras, através do treinamento das equipes e de uma sequência coerente de execução (operações), possibilita planejar a realização de tarefas e com isso promover uma produção seriada, resultando em ganho de tempo e com isso aumentando a produtividade. Destaca-se também frente a:

- Economia de fôrmas e escoramentos;
- Técnicas de execução simplificadas;
- Redução nos revestimentos (opcional);
- Etapas de trabalho reduzidas; e
- Redução de Materiais empregados.

De acordo com as vantagens acima mencionadas fica claro que a racionalização que a alvenaria estrutural proporciona está altamente relacionada com a redução de desperdício de recursos, refletindo diretamente no custo final do produto. Sendo possível compreender a razão pela qual o sistema construtivo em alvenaria estrutural se destaca frente a outros sistemas construtivos.

Entretanto, para o sucesso de sua aplicação é necessário seguir estritamente os procedimentos que o sistema sugere, do contrário esta solução pode-se apresentar extremamente desvantajosa. Como exemplo, é altamente indicado que os projetos de estrutura e arquitetura caminhem juntos, do contrário as adaptações no projeto estrutural podem fazer desta solução a menos adequada em termos financeiros, assim como o projeto de instalações, que também deve ser realizado simultaneamente.

Outra questão é a falta de projetos e com isso a falta de domínio do que se pretende construir e como se pretende construir, esta defasagem não é indicada para este tipo de sistema construtivo uma vez que o desperdício de seus materiais e de sua mão de obra representam perdas maiores quando comparadas ao processo tradicional, onde a mão de obra é mais especializada, portanto mais cara, assim como os materiais empregados.

Em relação ao uso da edificação, este sistema não é indicado para projetos que pretendam alterações de planta, nestes casos é indicada a combinação da alvenaria estrutural com outros sistemas de vedação interna como *drywall* (gesso acartonado), ou qualquer outra solução que se apresente flexível, sendo indicado um estudo específico para verificar se há vantagem na adoção desta combinação.

No Brasil um grande entrave para a adoção deste sistema construtivo é a falta de mão de obra especializada, ou melhor, não só para este sistema, mas para toda a construção civil brasileira este tem sido um gargalo significativo, podendo se apresentar como um obstáculo para adoção do sistema construtivo em alvenaria estrutural em algumas regiões brasileiras.

5.4 COORDENAÇÃO MODULAR APLICADA A ALVENARIA ESTRUTURAL

Os blocos estruturais são os componentes básicos da alvenaria estrutural, representando de 80 a 95% do seu volume (PARSEKIAN; SOARES, 2010). Sendo os de maior disponibilidade no mercado brasileiro e conseqüentemente os mais empregados os blocos cerâmicos e de concreto (Figura 24), portanto objetos de estudo desta pesquisa.

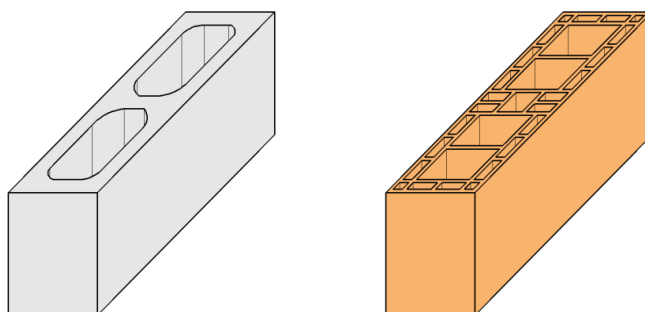


Figura 24 – Ilustração dos blocos estruturais mais empregados, à esquerda de concreto, e à direita cerâmico

O bloco é definido por três dimensões, largura, altura e comprimento, conforme Figura 25.

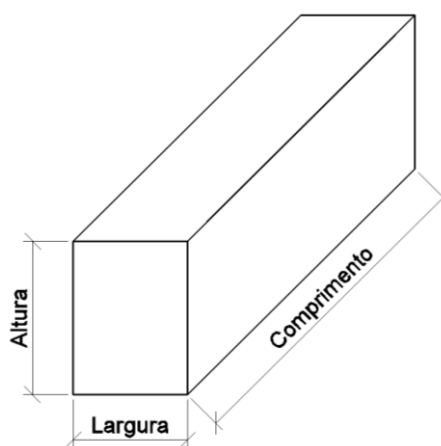


Figura 25 – Definição de referência às dimensões do bloco, componente básico da alvenaria

Na busca pela racionalização do processo a alvenaria estrutural é concebida através da coordenação dimensional (ou modular com base no módulo básico), sendo esta realizada com base no espaço de coordenação do bloco estrutural. Em outras palavras, admitindo tanto a dimensão nominal do bloco estrutural (medida de projeto) quanto o ajuste de coordenação necessário.

No caso do bloco estrutural soma-se 0,5 cm a cada lado do bloco, espaço destinado a argamassa (material de união), tolerâncias e deformações, resultando no acréscimo de 1 cm a dimensão nominal, conforme ilustra a Figura 26, tendo como exemplo o bloco estrutural de dimensão nominal de 14 x 19 x 39 cm (largura, altura e comprimento), de dimensão coordenada de 15 x 20 x 40 cm, e de dimensão modular de 1,5M ou 3/2M x 2M x 4M (M = 10 cm). Dúvidas com relação aos conceitos sobre coordenação modular ver Capítulo 4, item 4.2.

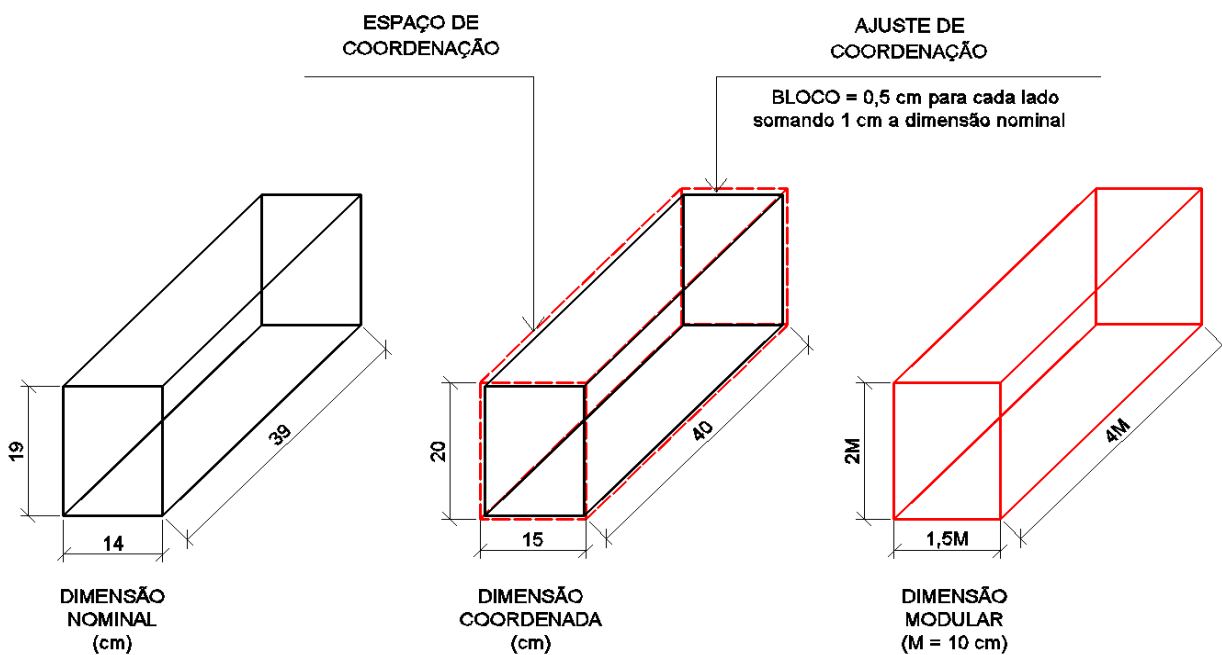


Figura 26 – Dimensão Nominal (cm); Dimensão Coordenada (cm); Dimensão Modular (M = 10 cm); Espaço de Coordenação (cm); e Ajuste de coordenação (cm)

Os blocos inteiros (principais) determinam a modulação da alvenaria e designam sua respectiva família. Família de blocos é um termo muito utilizado pelo setor que diz respeito segundo a ABNT NBR 6136:2007 ao

”Conjunto de componentes de alvenaria que interagem modularmente entre si e com outros elementos construtivos. Os blocos que compõem a família, segundo suas dimensões, são designados como bloco inteiro (bloco predominante), blocos de amarração L e T (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores A e B (blocos para ajustes de modulação) e blocos canaleta”.

Para balizar a compreensão dos blocos aqui compreendidos como estruturais buscou-se nas respectivas normas vigentes os conceitos de interesse da pesquisa. No que diz respeito

aos blocos estruturais de concreto tem-se três classes de blocos considerados estruturais segundo a ABNT NBR 6136:2007, conforme disposto no Quadro 7.

CLASSES DOS BLOCOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO SEGUNDO ABNT NBR 6136:2007	
Classe A	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo
Classe B	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo
Classe C	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo
Nota:	Recomenda-se blocos de 1M para edificações de no máximo um pavimento, de 1,25M para edificações de no máximo dois pavimentos e de 1,5M para edificações de no máximo 3 pavimentos

Quadro 7 – Classes dos Blocos estruturais de concreto
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6136:2007
Termos e definições corrigidos conforme ABNT NBR 15973:2010

Tendo como requisitos para cada uma das classes no que diz respeito à resistência característica os valores dispostos no Quadro 8.

CLASSE	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA fbk em MPa
A	≥ 6,0
B	≥ 4,0
C	≥ 3,0

Quadro 8 – Requisitos para Resistência Característica à compressão dos blocos estruturais de concreto
Fonte: ABNT NBR 6136:2007

Já o Quadro 9 dispõe das famílias (dimensões) de blocos de concreto segundo a ABNT NBR 6136:2007.

		FAMÍLIAS DE BLOCOS DE CONCRETO									
DESIGNAÇÃO	Coordenação (cm)	20	15		12,5			10			7,5
	Módulo	2M	1,5M 3/2M		1,25M 5/4M			1M			0,75M 3/4M
	Amarração (bloco)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha (cm)	20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	10 x 30	7,5 x 40
Largura Nominal (cm)		19	14	14	11,5	11,5	11,5	9	9	9	6,5
Altura Nominal (cm)		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Comprimento (mm)	Inteiro	39	39	29	39	24	36,5	39	19	29	39
	Meio	19	19	14	19	11,5	-	19	9	-	19
	2/3	-	-	-	-	-	24	-	-	19	-
	1/3	-	-	-	-	-	11,5	-	-	9	-

	Amarração L	-	34	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	54	44	-	36,5	36,5	-	29	29	-
	Compensador A	9	9	-	9	-	-	9	-	-	9
	Compensador B	4	4	-	4	-	-	4	-	-	4

Quadro 9 – Famílias de blocos de concreto

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6136:2007, Tabela 1.0. Com correções feitas de acordo com a ABNT NBR 15973:2010

De acordo com as informações acima dispostas compreende-se como blocos estruturais de concreto aqueles de 9 cm, 11,5 cm, 14 cm e 20 cm de largura, sendo o bloco de 9 cm largura indicado para edificações de no máximo um pavimento, o de 11,5 cm de largura para edificações de no máximo dois pavimentos, e o de 14 cm de largura para edificações de no máximo três pavimentos. Devendo apresentar resistência característica à compressão maior ou igual a 3 MPa (para projeto seguir especificações acordadas com as características do mesmo), respeitar o limite de altura de 24 vezes a largura do bloco para alvenaria não armada, e 30 vezes a largura do bloco para alvenaria armada, o que condiciona que alvenarias estruturais de 9 cm de largura devam ser armadas (“24x9=216” cm de pé direito, abaixo do permitido pela ABNT NBR 15575-1:2012⁶, “30x9=270” cm dentro do permitido).

Quanto aos blocos estruturais cerâmicos, o Quadro 10 apresenta as dimensões estabelecidas pela ABNT NBR 15270-2:2005 para família de blocos cerâmicos estruturais. A ABNT NBR 15812-1:2010 faz referência a permissão do uso de blocos de 9 cm de largura apesar de não apresentar esta dimensão na Tabela 1 da ABNT NBR 15270-2:2005. Segundo a ABNT NBR 15270-2:2005 tem-se a resistência característica à compressão (fbk) para blocos estruturais cerâmicos considerada a partir de 3,0 MPa.

FAMÍLIAS DE BLOCOS CERÂMICOS						
Dimensões						
Coordenação (cm) Modular (M)	Nominais (cm)					
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (cm)			
Bloco Inteiro			½ Bloco	Amarração L	Amarração T	
12,5 x 12,5 x 25 5/4 x 5/4 x 5/4	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5

⁶ A NBR 15575-1:2012, desempenho de edificações, estabelece o pé-direito mínimo de 240 cm para banheiro, área de serviço, corredor e escada interna à unidade; e pé-direito mínimo de 250 cm para demais ambientes.

12,5 x 20 x 25 5/4 x 2 x 5/2			24	11,5	-	36,5
12,5 x 20 x 30 5/4 x 2 x 3		19	29	14	26,5	41,5
12,5 x 20 x 40 5/4 x 2 x 4			39	19	31,5	51,5
15 x 20 x 30 3/2 x 2 x 3	14	19	29	14	-	44
15 x 20 x 40 3/2 x 2 x 4			39	19	34	54
20 x 20 x 30 2 x 2 x 3	19	19	29	14	34	49
20 x 20 x 40 2 x 2 x 4			39	19	-	59
Bloco L – Bloco para amarração para paredes em L						
Bloco T – Bloco para amarração para paredes em T						

Quadro 10 – Família de blocos estruturais cerâmicos
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15270-2:2005, Tabela 1

Segundo tais informações se entende como bloco estrutural cerâmico aqueles com 9 cm, 11,5 cm, 14 cm e 20 cm de largura. Sendo indicado o bloco de largura 9 cm (apesar de não constar no Quadro 10 fez-se valer a colocação da ABNT NBR 15812-1:2010) para edificações de no máximo um pavimento, e o de 11,5 cm de largura para edificações de no máximo dois pavimentos. Devendo apresentar resistência característica à compressão maior ou igual a 3 MPa (para projeto seguir especificações acordadas com as características do mesmo), também respeitando o limite de altura de 24 vezes a largura do bloco para alvenaria não armada, e 30 vezes a largura do bloco para alvenaria armada (desta forma compreendendo que a alvenaria estrutural de 9 cm de largura deva ser armada).

No que diz respeito às tolerâncias admitidas entre a dimensão nominal e a medida real, tem-se para os blocos estruturais de concreto segundo a ABNT NBR 6136:2007, $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e comprimento, e para os blocos estruturais cerâmicos tolerâncias dimensionais na média das dimensões efetivas de $\pm 3,0$ mm em todas as dimensões (ABNT NBR 15270-2:2005). Sabendo que a tolerância é absorvida pelo ajuste de coordenação, considera-se para ajuste de coordenação do bloco 5 mm, somado a todas as dimensões do bloco, como ilustra a Figura 26.

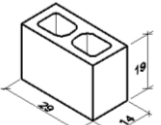
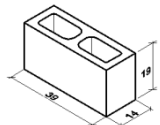
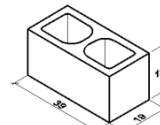
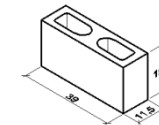
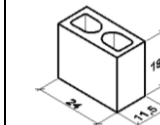
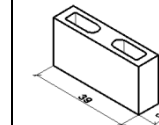
5.5 SITUAÇÃO ATUAL

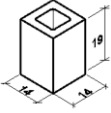
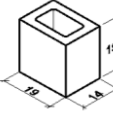
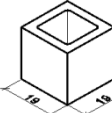
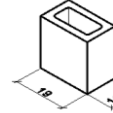
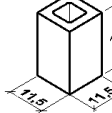
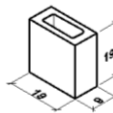
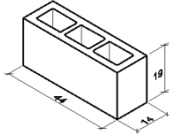
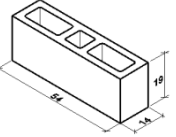
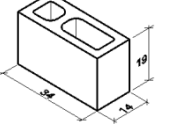
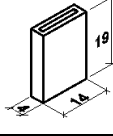
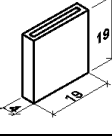
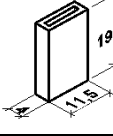
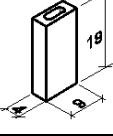
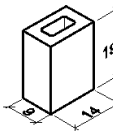
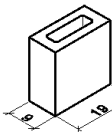
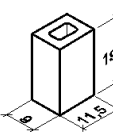
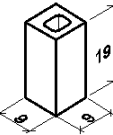
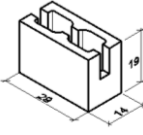
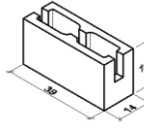
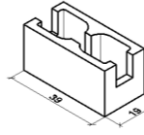
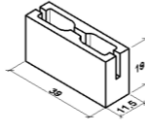
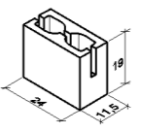
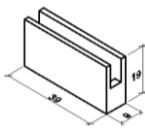
Tem-se atualmente comercializado no Brasil diversas famílias de blocos estruturais de concreto e cerâmico, regidas pelo o bloco inteiro e fundamentalmente formadas pelas tipologias:

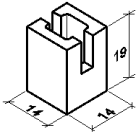
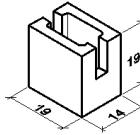
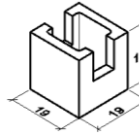
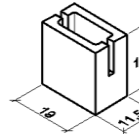
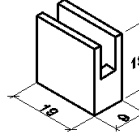
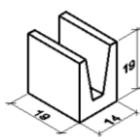
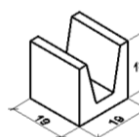
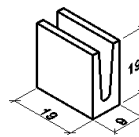
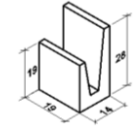
- Meia peça (metade do bloco inteiro);
- Blocos canaleta, para confecção de elementos estruturais como vergas, contra vergas (reforço horizontal), entre outros;
- Blocos de amarração, para encontros entre paredes; e
- Blocos de ajuste, também conhecidos como compensadores para pequenos ajustes dimensionais.

Em ambos os materiais, concreto e cerâmico, há tipologias peculiares de certas regiões do país vinculadas a alguns fabricantes pontuais, desta forma não consideradas como tipologias padrões de relevância para a pesquisa.

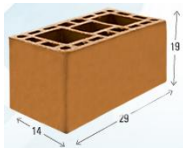
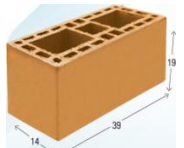
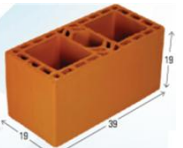

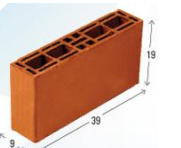
O Quadro 11 apresenta os blocos estruturais de concreto, assim como o Quadro 12 dispõe dos blocos estruturais cerâmicos, onde se buscou apontar as principais tipologias disponíveis no Brasil.

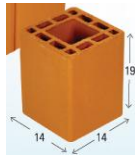
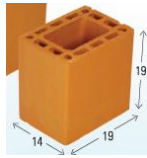
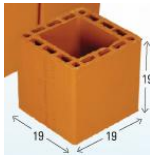
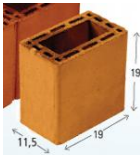

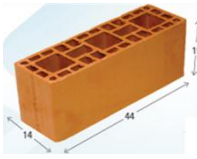
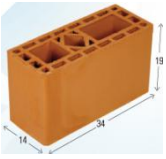
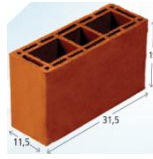
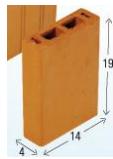
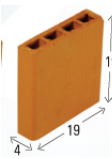
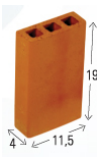
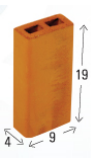
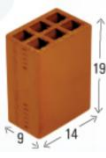


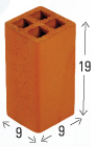
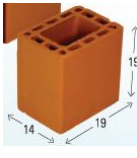
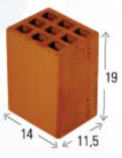

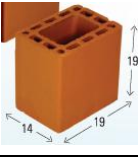
BLOCOS DE CONCRETO						
PADRÕES DIMENSIONAIS ATUALMENTE COMERCIALIZADOS						
Dimensões	Nominal (cm)					
	Coordenada (cm) / Modular (M = 10 cm)					
	Comprimento (C) / Largura (L)					
	Altura (H) = Constante = 19 cm / 20 cm / 2M (exceção canaleta "J")					
Inteiro – Principal						
L	14 cm 15 cm / 1,5M		19 cm 20 cm / 2M	11,5 cm 12,5 cm / 1,25M		9 cm 10 cm / 1M
C	29 cm 30 cm / 3M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M	24 cm 25 cm / 2,5M	39 cm 40 cm / 4M
						

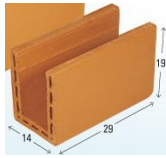
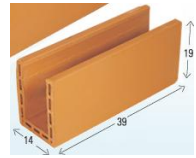
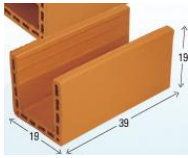
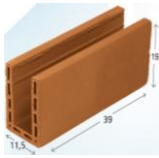

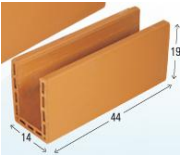


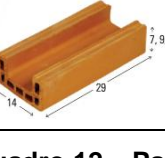
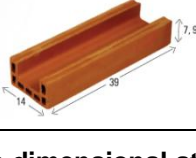
Meia-Peça						
C	14 cm 15 cm / 1,5M	19 cm 20 cm / 2M	19 cm 20 cm / 2M	19 cm 20 cm / 2M	11,5 cm 12,5 cm / 1,25M	19 cm 20 cm / 2M
						
Amarração						
C	44 cm 45 cm / 4,5M	54 cm 55 cm / 5,5M				
						
C		34 cm 35 cm / 3,5M				
						
Ajuste						
C		4 cm 5 cm / 0,5M	4 cm 5 cm / 0,5M	4 cm 5 cm / 0,5M		4 cm 5 cm / 0,5M
						
C		9 cm 10 cm / 1M	9 cm 10 cm / 1M	9 cm 10 cm / 1M		9 cm 10 cm / 1M
						
Canaleta						
C	29 cm 30 cm / 3M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M	24 cm 25 cm / 2,5M	39 cm 40 cm / 4M
						

Meia Canaleta						
C	14 cm 15 cm / 1,5M	19 cm 20 cm / 2M	19 cm 20 cm / 2M	19 cm 20 cm / 2M		19 cm 20 cm / 2M
						
						
Canaleta "J" (Meia)						
C		19 cm 40 cm / 4M				
H		19 - 28 cm 20 - 29 cm 2M - 2,9M				
						

Quadro 11 – Padrões dimensionais atualmente comercializados dos blocos estruturais de concreto. Constando suas dimensões nominal, coordenada e modular
 Fonte: Adaptado de Taui e Nese (2010)

BLOCOS CERÂMICOS					
PADRÕES DIMENSIONAIS ATUALMENTE COMERCIALIZADOS					
Dimensões	Nominal (cm)				
	Coordenada (cm) / Modular (M = 10 cm)				
	Comprimento (C) / Largura (L)				
Altura (H) = Constante = 19 cm / 20 cm / 2M (exceção canaleta "J")					
Inteiro - Principal					
L	14 cm 15 cm / 3M	19 cm 20 cm / 4M	11,5 cm 12,5 cm / 1,25M	9 cm 10 cm / 1M	
C	29 cm 30 cm / 3M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M
					

Meia-Peça					
C	14 cm 15 cm / 1,5M	19 cm 20 cm / 2M	19 cm 20 cm / 2M	19 cm 20 cm / 2M	19 cm 20 cm / 2M
					
Amarração					
C	44 cm 45 cm / 4,5M	34 cm 35 cm / 3,5M		31,5 cm 32,5 cm / 3,25M	
					
Ajuste					
C	4 cm 5 cm / 0,5M	4 cm 5 cm / 0,5M	4 cm 5 cm / 0,5M	4 cm 5 cm / 0,5M	4 cm 5 cm / 0,5M
					
C	9 cm 10 cm / 1M	9 cm 10 cm / 1M	9 cm 10 cm / 1M	9 cm 10 cm / 1M	9 cm 10 cm / 1M
					
C		14 cm 15 cm / 1,5M	14 cm 15 cm / 1,5M	14 cm 15 cm / 1,5M	
					
C	19 cm 20 cm / 2M				
					

Canaleta					
C	29 cm 30 cm / 3M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M	39 cm 40 cm / 4M
					
C	44 cm 45 cm / 4,5M				
					
Canaleta "J"					
C	29 cm 30 cm / 3M	39 cm 40 cm / 4M			
H	19 - 7; 9; 11 cm 20 - 8; 10; 12 cm / 2M - 0,8M; 1M; 1,2M				
					
Canaleta "compensadora"					
C	29 cm 30 cm / 3M	39 cm 40 cm / 4M			
H	19 - 7; 9; 11 cm 20 - 8; 10; 12 cm / 2M - 0,8M; 1M; 1,2M				
					

Quadro 12 – Padrão dimensional atualmente comercializado dos blocos estruturais de concreto. Constando suas dimensões nominal, coordenada e modular
Fonte: Imagens de SELECTA BLOCOS (2011)

Os blocos inteiros (responsáveis pela modulação da alvenaria) são de dimensões iguais para ambos os materiais, concreto e cerâmico, porém o concreto apresenta uma família a mais, a regida pelo bloco de 11,5 x 19 x 24 (cm). Apesar de na norma do bloco cerâmico, ABNT NBR 15270-2:2005, essa dimensão ser passível de fabricação não se encontrou esta família disponível no mercado.

Ao comparar os padrões dimensionais de ambos os materiais percebe-se que apesar dos blocos inteiros apresentarem dimensões iguais, sua família não necessariamente é composta pelas mesmas tipologias de blocos.

5.5.1 Possíveis Modulações da Alvenaria

Definido o sistema construtivo em alvenaria estrutural o próximo passo para promoção de uma edificação consiste em definir a modulação da alvenaria a ser adotada, ou seja, a unidade principal (bloco estrutural) da alvenaria a ser utilizada. Isso se dá em função do porte da edificação e das peculiaridades do projeto arquitetônico, questões como vãos, pé-direito, entre outros, possibilitando o cálculo estrutural que aponta a uma determinada unidade em função de sua resistência característica à compressão.

Os blocos inteiros regem a modulação ou coordenação dimensional da alvenaria, sabendo disso, no Quadro 13 constam as possíveis modulações da alvenaria com base nos padrões dimensionais comercializados dos materiais concreto e cerâmico. Percebe-se que no comprimento variam entre três dimensões coordenadas, 40 cm (4M), 30 cm (3M) e 25 cm (2,5M), sendo a última (2,5M) peculiar do material concreto, pouco empregada e comercializada, predominando o uso das modulações 4M e 3M para ambos os materiais.

POSSÍVEIS MODULAÇÕES DA ALVENARIA				
Dimensões	Nominal (cm) Coordenada (cm) / Modular (M = 10 cm)			
	Comprimento (C) / Largura (L) Altura (H) = Constante = 19 cm / 20 cm / 2M			
Inteiro – Principal				
L	14 cm 15 cm / 1,5M	19 cm 20 cm / 2M	9 cm 10 cm / 1M	11,5 cm 12,5 cm / 1,25M
C	29 cm 30 cm / 3M	39 cm 40 cm / 4M		24 cm 25 cm / 2,5M

Quadro 13 – Possíveis modulações da alvenaria

Na largura as dimensões coordenadas variam entre 10 cm (1M), 12,5 cm (1,25M), 15 cm (1,5M) e 20 cm (2M), também para ambos os materiais, conforme Quadro 13. Sendo os mais utilizados no Brasil os de largura de 15 cm (1,5M) e 20 cm (2M) em função de sua resistência e aplicabilidade a diversos tipos de edificações. Os de 10 cm (1M) e 12,5 cm (1,25M) de largura se enquadram somente em casos de habitações de pequeno porte no que diz respeito à resistência, assim como compreendido e disposto no item 5.4 deste capítulo.

Sob uma perspectiva genérica tem-se como sendo a opção ideal para a coordenação modular da alvenaria estrutural, as dimensões coordenadas de 20 x 40 cm (2M x 4M), ou 10 x 40 cm (1M x 4M), blocos de medidas múltiplas (largura e comprimento). Entretanto seria utopia dispensar as demais modulações e acreditar que de uma hora para outra no Brasil seriam utilizadas somente essas modulações, onde habitações de médio porte seriam todas promovidas com bloco de 20 x 40 cm, ou ainda que todas as habitações de pequeno porte se enquadrariam na modulação 10 x 40 cm (1M x 4M), caso contrário saltaria diretamente para opção 20 x 40 cm. Pensando nisso buscou-se pesquisar todas as modulações de forma a se estudar a dimensão da porta (e seu vão na alvenaria) de maneira ampla e realista, possibilitando desta forma alcançar um resultado qualitativo e democrático (dimensão adequada a todas as modulações da alvenaria).

5.6 VÃOS DE PORTAS NA ALVENARIA

Vão da porta, termo assim empregado pela ABNT NBR 15930-1:2011, trata da “abertura na parede destina a instalação de uma porta”, assim como ilustra a Figura 27.

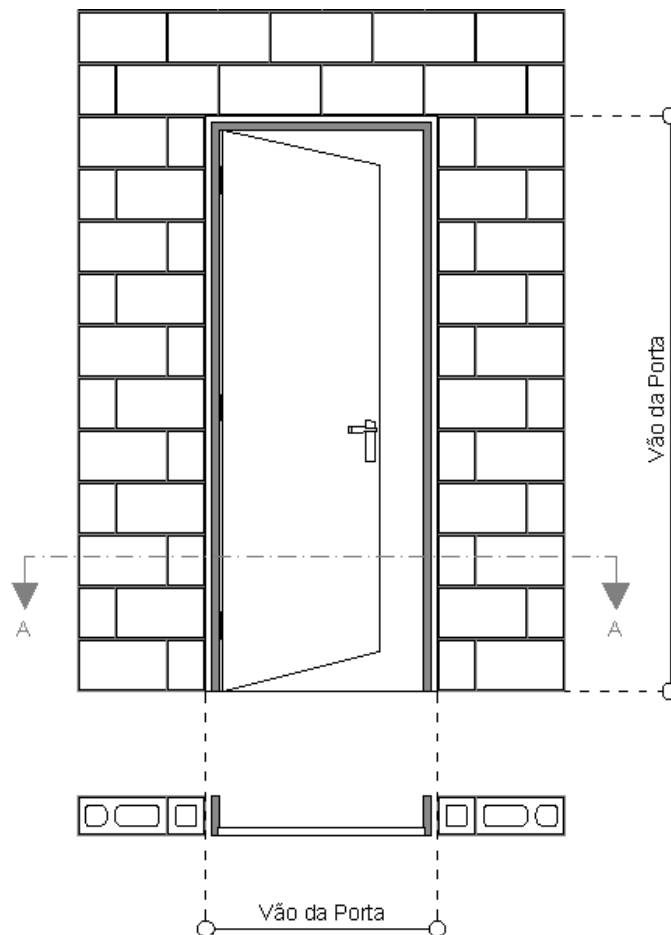


Figura 27 – Vão da porta
Fonte: ABNT NBR 15930-1:2011

O vão da porta é definido pela modulação da alvenaria, ditada pelas dimensões do bloco estrutural adotado (inteiro/principal) e sua família, contendo três dimensões, altura, largura e espessura, de acordo com a Figura 28.

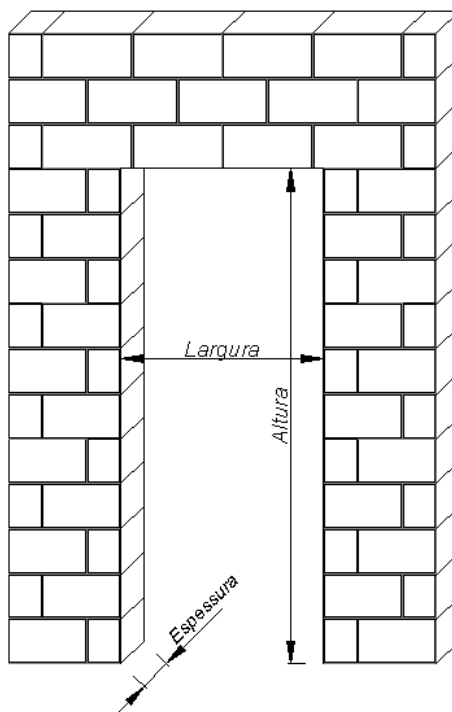


Figura 28 – Vão da porta. Dimensões: altura, largura e espessura

No que diz respeito à alvenaria estrutural a parede é erguida a partir do plano da laje, desta forma todo e qualquer elemento/componente que for aplicado sobre o plano da laje influenciará dimensionalmente o vão da porta, como pode ser visto na Figura 29 e na Figura 30. Sendo possível em projeto dimensionar tanto vãos na alvenaria como pé-direito, tendo como base a dimensão de coordenação dos blocos empregados.

A Figura 29 ilustra um caso em que se utiliza do bloco “J” e o bloco compensador de 9 cm para execução da laje, por sua vez com altura de 10 cm, possibilitando trabalhar com um pé-direito de 270 cm, e 280 cm de piso a piso. Já a Figura 30 ilustra outro tipo de combinação, fazendo uso do bloco canaleta de altura igual a do bloco inteiro (20 cm de dimensão coordenada), trabalhando-se com um pé-direito de 280 cm, desta forma, 290 cm de piso a piso, uma vez utilizada a laje de 10 cm de altura.

Conforme experiência da EMPRESA 1 (apêndice 2) a configuração representada na Figura 30 é a mais empregada, apresentando vantagens uma vez que dispensa a aquisição de duas tipologias de blocos distintas as já utilizadas na elevação da alvenaria, e também porque no momento da execução os blocos “J” e compensador tem se apresentado frágeis, principalmente o bloco “J”, acarretando em perdas.

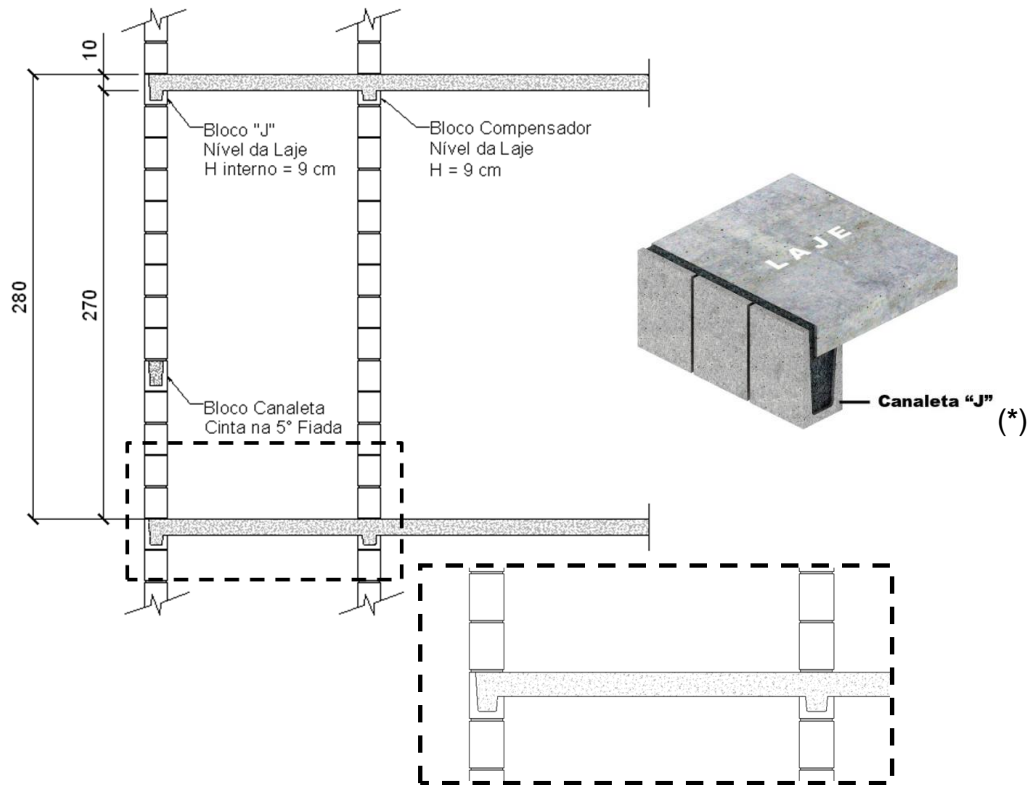


Figura 29 – Detalhe executivo de execução de laje e parede em projetos de alvenaria estrutural (medidas em centímetros).

Fazendo uso do bloco "J" e do bloco compensador de 9 cm de altura
Fonte: Detalhe tridimensional *GLASSER (2012)

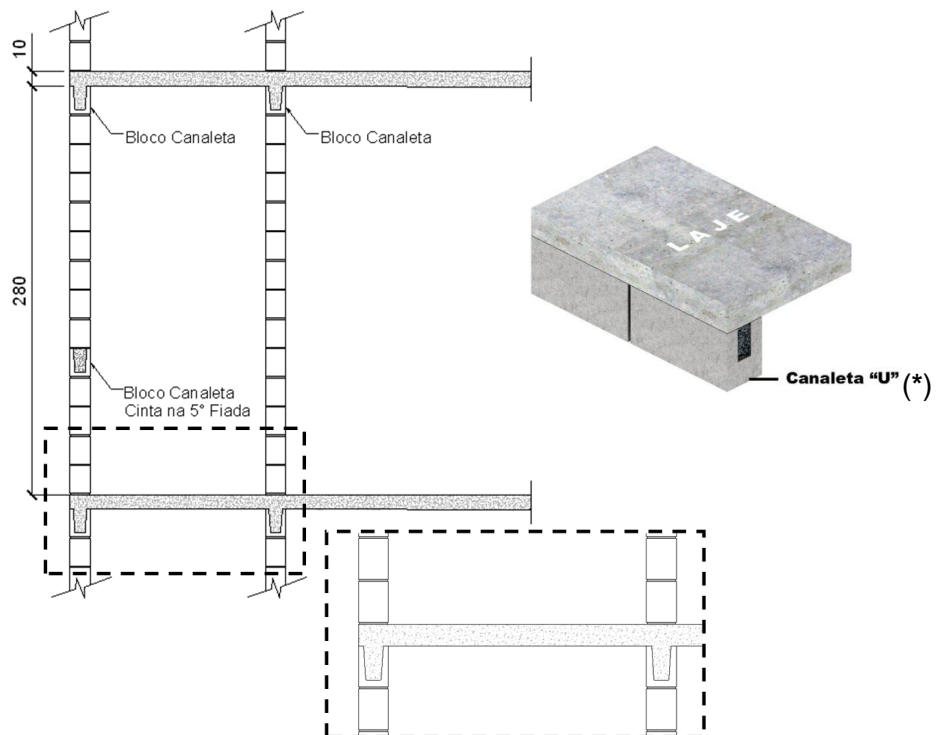


Figura 30 – Detalhe executivo de execução de laje e parede em projetos de alvenaria estrutural (medidas em centímetros). Fazendo uso do bloco canaleta "U"
Fonte: Detalhe tridimensional *GLASSER (2012)

Os blocos estruturais possuem altura igual nos materiais concreto e cerâmico, 19 cm de medida nominal, 20 cm de medida coordenada e 2M de medida modular. Conseqüentemente a altura do vão da porta trata de um valor múltiplo de 20 cm. As portas comercializadas no Brasil possuem, em sua maioria, altura superior a 210 cm, sendo esta a altura usual para a folha da porta, respondendo aos requisitos de duas importantes normas, a ABNT NBR 9050:2004, de acessibilidade, que estabelece vão livre mínimo de 210 cm de altura para portas, e a ABNT NBR 15575-1:2012, de desempenho, seguindo o mesmo valor, 210 cm de vão livre mínimo. De acordo com tais informações o vão da porta em projetos de alvenaria estrutural deve ser superior a 210 cm de altura, além disso, comportar espaço suficiente para batentes e folgas perimetrais de instalação e funcionamento, sendo assim apontando para o vão modular de 22M (220 cm) como o mais adequado.

Em projeto representando 221 cm de altura nominal, um centímetro a mais que a altura modular de 22M (220 cm). Este centímetro de diferença é resultado de dois fatores, o primeiro se dá em função de a primeira camada de argamassa, entre a primeira fiada de blocos e a laje, possuir 1 cm, ou seja, 0,5 cm a mais do que se admite na medida coordenação (ou modular) do bloco; o outro 0,5 cm é resultado de a face interna do vão da porta não ser rebocada, descontando 0,5 cm da medida de coordenação (ou modular) dos blocos expostos, assim como mostra a Figura 31, resultando na diferença de 1 cm.

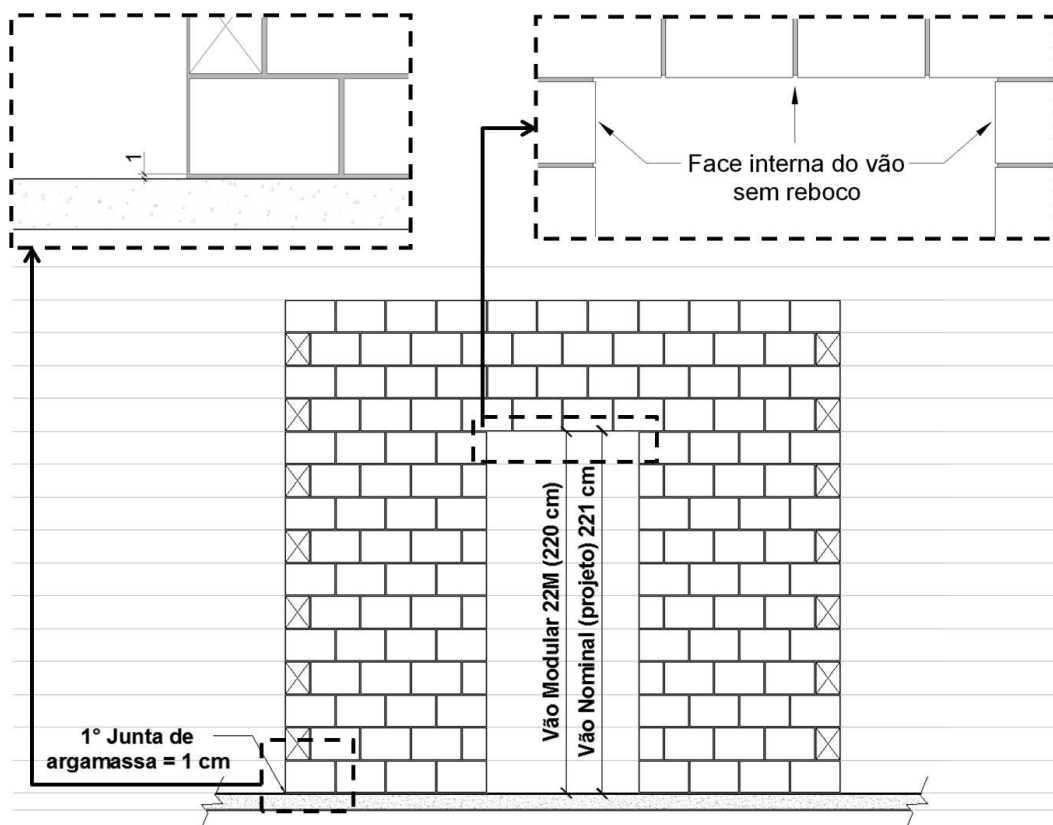


Figura 31 – Altura do vão da porta

A largura do vão da porta também é afetada pela falta de reboco nas faces internas do vão, também resultando na diferença de 1 cm entre a medida modular e a medida nominal do vão, sendo 0,5 cm de cada face (lado).

A largura do vão envolve um estudo mais complexo, uma vez que, diferente da altura, existe uma gama de combinações possíveis, sendo diversas as dimensões de blocos disponíveis. Desta forma, a seguir, estão dispostos estudos detalhados sobre amarrações de parede e possíveis vãos na alvenaria.

5.6.1 Amarrações de parede

A Figura 34 e a Figura 35 ilustram as formas mais empregadas de amarrações de paredes em projetos de alvenaria estrutural, sendo “I”, “L”, “T” e “X”. A amarração “I” representa a parede em linha, a amarração “L” representa o encontro de duas paredes gerando um canto, seguindo em dois eixos, a amarração “T” o encontro de duas paredes gerando dois cantos, seguindo em três eixos, e a amarração em “X” o encontro de duas paredes gerando quatro cantos, seguindo quatro eixos.

A ABNT NBR 15961-2:2011 distingue a amarração de parede em dois tipos, a amarração direta e a indireta. A amarração direta trata do “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”, estabelecendo como interpenetração alternada mínima $1/3$ do comprimento dos blocos, conforme Figura 32. Este tipo de amarração varia em função das tipologias de blocos de cada família e suas dimensões, como blocos de amarração e blocos de ajuste, sendo ideal realizá-la sempre que possível.

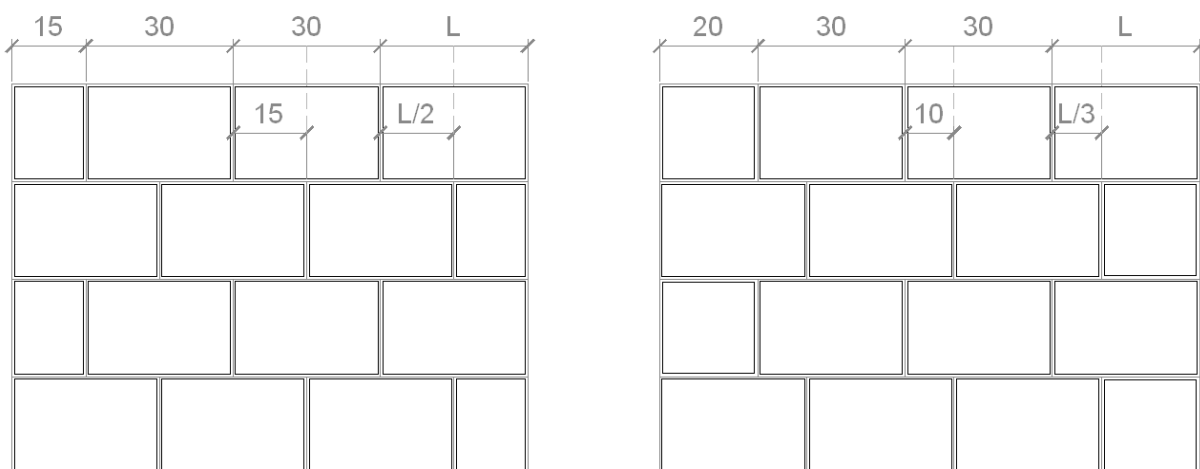


Figura 32 – Amarração direta
Intertravamento de blocos $L/2$ e mínimo de $L/3$

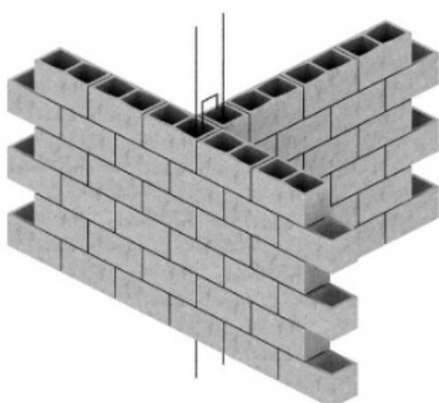
A amarração indireta trata de paredes que seguem o padrão de ligação com junta vertical a prumo de modo em que “o plano da interface comum é atravessado por armaduras normalmente constituídas por grampos metálicos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes grauteados ou por telas metálicas ancoradas em juntas de assentamento”. Conforme ilustra Figura 33. Lembrando que graute é o “componente utilizado para preenchimento de espaços vazios de blocos com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente” (ABNT NBR 15961-2:2011). Portanto quando não é possível intertravar os blocos, utiliza-se de grampos (permitindo grautear os blocos) ou telas metálicas (não permitindo grautear os blocos) para solidarizar a alvenaria.

Encontro entre paredes Estruturais e de vedação



Amarração com tela

Encontro de paredes em “T” com junta a prumo grampeadas



Encontro de paredes em “T” com junta a prumo grampeadas

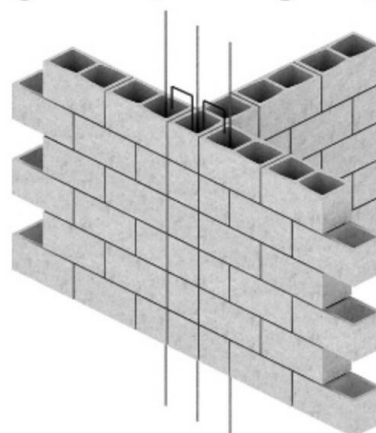


Figura 33 – Amarração Indireta
Exemplos da aplicação de grampos e tela no encontro entre paredes de junta a prumo
Fonte: GLASSER (2012)

5.6.2 Alvenaria estrutural – amarrações e vãos modulares – Largura

Existem seis famílias de blocos de concreto disponíveis atualmente no mercado, cada família é constituída pelo bloco inteiro (que rege a modulação), pelo(s) bloco(s) de amarração de parede, pela meia peça, e na maioria dos casos por bloco(s) de ajuste. A modulação da alvenaria é realizada em projeto com base nas dimensões coordenadas dos blocos, ou seja, soma-se 1 cm a dimensão nominal dos mesmos (item 5.4). Assim como ilustra o Quadro 14, constando somente a largura e o comprimento dos blocos (dimensões necessárias para se trabalhar em planta).

FAMÍLIAS DE BLOCOS DE CONCRETO						
MEDIDA NOMINAL	14 x 29 cm	14 x 39 cm	19 x 39 cm	11,5 x 39 cm	11,5 x 24 cm	9 x 39 cm
MEDIDA DE COORDENAÇÃO	15 x 30 cm	15 x 40 cm	20 x 40 cm	12,5 x 40 cm	12,5 x 25 cm	10 x 40 cm
MEDIDA MODULAR	1,5M x 3M	1,5M x 4M	2M x 4M	1,25M x 4M	1,25M x 2,5M	1M x 4M
AMARRAÇÃO						
INTEIRO						
AMARRAÇÃO L				<i>Não indicado</i>		
1/2 BLOCO						
AJUSTE						
AJUSTE						
AJUSTE						

Quadro 14 – Famílias de blocos de concreto (largura x comprimento)
 (*) Blocos de outras famílias

No caso de blocos cerâmicos existem cinco famílias, não havendo a família de blocos de 12,5 x 25 cm (medida de coordenação) peculiar do material concreto. Cada família também é formada pelo bloco inteiro (que rege a modulação), pelo(s) bloco(s) de amarração de parede, pela meia peça, e por blocos de ajuste. Conforme ilustra o Quadro 15 (largura e comprimento).

Percebe-se que em ambos os quadros estão destacados em vermelho os blocos que não se indica utilizar, assim como a família de blocos que não se indica trabalhar. Nos casos dos blocos de 10 cm de comprimento coordenado das modulações de 1,5M x 3M e 1,5M x 4M, indica-se substituir esta peça por dois blocos de 5 cm de comprimento, dispostos na

alvenaria em lados opostos do vão, resultando dimensionalmente nos mesmos vãos obtidos com o bloco de 10 cm, porém com combinações mais eficazes, conforme mostrado mais adiante.

Também não se indica trabalhar com a modulação de 1,25M x 4M do material concreto, pois esta família não possui bloco de amarração de 32,5 cm de comprimento coordenado, como é o caso da família de bloco cerâmico, sendo necessário intercambiar a peça de 12,5 x 12,5 cm da modulação de 1,25M x 2,5M e combiná-la a meia peça de 20 cm de comprimento, possibilitando realizar as amarrações “L”, “T” e “X”. Tendo em vista a importância destas amarrações e o fato de ser necessário intercambiar uma peça que não pertence a esta família se vê justificado o fato de não se indicar trabalhar com essa modulação/família do material concreto.

FAMÍLIAS DE BLOCOS CERÂMICOS					
MEDIDA NOMINAL	14 x 29 cm	14 x 39 cm	19 x 39 cm	11,5 x 39 cm	9 x 39 cm
MEDIDA DE COORDENAÇÃO	15 x 30 cm	15 x 40 cm	20 x 40 cm	12,5 x 40 cm	10 x 40 cm
MEDIDA MODULAR	1,5M x 3M	1,5M x 4M	2M x 4M	1,25M x 4M	1M x 4M
AMARRAÇÃO					
INTEIRO					
AMARRAÇÃO L					
1/2 BLOCO					
AJUSTE					
AJUSTE					
AJUSTE					
AJUSTE					

Quadro 15 – Famílias de blocos de cerâmicos (largura x comprimento)

Ao comparar o Quadro 14 com o Quadro 15 é possível diagnosticar algumas diferenças entre as famílias de blocos (tipologias) de ambos os materiais. Neste caso, deve-se levar em consideração que, quando dimensionalmente possível, pratica-se o intercambio entre tipologias de blocos. Segundo Taui e Nese (2010) a família 15 x 30 cm (dimensão coordenada) é formada por três tipologias. No caso do material cerâmico têm-se seis tipologias. Considera-se o intercambio de blocos entre as famílias 15 x 30 cm e 15 x 40 cm,

pois possuem largura igual, sendo possível intercambiar as peças de 20, 10 e 5 cm de comprimento no material concreto da família 15 x 40 cm para a família 15 x 30 cm, resultando nas mesmas peças disponíveis no material cerâmico (modulação 1,5M x 3M). Portanto os vãos resultantes serão iguais para ambos os materiais.

No caso da família de 15 x 40 cm verifica-se que no material cerâmico não há o bloco de amarração de 55 cm de comprimento. Este bloco possibilita a amarração direta em “T” e “X”, como pode ser visto na Figura 50, portanto no caso do cerâmico não é possível realizar a amarração direta nestes casos, apontando a necessidade em unir duas tipologias a de 35 cm e a de 20 cm, somando 55 cm de comprimento, permitindo realizar as amarrações “T” e “X” mesmo que de forma indireta (junta a prumo). Desta forma apontando para vãos iguais para ambos os materiais, lembrando que no caso do cerâmico a peça de 55 cm de comprimento é representada por duas, a de 35 cm mais a de 20 cm.

No caso das famílias de 20 x 40 cm (dimensão coordenada), de ambos os materiais, percebe-se que a tipologia que varia é a de 20 x 15 cm (bloco de ajuste) presente no material cerâmico. Esta tipologia pode ser substituída no material concreto através da união dos blocos de ajuste de 10 e 5 cm de comprimento, ou ainda, pode-se intercambiar a meia peça da família de 15 x 40 cm (dimensão coordenada). Desta forma apontando para vãos iguais também neste caso.

No que diz respeito à família de 12,5 x 30 cm (dimensão coordenada), segundo Tauil e Nese (2010), não há no material concreto a tipologia de 32,5 cm de comprimento, indispensável para realizar as amarrações em “L”, “T” e “X”, como mostra a Figura 70 e a Figura 71, neste caso sendo necessário intercambiar da família 12,5 x 25 cm (dimensão coordenada) a tipologia de 12,5 x 12,5 cm, que somada à meia peça de 20 cm resulta em 32,5 cm de comprimento. Como há esta tipologia disponível na família de 12,5 x 25 cm e buscando estudar todas as possibilidades considerou-se esta hipótese. Com isso fazendo com que os padrões dimensionais de ambos os materiais ficasse o mesmo, apontando para vãos iguais na alvenaria.

Estudos de vãos da família 12,5 x 25 diz respeito somente ao material concreto, uma vez que no cerâmico não há esta família de blocos.

Por fim no que diz respeito a família de 10 x 40 cm (dimensão coordenada), no material cerâmico verifica-se a tipologia de 15 cm de comprimento, inexistente no concreto. Esta tipologia no material concreto pode ser representada pela união das peças de ajuste de 10 e 5 cm de comprimento, ou ainda, pode-se intercambiar o bloco de ajuste da família 15 x 40 cm (dimensão coordenada) que apresenta estas dimensões.

Desta forma segue um estudo detalhado de cada uma das famílias, ilustradas por blocos de concreto, suas amarrações de parede buscando diagnosticar os possíveis vãos da alvenaria e com isso levantar os padrões que atendem todas as famílias de blocos, tanto do material concreto quanto do material cerâmico. Considerando no que diz respeito às famílias em comum destes materiais que os resultados dos vãos sejam os mesmos, dentro das especificações supracitadas.

O estudo completo dos possíveis vãos da alvenaria (largura) está disposto no Apêndice 3 desta pesquisa, servindo não só como fonte de informação para os itens a seguir mas também como um manual de vãos possíveis para projetos de alvenaria estrutural, cerâmico ou de concreto, constando também as possíveis substituições de blocos entre famílias. Disposto de forma a enxergar a possibilidade de vãos fazendo uso de certa combinação de blocos, o que remete a possibilidade de racionalizar tipologias de blocos para realização de vãos. Desta forma cabe salientar também que apesar da pesquisa tratar de vãos de portas o estudo realizado abrange todos os vãos possíveis na alvenaria, ou seja, servindo também para vãos de janelas ou qualquer outro a desejar.

- **Modulação 1,5M x 3M**

No caso da modulação 1,5M x 3M as amarrações de parede "I" e "L" são obtidas apenas com o uso do bloco inteiro, 15 x 30 cm, já as amarrações "T" e "X" são formadas não somente pelo bloco inteiro, mas também pelo bloco de amarração de 15 x 45 cm, no encontro entre as paredes. Assim como ilustra a Figura 34 e a Figura 35.

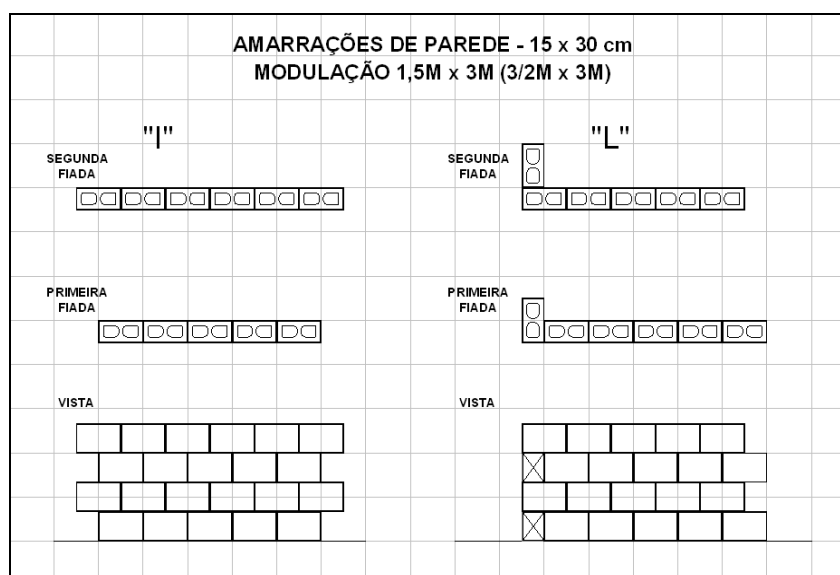


Figura 34 – Modulação 1,5M x 3M. Amarrações de parede "I" e "L"

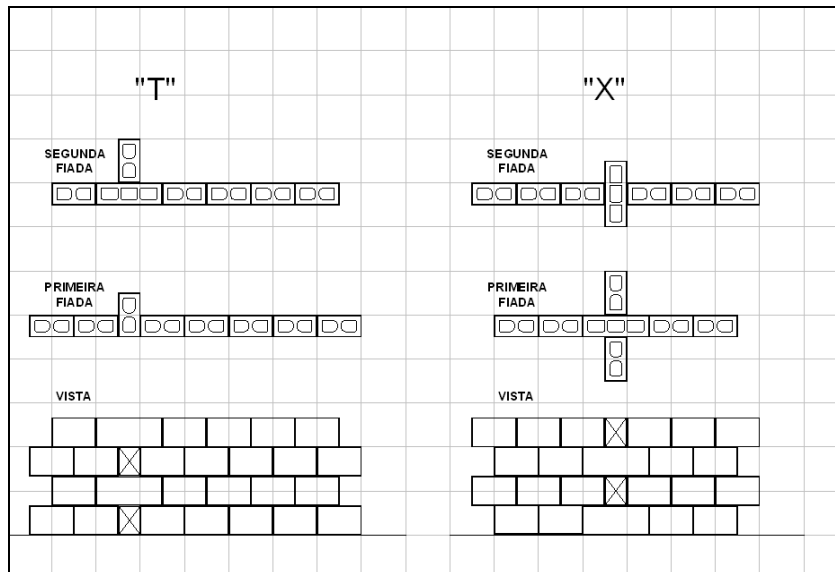


Figura 35 – Modulação 1,5M x 3M. Amarrações de parede “T” e “X”

O fato de serem necessárias apenas duas tipologias de blocos para a confecção das amarrações de parede é resultado de a largura e o comprimento do bloco inteiro (que rege a família de blocos) possuir medida múltipla, 15 x 30 cm, portanto justificando o fato de esta família possuir (necessitar) menos tipologias de blocos.

Para a criação de vãos, tanto de portas quanto de janelas, na maioria dos casos, são utilizados os blocos de ajuste e/ou as meias peças. No projeto de vãos de portas, seguindo a modulação 1,5M x 3M, o resultado de vãos é o mesmo para as amarrações “I”, “L”, “T” e “X” quando utilizado na espaleta (boneca) a meia peça de 15 x 15 cm, uma vez que a modulação se mantém com a mesma dimensão múltipla, como mostra a Figura 36.

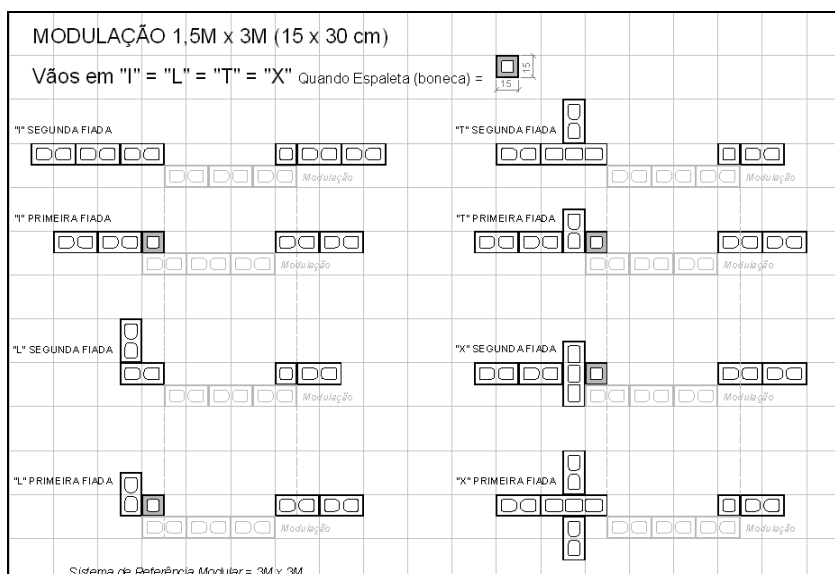


Figura 36 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 15 x 15 cm (destacada em cinza)

A combinação dos blocos, inteiro 15 x 30 cm (dimensão coordenada) e meia peça de 15 x 15 cm, resultam em vãos de portas múltiplos de 15 cm, conforme ilustra a Figura 37.

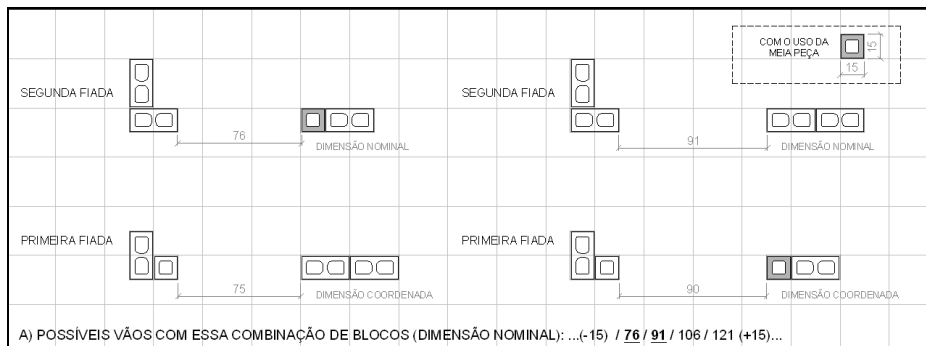


Figura 37 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 15 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

Pode-se considerar uma prática comum intercambiar tipologias de blocos quando dimensionalmente viável, aumentando a gama de possibilidade de vãos. Isso ocorre entre as famílias de blocos de dimensão coordenada 15 x 30 cm e 15 x 40 cm uma vez que possuem a mesma largura, 15 cm. O intercambio mais comum, neste caso, diz respeito aos blocos de ajuste de 15 x 5 cm e 15 x 10 cm (dimensão coordenada) pertencentes a família 15 x 40 cm, visto que a família 15 x 30 cm não possui estas tipologias.

Desta forma, se adicionado à configuração de blocos da Figura 37 o bloco de ajuste de dimensão coordenada de 15 x 10 cm (família 15 x 40), resultando em vãos múltiplos de 15 cm, como ilustra a Figura 38.

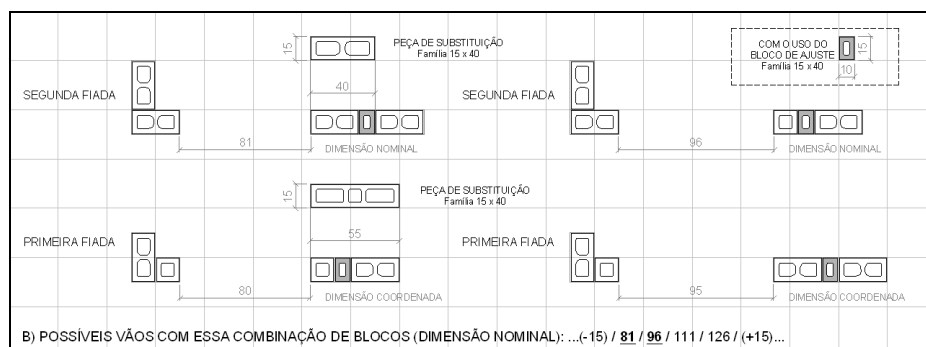


Figura 38 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

Seguindo a possibilidade de intercambio de tipologias, é possível substituir duas ou três peças por uma única, conforme representado na Figura 38. Como é o caso da união dos blocos de comprimento coordenado de 30 e 10 cm, resultando no comprimento de 40 cm, representado pelo bloco inteiro da família 15 x 40 cm. Acrescentando ainda aos 40 cm a

peça de 15 cm, tem-se 55 cm de comprimento, como ocorre na primeira fiada, representado por uma única peça de amarração da família de 15 x 40 cm (peculiar do material concreto), substituição vantajosa no caso de racionalizar a diversidade de componentes construtivos, podendo ainda representar vantagens em relação ao custo e desempenho estrutural⁷.

Outra possibilidade, é a utilização do bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm pertencente a família 15 x 40 cm, como ilustra a Figura 39. Também pode ser observado a possibilidade de substituir duas peças por uma única, em dois casos distintos, o primeiro é resultado da união do bloco de comprimento coordenado de 15 cm com o bloco de ajuste de 5 cm somando 20 cm de comprimento representado pela meia peça da família 15 x 40 cm, tem-se ainda o caso da união do bloco de 30 cm e o bloco de ajuste de 5 cm, somando 35 cm de comprimento, representado pela peça de amarração (“L”) da família 15 x 40 cm.

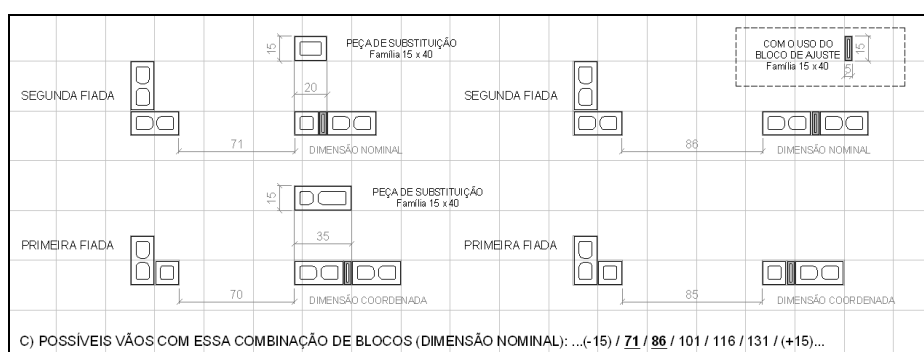


Figura 39 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

Esgotadas as possibilidades de vãos da configuração formada pela peça de 15 x 15 cm na espaleta (boneca), tem-se ainda a possibilidade de criar vãos substituindo esta peça (canto) pela de ajuste de dimensão coordenada 15 x 10 cm ou ainda pela peça de 15 x 5 cm, ambas pertencentes a família 15 x 40 cm.

A Figura 40 ilustra o uso da peça de 15 x 10 cm na espaleta. Percebe-se que este caso está destacado como não indicado, pois é possível conseguir os mesmos vãos através do uso de duas peças de 5 cm de comprimento de forma mais eficaz, conforme ilustra a Figura 41.

⁷ Uma vez que se elimina uma interface frágil que é a ligação em argamassa, ocupando o mesmo espaço com uma única peça.

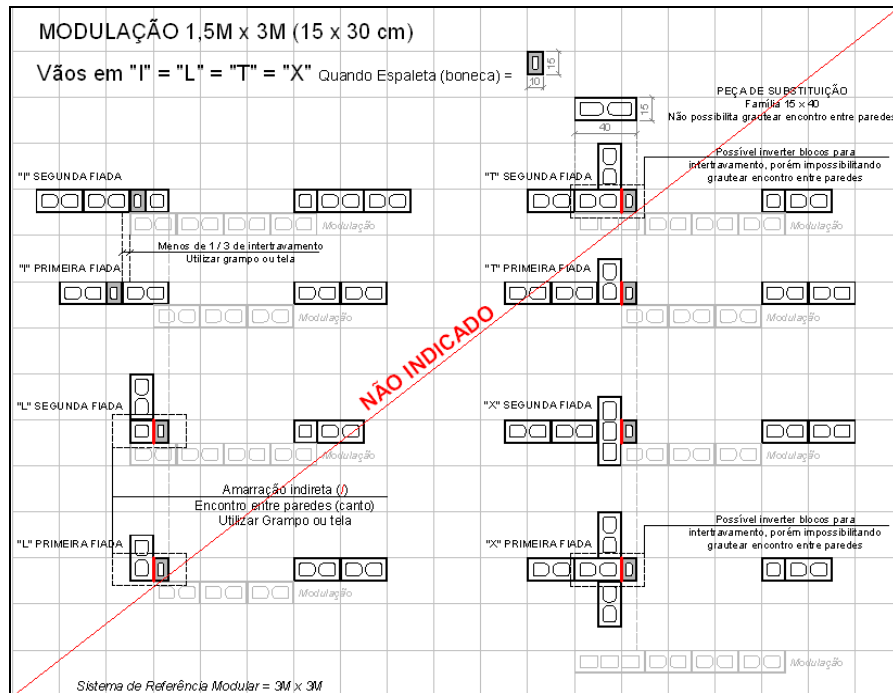


Figura 40 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) bloco de ajuste de 15 x 10 cm (destacada em cinza). NÃO INDICADO

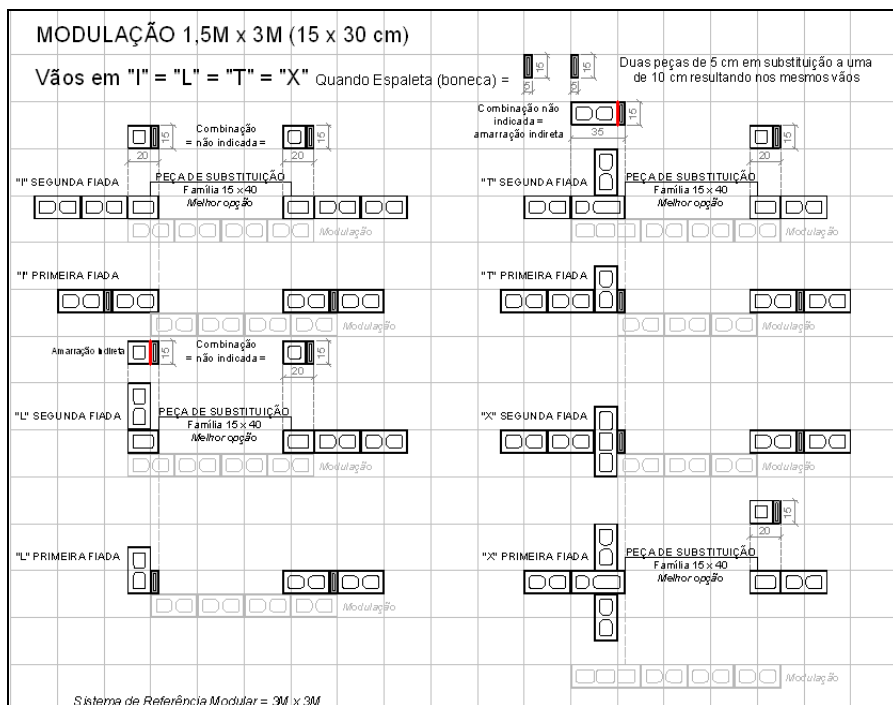


Figura 41 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizado na espaleta (boneca) dois blocos de ajuste de 15 x 5 cm (destacada em cinza)

A combinação das duas peças de 15 x 5 cm na espaleta (boneca), conforme Figura 41, resulta em vãos de portas (nas quatro amarrações) de medidas idênticas, pois a modulação se mantém. No caso das amarrações “I” e “L” utilizando na espaleta a peça de 20 cm de comprimento, meia peça da família 15 x 40, em substituição as peças de 5 e 15 cm de

comprimento (segunda fiada) evitando trabalhar com amarração indireta. Utilizando no caso das amarrações “T” e “X”, segunda e primeira fiada respectivamente, a peça de 35 cm de comprimento da família 15 x 40, substituindo as peças de 5 e 30 cm de comprimento, também evitando trabalhar com amarração indireta.

Neste caso quando utilizada a meia peça de 15 x 20 cm de comprimento (família 15 x 40), conforme Figura 42, tem-se a configuração dos seguintes vãos nominais 81, 96, 111, 126 cm, e etc. Múltiplos de 15 cm.

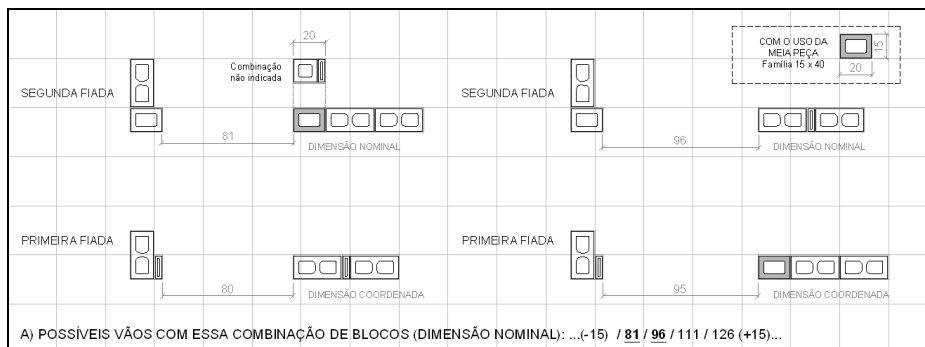


Figura 42 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

No caso do uso de bloco de 15 x 15 cm, obtem-se vãos nominais múltiplos de 15 cm, dentre eles 86, 101, 116, 131 cm, e etc. Assim como mostra a Figura 43.

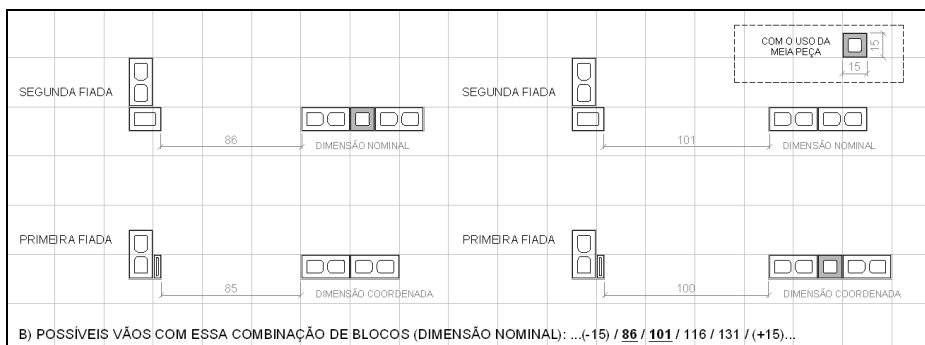


Figura 43 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2-B. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 15 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

A Figura 44 ilustra o caso em que se utiliza do bloco de ajuste de 15 x 5 cm, pertencente a família 15 x 40 cm, resultando em vão múltiplos de 15 cm, como 76, 91, 106, 121 e 136 cm. Neste caso pode ser observada a possibilidade de substituir duas peças ou três peças por uma única da família de 15 x 40 cm. Como é o caso dos blocos de 5 e 30 cm substituídos pela peça de 35 cm de comprimento, ou pela peça de 40 cm quando acrescentado mais um bloco de 5 cm de comprimento.

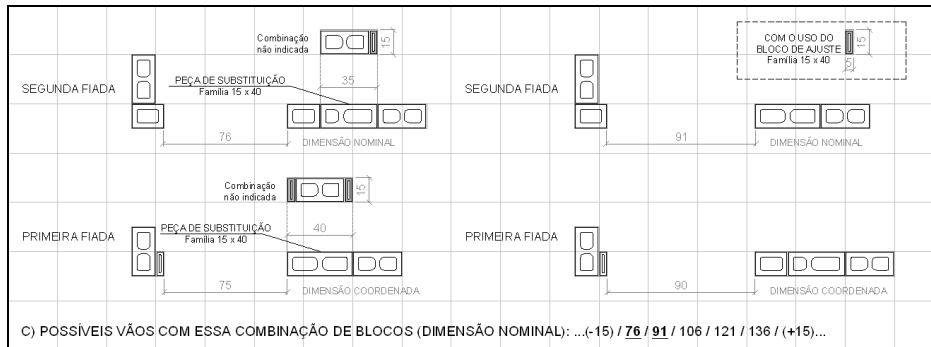


Figura 44 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 2-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

A outra possibilidade é utilizar a peça de 15 x 5 cm (ajuste) na espaleta (boneca), pertencente a família 15 x 40 cm, como ilustra a Figura 45. Combinação parecida com a anterior, porém que resulta em vãos diferentes, pois não se trabalha com a peça de 5 cm do outro lado do vão.

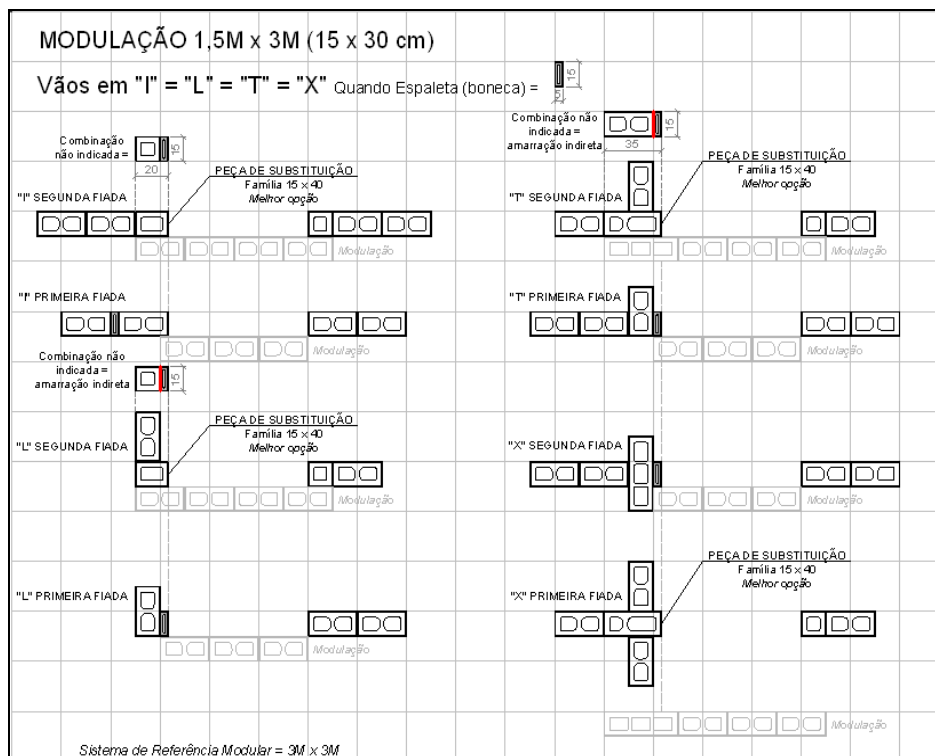


Figura 45 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada a espaleta (boneca) bloco de ajuste de 15 x 5 cm (destacada em cinza)

A configuração compreendida como a básica para este caso está representada na Figura 46, onde se utilizou o bloco de 15 x 15 cm (meia peça) para a configuração dos vãos. Resultando em vãos múltiplos de 15 cm, como 71, 86, 101, 116 e 131 cm (dimensão nominal).

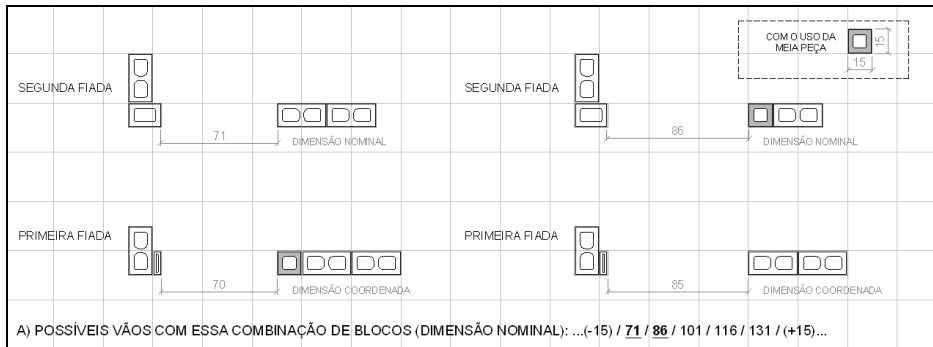


Figura 46 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 3-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 15 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

Quando acrescentada a configuração básica (anterior) o bloco de 15 x 10 cm (bloco de ajuste da família 15 x 40 cm) se obtêm os seguintes vãos nominais 76, 91, 106, 121 cm, e etc., múltiplos de 15 cm. Como ilustra a Figura 47.

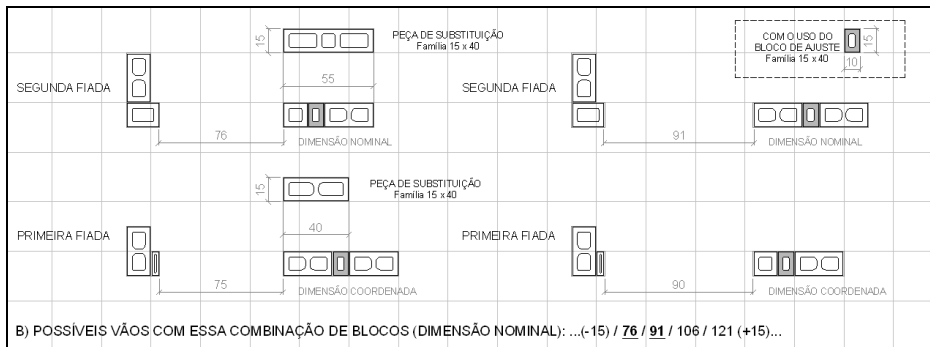


Figura 47 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 3-B. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

Outra opção é o uso do bloco de ajuste 15 x 5 cm (família 15 x 40 cm) que aplicado a configuração básica (Figura 46) proporciona vãos múltiplos de 15 cm, entre eles 81, 96, 111 e 126 cm (dimensão nominal).

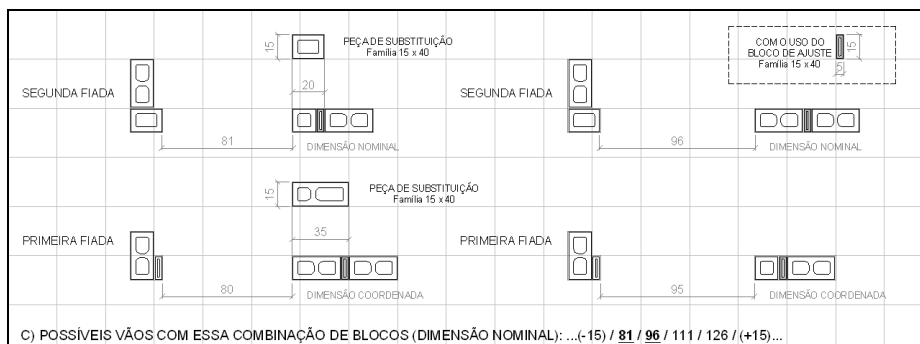


Figura 48 – Modulação 1,5M x 3M. CASO 3-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 3M x 3M

O Quadro 16 resume os possíveis vãos nominais da modulação 1,5M x 3M. Apontando para a possibilidade de vãos múltiplos de 5 cm, possuindo na dimensão nominal final 1 ou final 6, portanto na dimensão coordenada final 0 ou 5. Através do quadro verifica-se também outra questão à que se deve atentar. Independente do bloco utilizado na espaleta, o que diferencia os Casos 1, 2 e 3, as dimensões dos vãos acabam sendo as mesmas, mesmo que não coincidam no item (A, B ou C), os valores apresentam a mesma variação, portanto conclui-se que através de um único caso (espaleta) é possível diagnosticar os vãos possíveis.

Vãos Nominais								
Modulação 1,5M x 3M (15 x 30 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-15)	76	91	106	121	(+15)
		B)	(-15)	81	96	111	126	(+15)
		C)	(-15)	86	101	116	131	(+15)
Caso 2 Espaleta (boneca)		A)	(-15)	81	96	111	126	(+15)
		B)	(-15)	86	101	116	131	(+15)
		C)	(-15)	91	106	121	126	(+15)
Caso 3 Espaleta (boneca)		A)	(-15)	71	86	101	116	(+15)
		B)	(-15)	76	91	106	121	(+15)
		C)	(-15)	81	96	111	126	(+15)
Vãos múltiplos de 5 cm				Final 1 ou 6				

Quadro 16 – Modulação 1,5M x 3M. Vãos nominais possíveis
*Blocos pertencentes à família 15 x 40 cm

- **Modulação 1,5M x 4M**

A família de blocos pertencente à modulação 1,5M x 4M é a que possui mais tipologias, no total, seis peças no material concreto e cinco peças no cerâmico, como mostra o Quadro 14. O fato de o bloco inteiro (que rege a modulação) não possuir medidas múltiplas, tendo 15 x 40 cm de medida coordenada (largura e comprimento), reflete a necessidade por peças de amarração de parede, uma vez que diferente da modulação 1,5M x 3M, não é possível utilizar o bloco inteiro como bloco de amarração.

Como ilustra a Figura 49, a amarração “I” é formada somente pelo bloco inteiro, representando a parede em linha; e a amarração “L” é formada pelo bloco de 35 cm de comprimento como resultado da soma de meio bloco, 20 cm, mais a largura do mesmo, 15 cm, possibilitando o termino da parede em um sentido e o início da mesma em outro.

Como ilustra a Figura 50, amarração “T” é formada na primeira fiada pelo bloco de 35 cm de comprimento, sendo 15 cm necessários para dar início a modulação na vertical e 20 cm para continuação da parede na horizontal (modulação), na segunda fiada, pelo bloco de amarração de 55 cm de comprimento coordenado, como resultado da soma do bloco inteiro mais sua largura (40 cm mais 15 cm), possibilitando a retomada da modulação (4M), lembrando que não há esta tipologia no material cerâmico, substituída por duas peças, o bloco de 35 cm mais o de 20 cm de comprimento (amarração indireta). A amarração em “X” é formada pelo bloco de 55 cm de comprimento para a retomada da modulação nos dois sentidos.

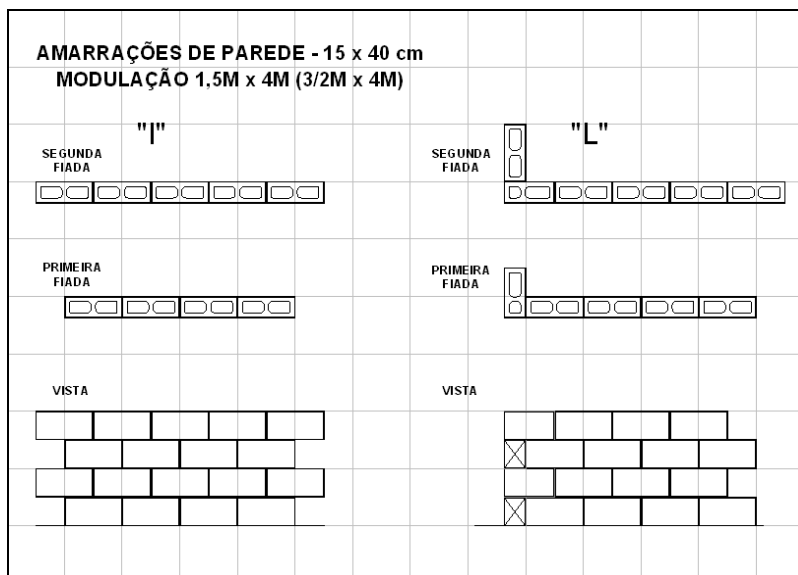


Figura 49 – Modulação 1,5M x 4M. Amarrações de parede “I” e “L”

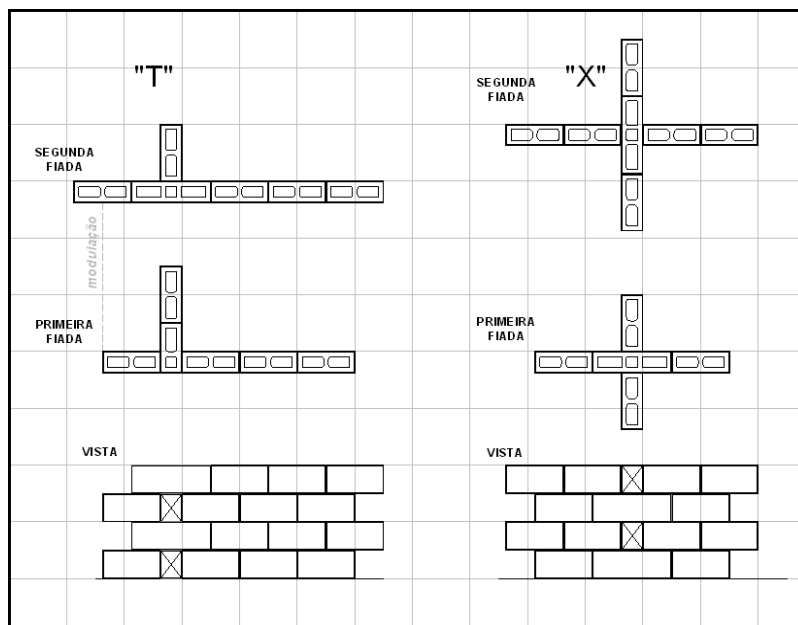


Figura 50 – Modulação 1,5M x 4M. Amarrações de parede “T” e “X”

Quanto utilizada na espaleta (boneca) a meia peça de 15 x 20 cm, conforme destacado em cinza na Figura 51, as quatro amarrações se mantêm com a mesma modulação, portanto resultando em vãos iguais.

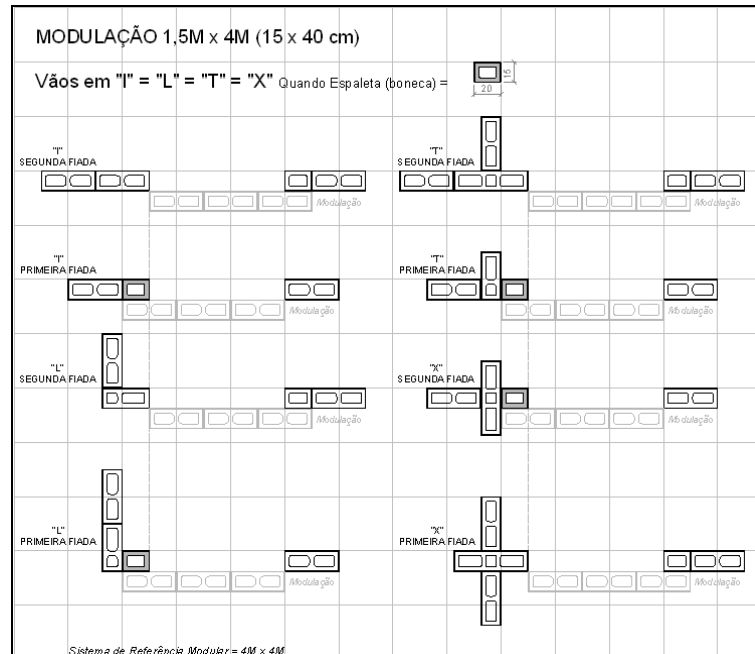


Figura 51 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 15 x 20 cm (destacada em cinza)

O mesmo ocorre quando utilizada na espaleta (boneca) o bloco de ajuste de dimensão coordenada de 15 x 10 cm, Figura 52.

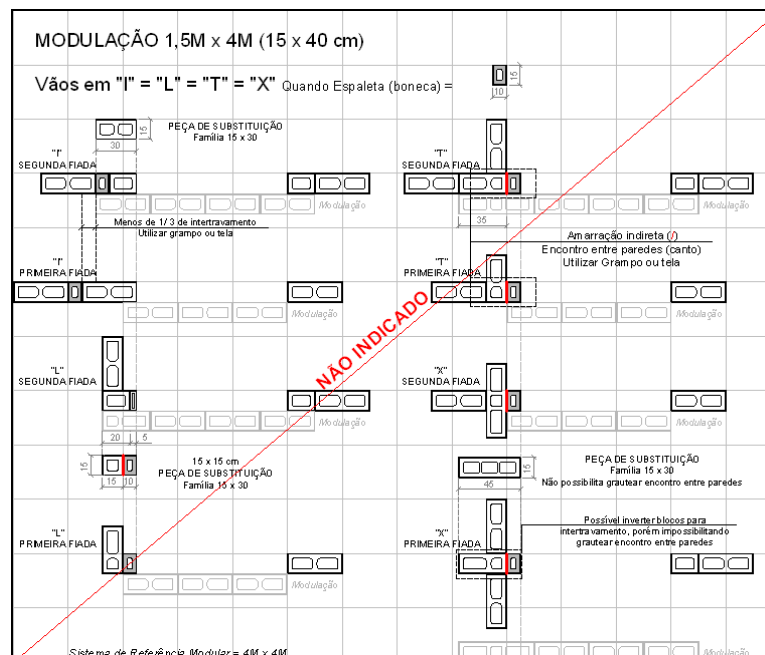


Figura 52 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 15 x 10 cm (destacada em cinza)

Porém essa combinação não é indicada uma vez que é possível obter os mesmos vãos quando combinados dois blocos de 5 cm, um de cada lado do vão, resultando em combinações de blocos mais eficazes, evitando trabalhar com amarrações indiretas, conforme ilustra a Figura 53.

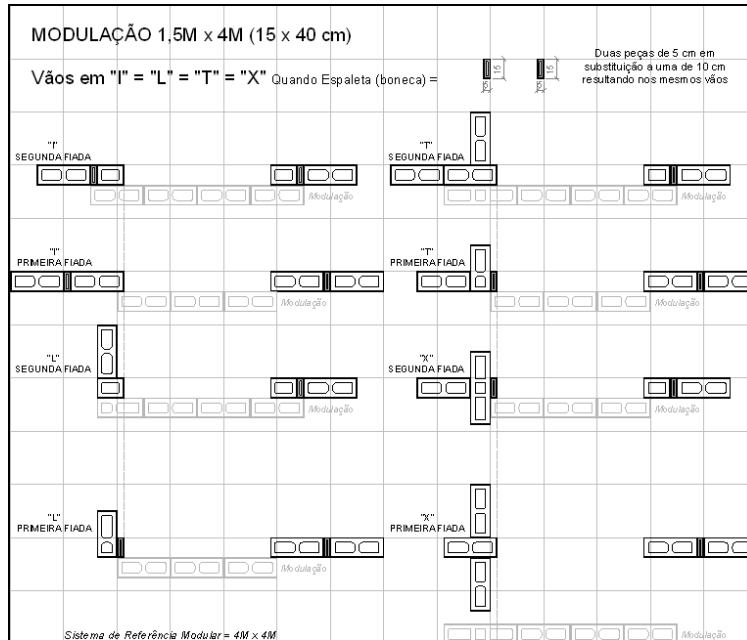


Figura 53 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizado na espaleta (boneca) dois blocos de ajuste de 15 x 5 cm (destacada em cinza)

Pode-se ainda utilizar na espaleta (boneca) o bloco de 15 x 5 cm (dimensão coordenada), conforme ilustra a Figura 54, também resultando em vãos iguais nas quatro amarrações.

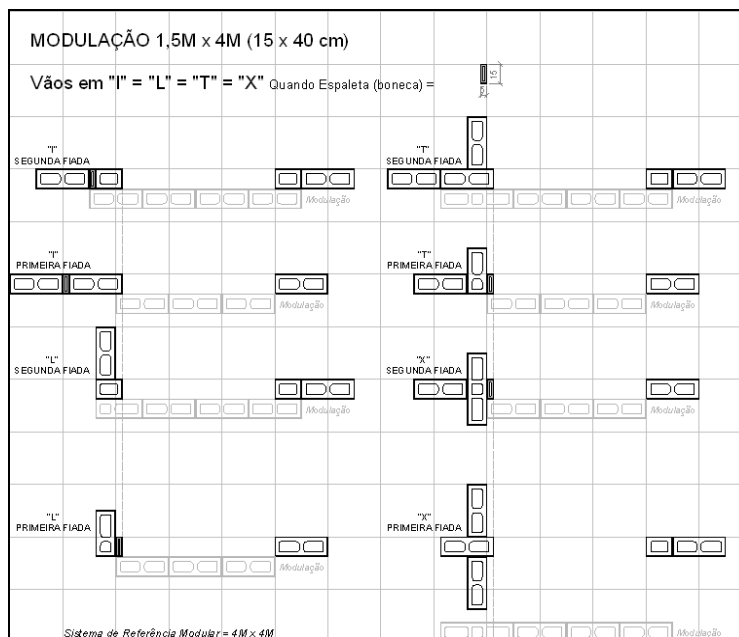


Figura 54 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 15 x 5 cm (destacada em cinza)

Com o intuito de ilustrar todas as possibilidades, levando em consideração o intercâmbio de tipologias entre famílias de blocos, considerou-se a possibilidade do uso na espaleta (boneca) das peças de 15 cm (meia peça), de 30 cm e de 45 cm de comprimento coordenado, pertencentes à família de 15 x 30. Conforme ilustra a Figura 55, tratando-se de uma combinação simples, formada apenas por amarrações diretas.

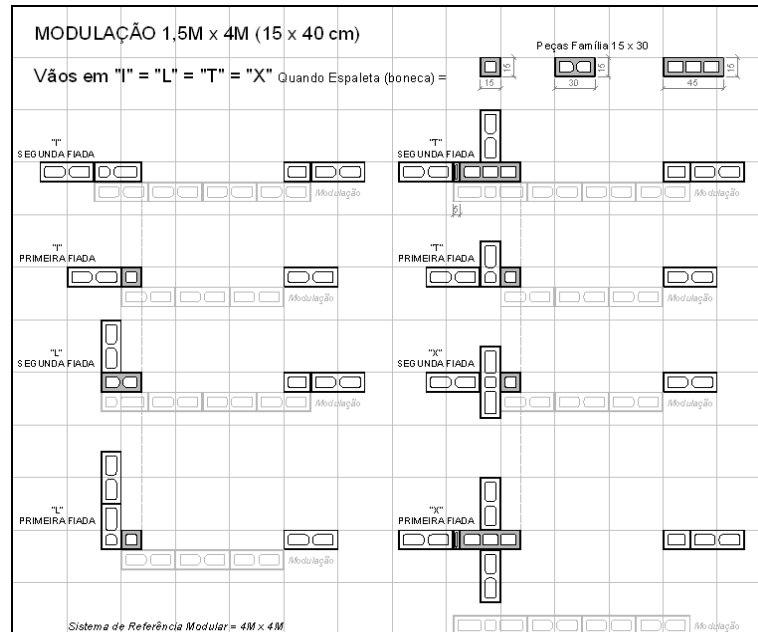


Figura 55 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 4. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peças de 15 x 15 cm, 15 x 30 cm e 15 x 45 cm (destacadas em cinza)

Como visto através do Quadro 16 (modulação 1,5M x 3M), os vãos resultam em valores iguais independente do bloco utilizado na espaleta, desta forma, no corpo da pesquisa, detalhou-se somente o caso da espaleta de 20 cm, um dos casos possíveis (estudo completo disposto no apêndice 3).

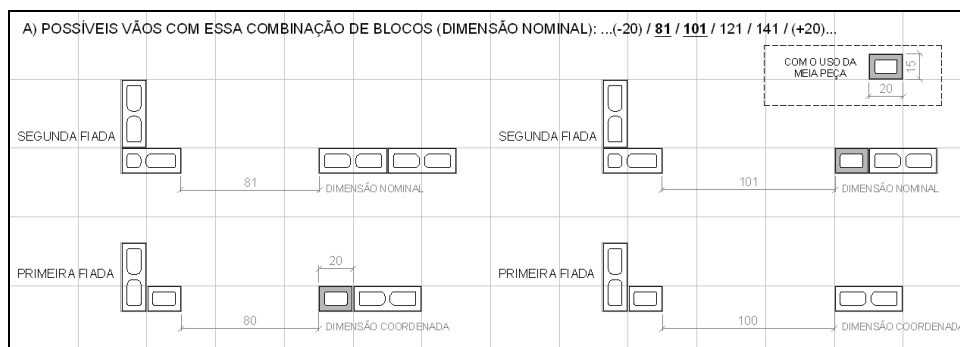


Figura 56 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

A configuração tida como a básica para o caso da espaleta de 20 cm está ilustrada na Figura 56 (também pela Figura 51, porém sem dimensão de vãos), utilizando-se deste

mesmo bloco, meia peça, conforme destacado em cinza na figura, resultando em vãos múltiplos de 20 cm (2M) de final 1 (nominal).

A próxima possibilidade seria combinar o bloco de 15 x 15 cm, porém esta família não possui essa tipologia de bloco, possuindo por outro lado um bloco que representa a união da meia peça (20 cm) com o bloco de 15 cm, o bloco de 35 cm de comprimento, e outro que representa a união da peça inteira (40 cm) com o bloco de 15 cm, o bloco de 55 cm de comprimento (no caso do cerâmico considerar o bloco de 35 cm mais a meia peça de 20 cm de comprimento), ou seja, preenchendo o espaço necessário uma vez que é preciso combinar a meia peça e a peça inteira com a de 15 x 15 cm para que feche a modulação. Conforme ilustra a Figura 57, gerando vãos múltiplos de 20 cm de final 6 (nominal).

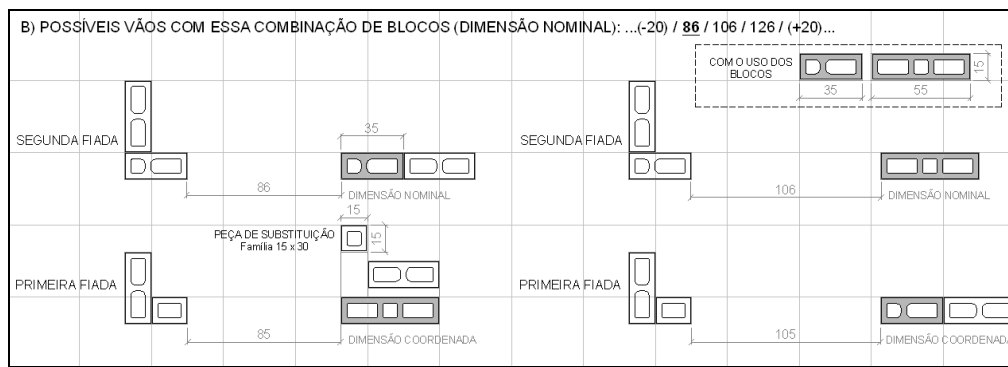


Figura 57 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizado os blocos de dimensão coordenada 15 x 35 cm e 15 x 55 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

A Figura 58 ilustra o caso em que se utiliza o bloco de 15 x 10 cm, gerando vãos múltiplos de 20 cm de final 1 (nominal). Pode-se perceber também a possibilidade de substituir as peças de 10 e 20 cm de comprimento pelo bloco inteiro da família de 15 x 30 cm.

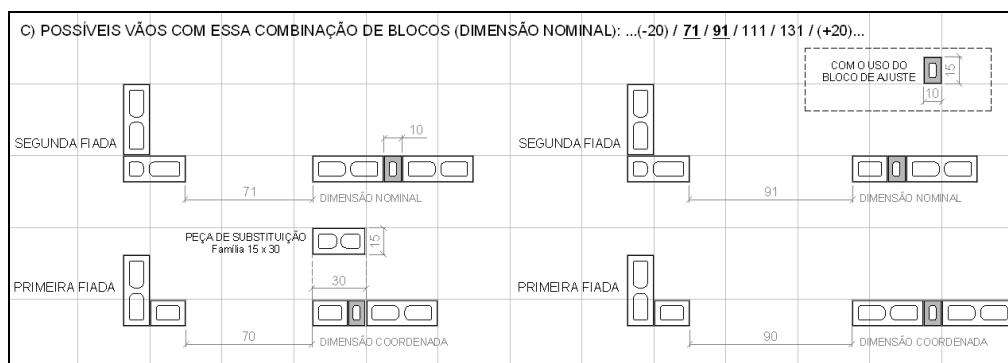


Figura 58 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

A quarta possibilidade é utilizar o bloco de 15 x 5 cm. Conforme ilustra a Figura 59. Obtendo vãos nominais de final 6, múltiplos de 20 cm. Percebe-se também a possibilidade de substituir as peças de 40 e 5 cm de comprimento pelo bloco de amarração de 45 cm de comprimento da família de 15 x 30 cm.

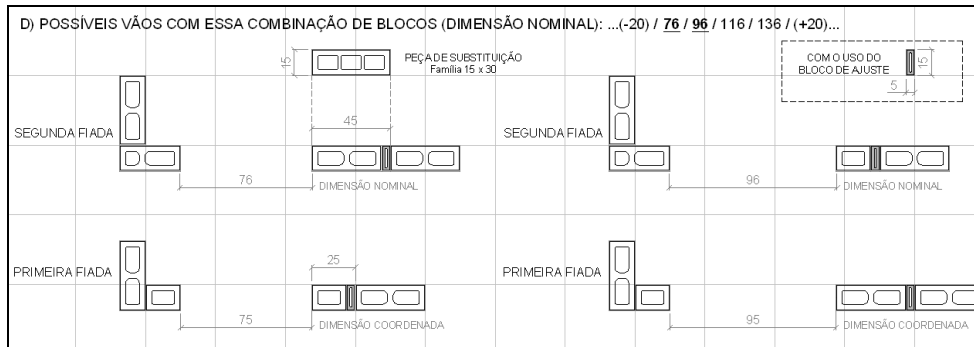


Figura 59 – Modulação 1,5M x 4M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 15 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

Tendo sido estudadas as combinações, é possível compor o Quadro 17, com a largura dos vãos (medida nominal) da modulação 1,5M x 4M. Apontando para a possibilidade de vãos múltiplos de 5 cm, sempre possuindo final 1 ou final 6 de dimensão nominal, portanto possuindo dimensão coordenada de final 0 ou 5.

Vãos Nominais								
Modulação 1,5M x 4M (15 x 40 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		B)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
		C)	(-20)	91	111	131	151	(+20)
		D)	(-20)	96	116	136	156	(+20)
Vãos múltiplos de 5 cm				Final 1 ou 6				

Quadro 17 – Modulação 1,5M x 4M. Vãos nominais possíveis.

- **Modulação 2M x 4M**

A modulação 2M x 4M, família 20 x 40 cm (dimensão coordenada), é formada por quatro tipologias de blocos no material concreto e cinco tipologias no cerâmico, como mostra o Quadro 14 e o Quadro 15, o bloco inteiro de 20 x 40 cm, a meia peça de 20 x 20 cm, o bloco de ajuste de 20 x 10 cm e outro bloco de ajuste de 20 x 5 cm, no caso do cerâmico constando também o bloco de ajuste de 20 x 15 cm. Percebe-se que não há blocos de amarração para esta tipologia, sendo necessário compor os blocos disponíveis de forma a atingir as dimensões necessárias para as amarrações de parede.

A amarração “I” é formada somente pelo bloco inteiro, assim como a amarração “L”, em função da largura e do comprimento do bloco serem medidas múltiplas, 20 e 40 cm. Conforme Figura 60.

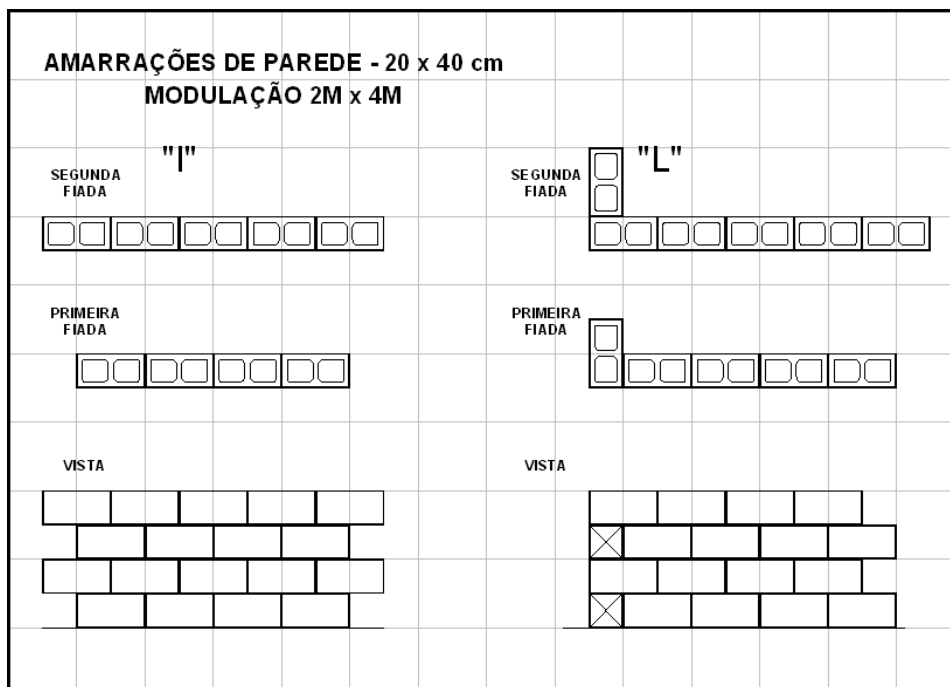


Figura 60 – Modulação 2M x 4M. Amarrações de parede “I” e “L”

O bloco de amarração para o encontro de parede em “T” e “X” é resultado da soma do comprimento do bloco inteiro mais sua largura, assim como acontece na modulação 1,5M x 3M, representada pelo bloco de 45 cm de comprimento, e na modulação 1,5M x 4M pelo bloco 55 cm. No caso da modulação 2M x 4M, seria necessário um bloco de 60 cm de comprimento, 40 cm do comprimento mais 20 cm da largura, portanto uma peça de tamanho e peso considerável inviabilizando sua fabricação.

Desta forma, apontando para três possibilidades, a primeira opção é trabalhar com o bloco inteiro centralizado e duas peças de ajuste de 10 cm de comprimento, uma de cada lado, não sendo uma boa opção, pois os buracos dos blocos não coincidem impossibilitando o grauteamento no encontro das paredes. A segunda opção é formada pela união de três meias peças, não sendo a melhor opção, pois resulta em três juntas a prumo. A terceira e melhor opção diagnosticada trata da combinação do bloco inteiro (20 x 40 cm) com a meia peça (20 x 20 cm), conforme ilustra a Figura 61, sendo necessário adotar o uso de grampos (possibilita grauteamento) ou telas (impossibilita grauteamento) nos pontos de amarração indireta. Destacando como opção a possibilidade de inverter os blocos nas fiadas subsequentes para um melhor desempenho estrutural.

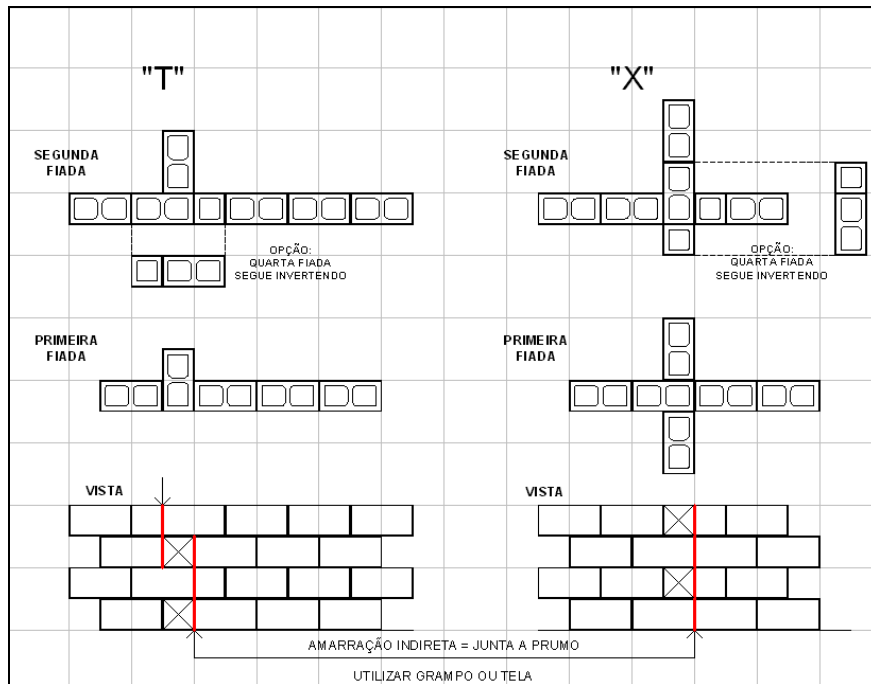


Figura 61 – Modulação 2M x 4M. Amarrações de parede “T” e “X”

O primeiro caso estudado abrange o uso do bloco de 20 x 20 cm (meia peça) na espaleta (boneca), como ilustra a Figura 62, resultando em vãos iguais para todas as amarrações uma vez que a modulação permanece a mesma.

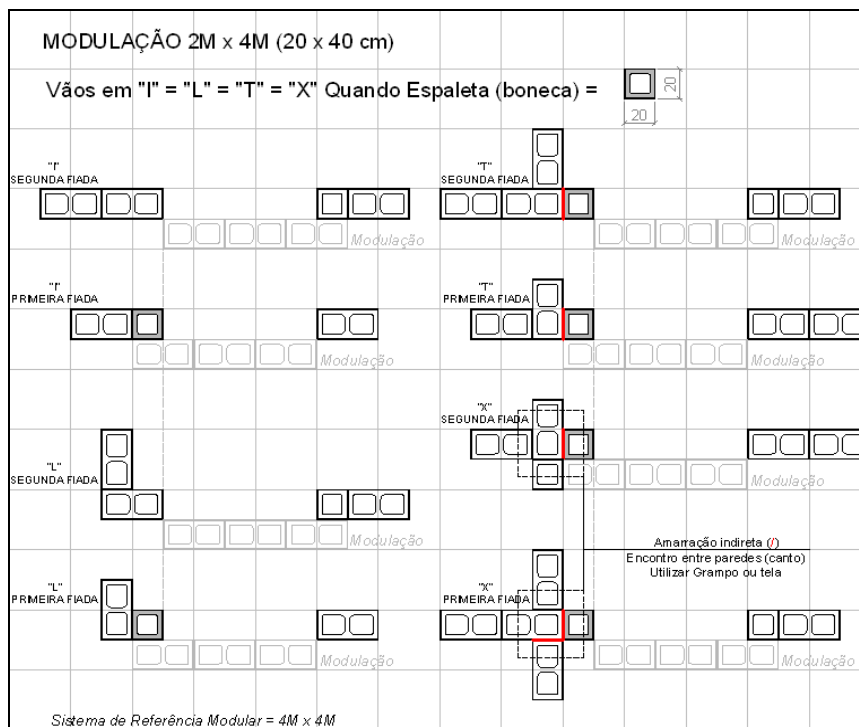


Figura 62 – Modulação 2M x 4M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 20 x 20 cm (destacada em cinza)

O segundo caso estudado trata do uso do bloco de ajuste de 20 x 15 cm na espaleta (boneca), meia peça da família 15 x 30 cm, conforme ilustra a Figura 63.

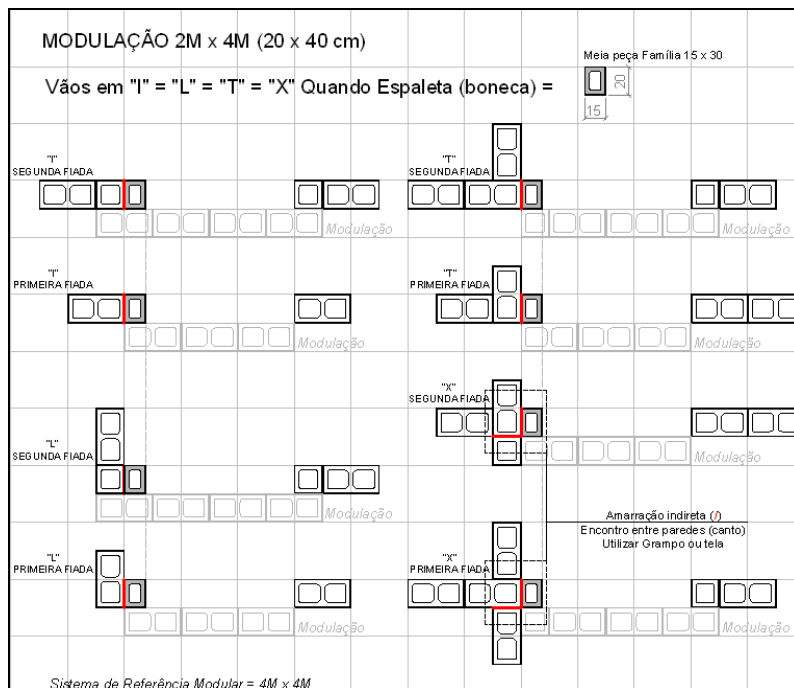


Figura 63 – Modulação 2M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 20 x 15 cm (destacada em cinza)

O terceiro caso abrange o uso do bloco de ajuste de 20 x 10 cm na espaleta (boneca), conforme a Figura 64.

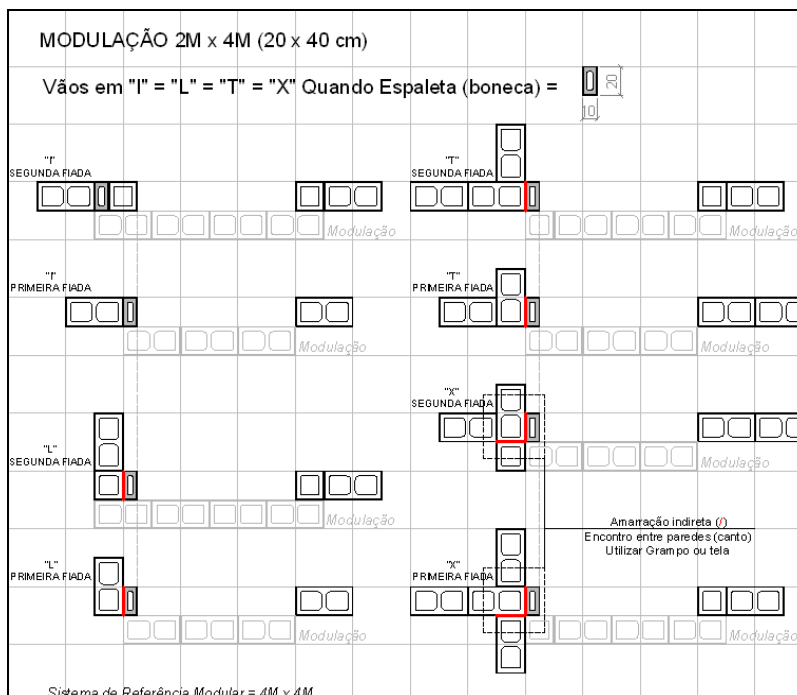


Figura 64 – Modulação 2M x 4M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 20 x 10 cm (destacada em cinza)

O quarto caso é baseado no uso do bloco de ajuste de 5 cm de comprimento na espaleta (boneca), como mostra a Figura 65.

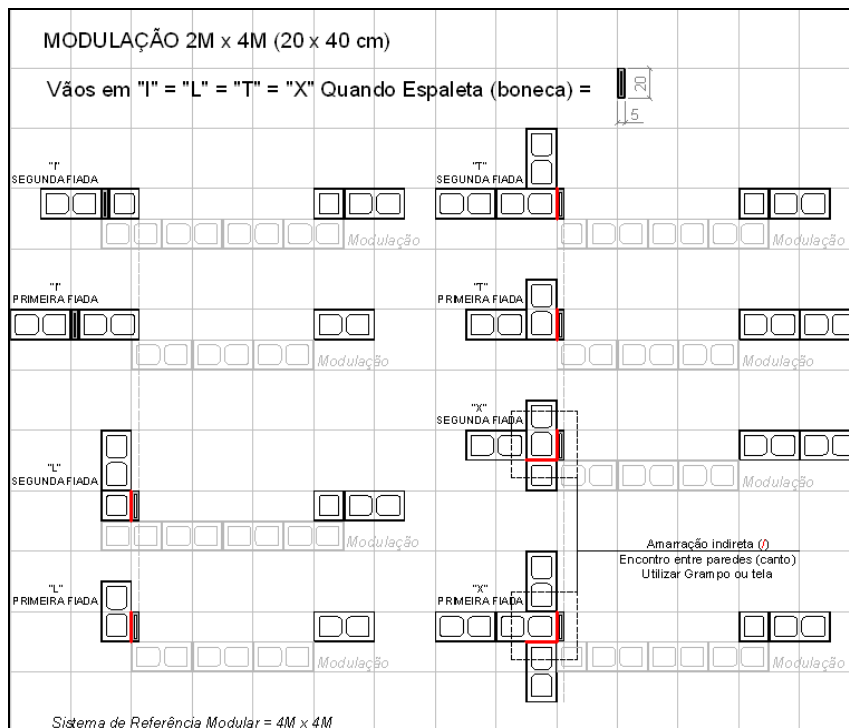


Figura 65 – Modulação 2M x 4M. CASO 4. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 20 x 5 cm (destacada em cinza)

Conforme diagnosticado, os vãos resultam em valores iguais independente do bloco utilizado na espaleta, desta forma detalhou-se somente o caso da espaleta de 20 cm, um dos casos possíveis (estudo completo disposto no apêndice 3 da pesquisa).

A combinação compreendida como a básica para este caso está ilustrada na Figura 66 (também na Figura 62), onde se utiliza o bloco de 20 x 20 cm, resultando em vãos múltiplos de 20 cm de final 1 (nominal).

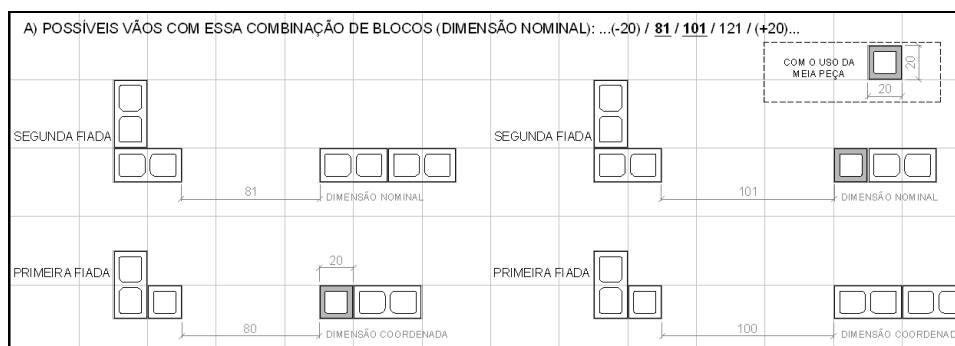


Figura 66 – Modulação 2M x 4M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 20 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

Outra possibilidade é utilizar os blocos de 5 e 10 cm de comprimento (no material cerâmico peça de 20 x 15 cm), conforme a Figura 67, resultando em vãos múltiplos de 20 cm de final 6 (nominal).

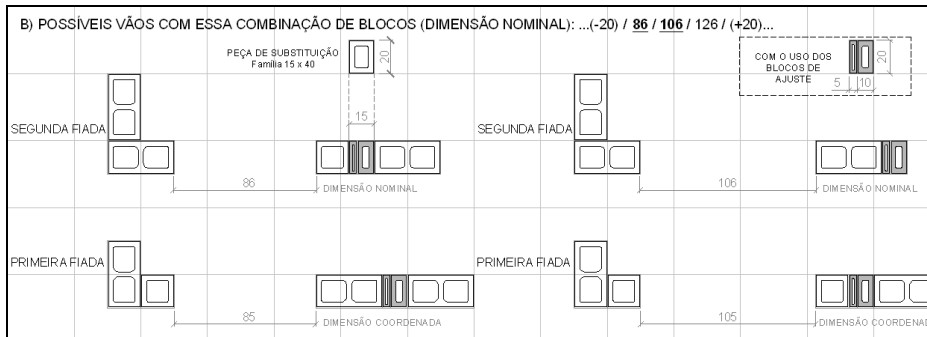


Figura 67 – Modulação 2M x 4M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizado os blocos de dimensão coordenada de 20 x 5 e 20 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

Já a Figura 68 ilustra o caso do uso do bloco de ajuste de 20 x 10 cm, resultando em vãos nominais de final 1, também múltiplos de 20 cm.

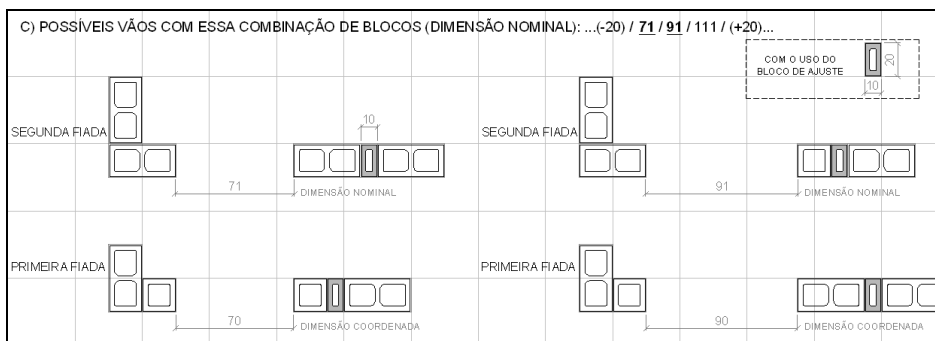


Figura 68 – Modulação 2M x 4M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 20 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

Sendo a última possibilidade utilizar o bloco de 5 cm de comprimento, conforme a Figura 69, resultando em vãos múltiplos de 20 cm, de final 6 nominal.

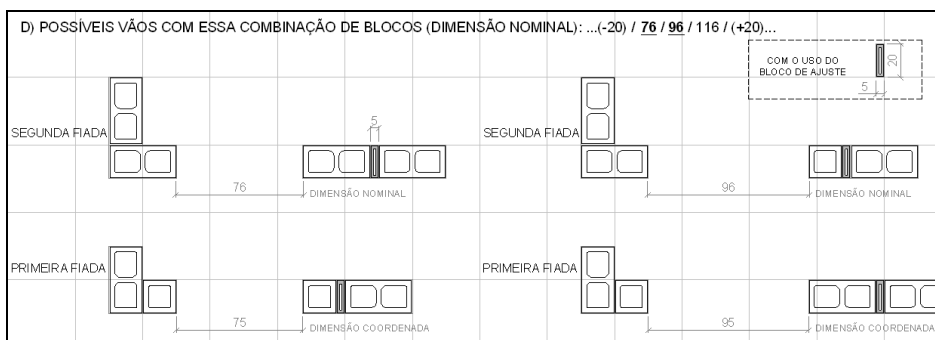
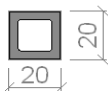


Figura 69 – Modulação 2M x 4M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 20 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

Terminada as combinações possíveis da modulação 2M x 4M é possível preencher o Quadro 18 com os vãos nominais obtidos. Percebe-se que os vãos obtidos para esta família de blocos são exatamente iguais aos obtidos nos estudos das famílias 15 x 30 e 15 x 40 cm, no caso da família 15 x 40 cm não só na dimensão, mas na combinação de blocos que reflete o vão (dúvidas ver Apêndice 3), ou seja, independente da largura do bloco, 15 ou 20 cm (dimensão coordenada), as dimensões dos vãos são idênticas.

Vãos Nominais Modulação 2M x 4M (20 x 40 cm)								
Espaleta (boneca)		A)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		B)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
		C)	(-20)	91	111	131	151	(+20)
		D)	(-20)	96	116	136	156	(+20)
Vãos múltiplos de 5 cm				Final 1 ou 6				

Quadro 18 – Modulação 2M x 4M. Vãos nominais possíveis

- **Modulação 1,25M x 4M**

Segundo Tauil e Nese (2010) a família de blocos de concreto de 12,5 x 40 cm (dimensão coordenada) é formada por quatro tipologias, já a mesma família de blocos cerâmicos é formada por seis tipologias de blocos. Sendo as peças em comum o bloco inteiro de 12,5 x 40 cm, a meia peça de 12,5 x 20 cm e os blocos de ajuste de 10 e 5 cm de comprimento. Já a família de bloco cerâmico possui a mais a tipologia de 32,5 cm de comprimento e a de 15 cm de comprimento. A tipologia de 15 cm de comprimento pode ser substituída pela união dos blocos de 5 e 10 cm de comprimento no material concreto, porém não há blocos nesta família que supra a falta da tipologia de 32,5 cm de comprimento.

O bloco de 32,5 cm de comprimento é fundamental para a configuração das amarrações “L”, “T” e “X”, pensando nisso, no caso do concreto, foi necessário emprestar da família de blocos de 12,5 x 25 cm a tipologia de 12,5 X 12,5 cm (meia peça), que unida ao bloco de 20 cm de comprimento, meia peça da família 12,5 x 40 cm, representa a peça de 32,5 cm. Apesar desta possibilidade, por se tratar de um bloco de extrema importância, impossível de ser configurado através da união de blocos da mesma família, não se indica trabalhar com esta modulação (família) no material concreto. Conforme ilustra a Figura 70 e a Figura 71.

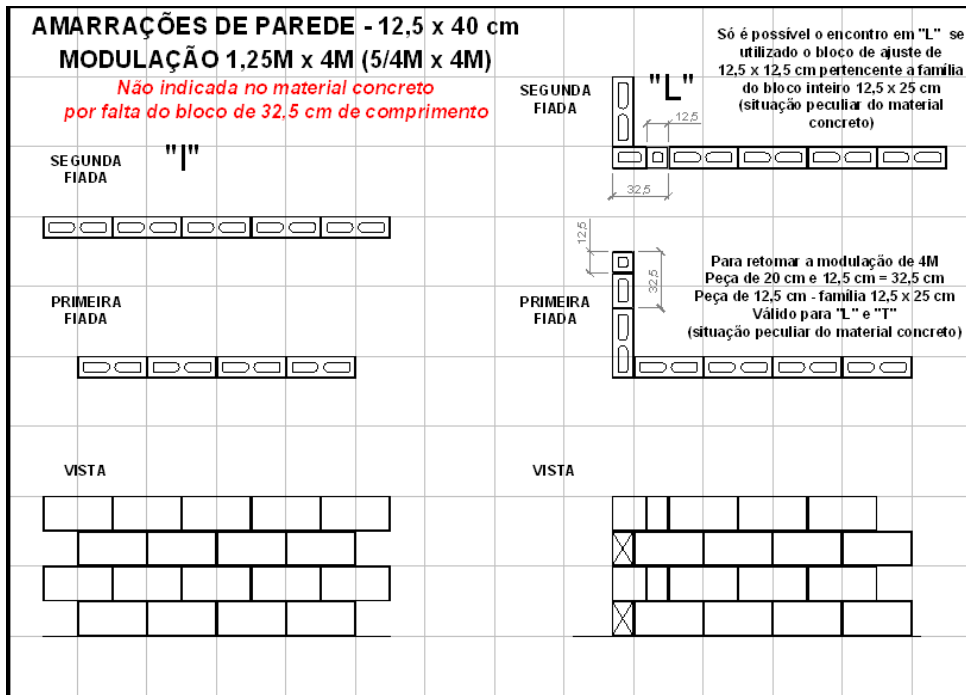


Figura 70 – Modulação 1,25M x 4M. Amarrações de parede “I” e “L”

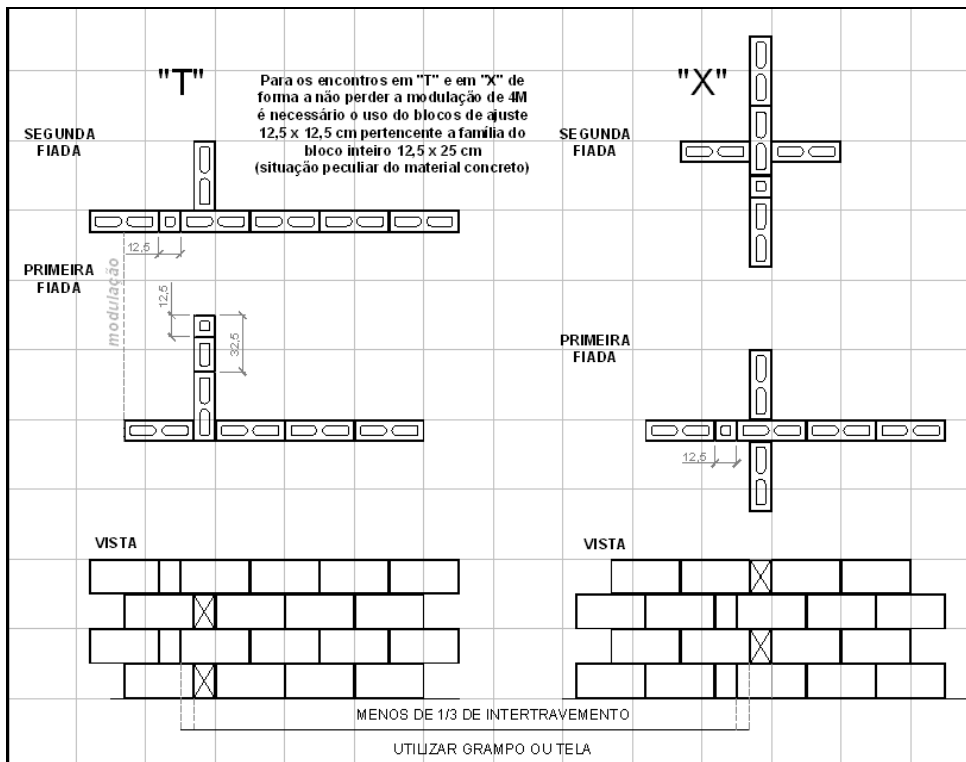


Figura 71 – Modulação 1,25M x 4M. Amarrações de parede “T” e “X”

A primeira alternativa para a espaleta (boneca) seria utilizar o bloco de 12,5 x 12,5 cm, intercambiado da família 12,5 x 25 cm, conforme Figura 72, porém essa combinação não é indicada, pois resulta, em todos os casos, em vãos de dimensões fora de padrão, com final 3,5 ou 8,5 (dimensão nominal), conforme Figura 73, Figura 74, Figura 75 e Figura 76.

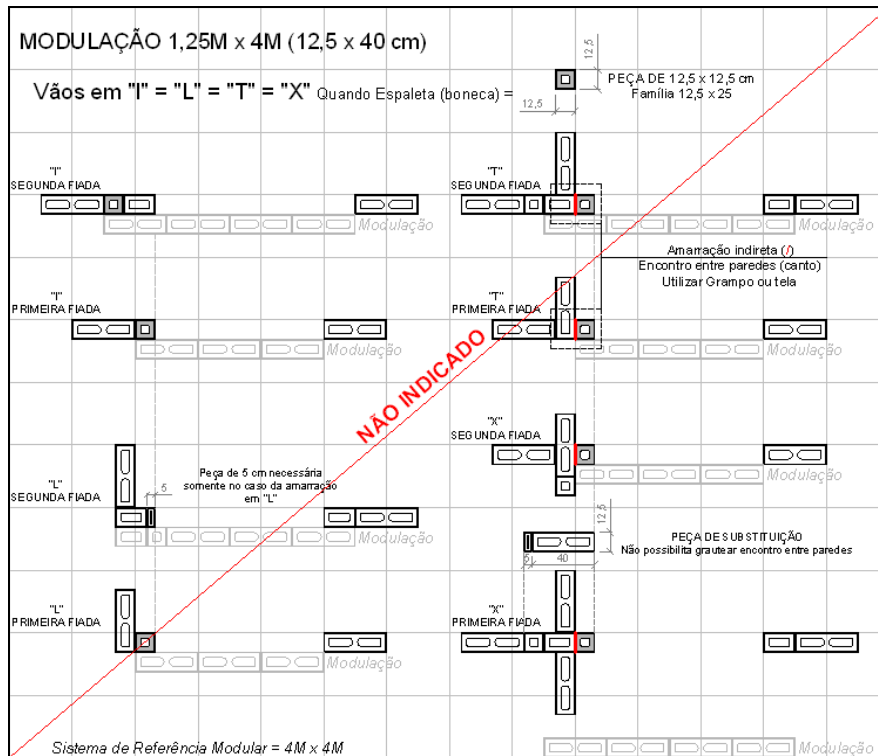


Figura 72 – Modulação 1,25M x 4M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 12,5 x 12,5 cm (destacada em cinza)

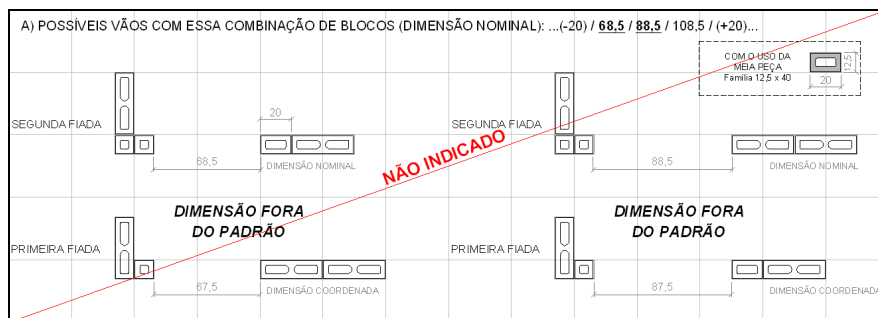


Figura 73 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

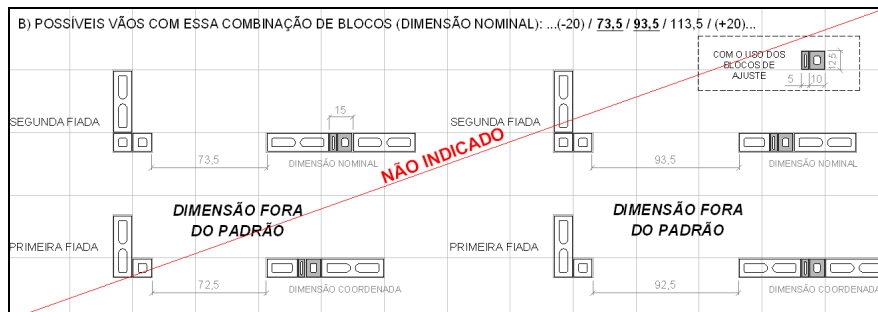


Figura 74 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizados os blocos de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm e 12,5 x 10 cm (ou 12,5 x 15 cm). Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

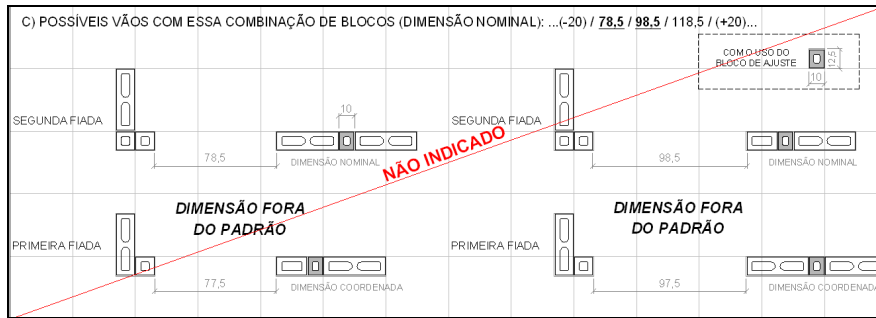


Figura 75 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

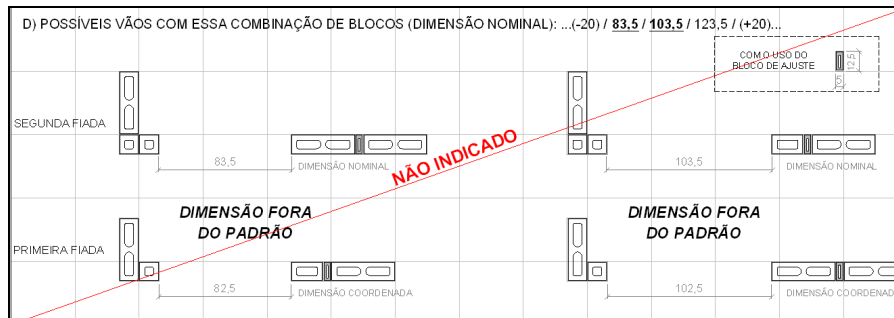


Figura 76 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

Para a obtenção de vãos padrões indica-se a utilização dos blocos de 5 ou 10 cm de comprimento na espaleta (boneca), conforme a Figura 77 e a Figura 78.

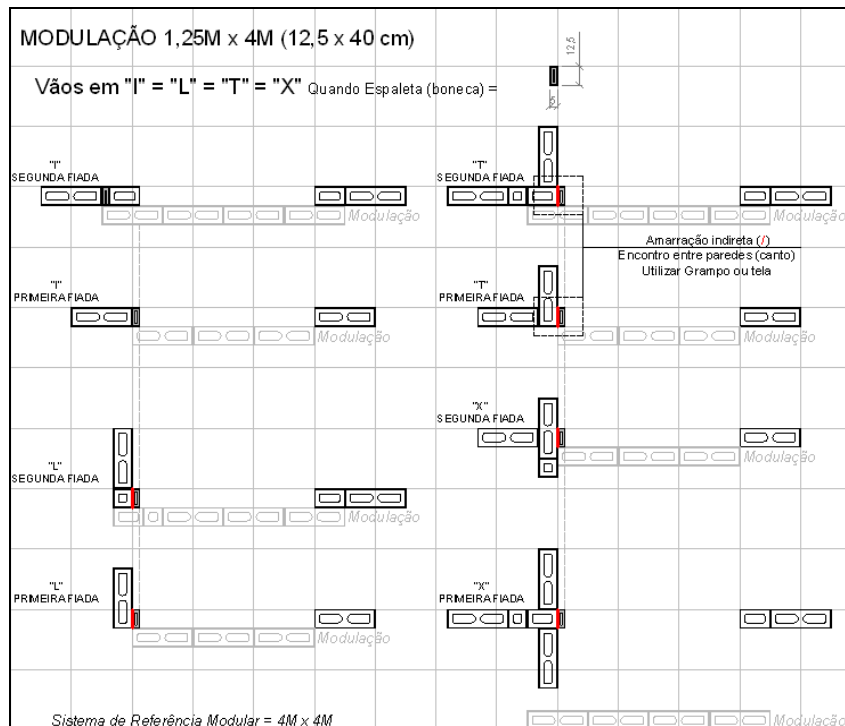


Figura 77 – Modulação 1,25M x 4M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 12,5 x 5 cm (destacada em cinza)

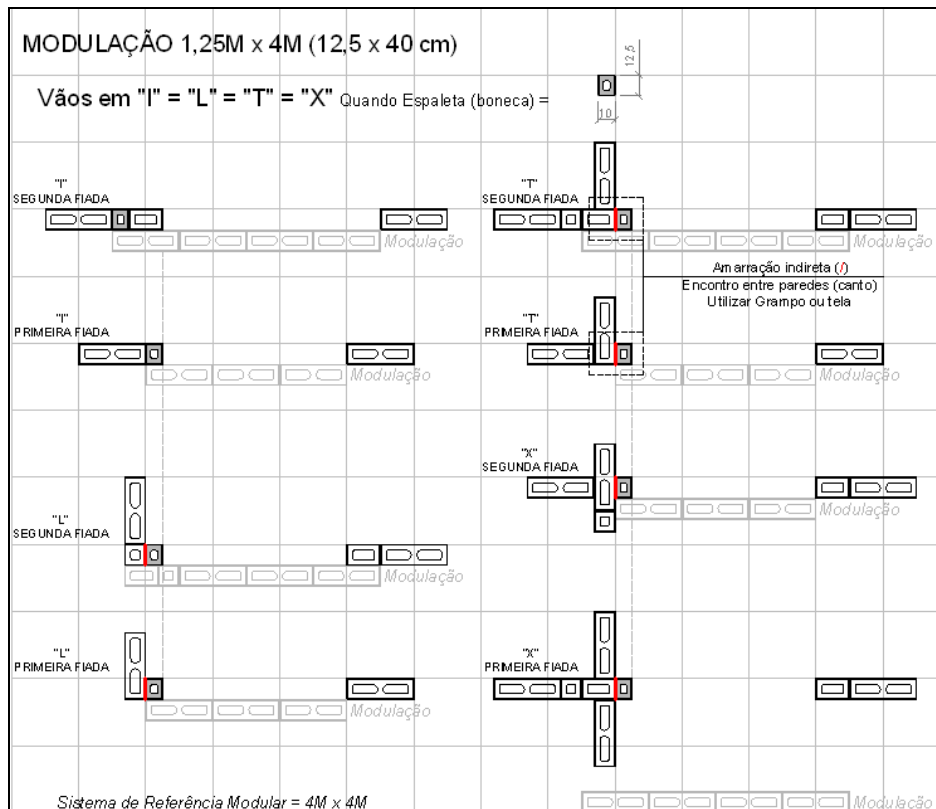


Figura 78 – Modulação 1,25M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) peça de 12,5 x 10 cm (destacada em cinza)

Representando os vãos possíveis para esta modulação, uma vez diagnosticados iguais (múltiplos de 5 cm, Apêndice 3) têm-se a Figura 79, com vãos nominais de final 1, resultante do uso do bloco de 20 cm de comprimento (meia peça), a Figura 80, com vãos nominais de final 6, resultante do uso dos blocos de ajuste de 5 e 10 cm de comprimento, a Figura 81, com vãos nominais de final 1, resultante do uso do bloco de ajuste de 10 cm de comprimento, e a Figura 82, com vãos nominais de final 6, resultante do uso do bloco de ajuste de 5 cm de comprimento.

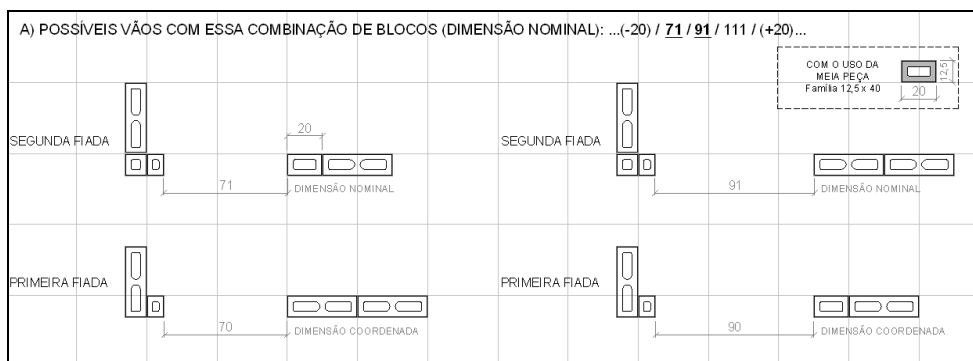


Figura 79 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 2-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

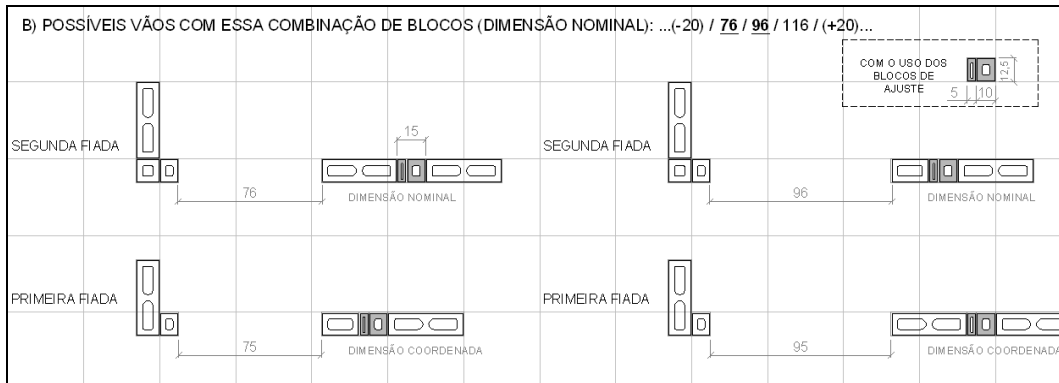


Figura 80 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 2-B. Possíveis vãos quando utilizados os bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm e 12,5 x 10 cm (ou 12,5 x 15 cm). Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

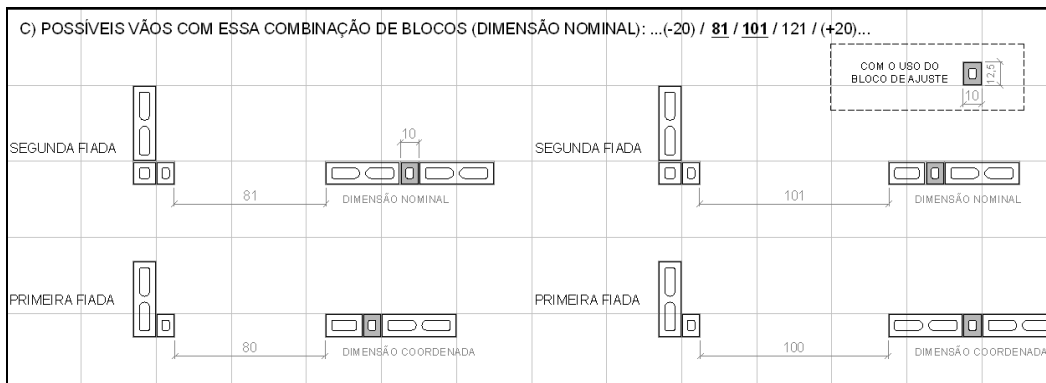


Figura 81 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 2-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

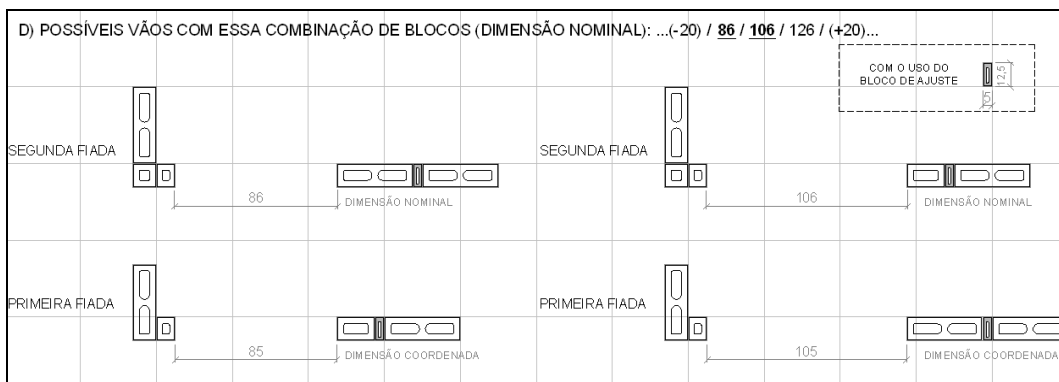
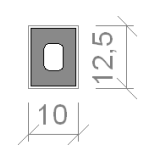


Figura 82 – Modulação 12,5M x 4M. CASO 2-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

Possibilitando preencher o Quadro 19. Apontando para valores múltiplos de 5 cm, iguais aos das modulações 1,5M x 3M, 1,5M x 4M e 2M x 4M. No que diz respeito à configuração dos blocos, se mostrando igual às modulações 1,5M x 4M e 2M x 4M, uma vez que o bloco inteiro tem comprimento igual (40 cm).

Vãos Nominais								
Modulação 1,25M x 4M (12,5 x 40 cm)								
Caso 2 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	71	91	111	131	(+20)
		B)	(-20)	76	96	116	136	(+20)
		C)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		D)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
Vãos múltiplos de 5 cm				Final 1 e 6				

Quadro 19 – Modulação 1,25M x 4M. Vãos nominais possíveis.

- **Modulação 1,25M x 2,5M**

A modulação 1,25M x 2,5M é peculiar do material concreto. A família de blocos é representada por duas tipologias, o bloco inteiro de 25 cm de comprimento e a meia peça de 12,5 cm de comprimento, conforme o Quadro 14. Tecnicamente fácil de trabalhar, visto que a largura e o comprimento do bloco são medidas múltiplas 12,5 e 25 cm (dimensão coordenada), conforme Figura 83, ilustrando as amarrações “I” e “L”, e Figura 84 as amarrações “T” e “X”.

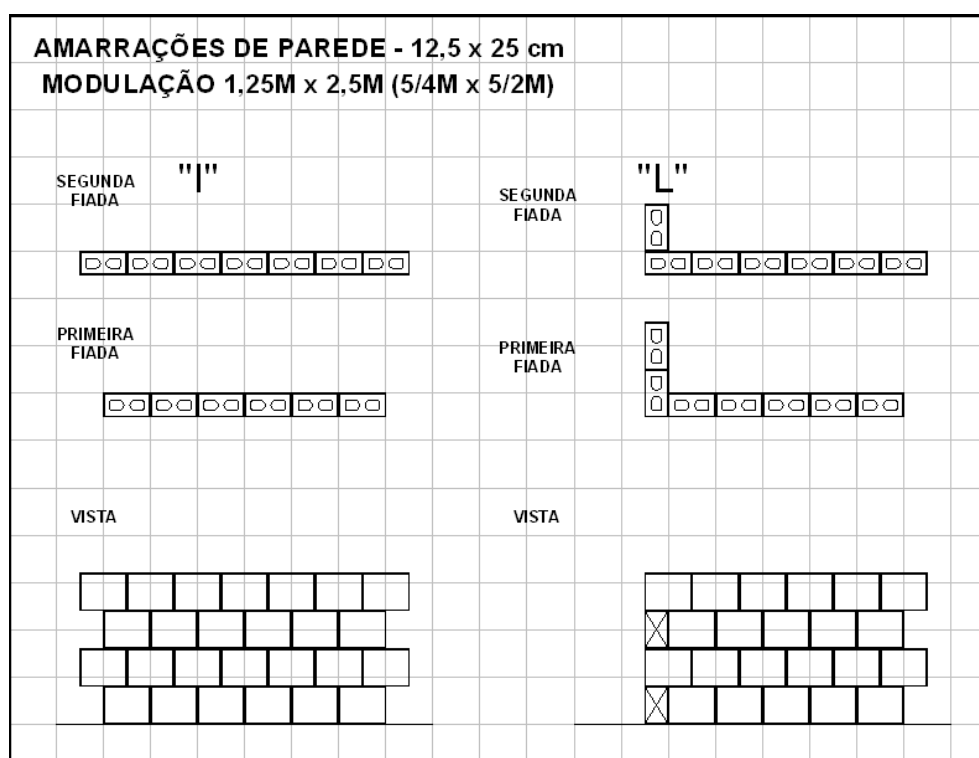


Figura 83 – Modulação 1,25M x 2,5M. Amarrações de parede “I” e “L”

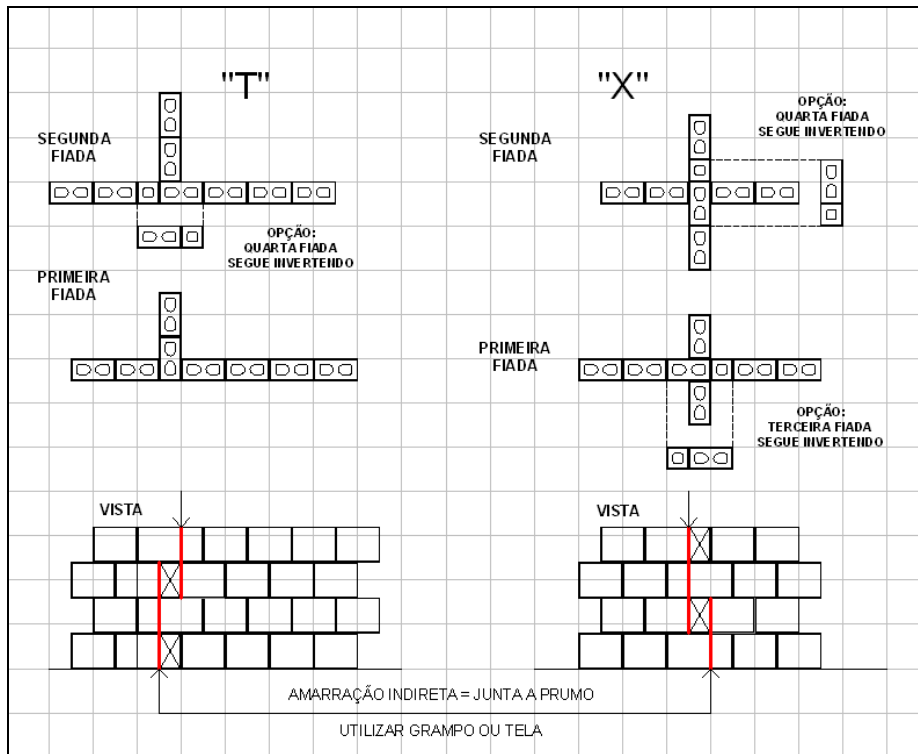


Figura 84 – Modulação 1,25M x 2,5M. Amarrações de parede “T” e “X”

Quando utilizada na espaleta a meia peça de 12,5 cm de comprimento coordenado, de acordo com a Figura 85, obtém-se vãos nominais que variam entre final 1 e 6 (dimensão padrão), e final 3,5 e 8,5 (dimensão fora da padrão), em função dos vãos serem múltiplos de 12,5 cm.

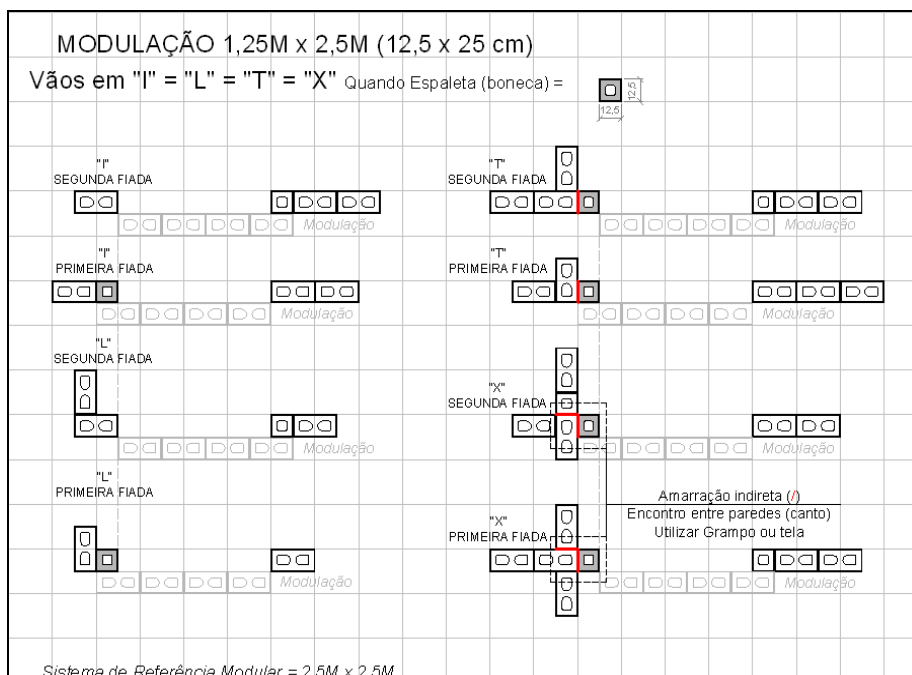


Figura 85 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 12,5 x 12,5 cm (destacada em cinza)

A Figura 86 representa o caso básico onde se utiliza o bloco de 12,5 x 12,5 cm. Já a Figura 87, o caso em que se utiliza a peça de 12,5 x 20 cm pertencente à família 12,5 x 40 cm (intercambiando blocos no sentido de explorar ao máximo os vãos, conforme feito anteriormente). Havendo ainda outras duas possibilidades no caso de intercambio de blocos. A Figura 88 representa o uso das peças de 5 e 10 cm de comprimento da família 12,5 x 40 cm, representando uma peça de 15 cm de comprimento.

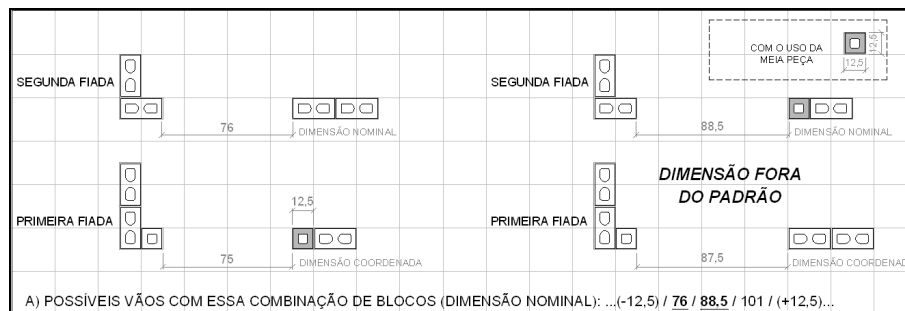


Figura 86 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 12,5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M

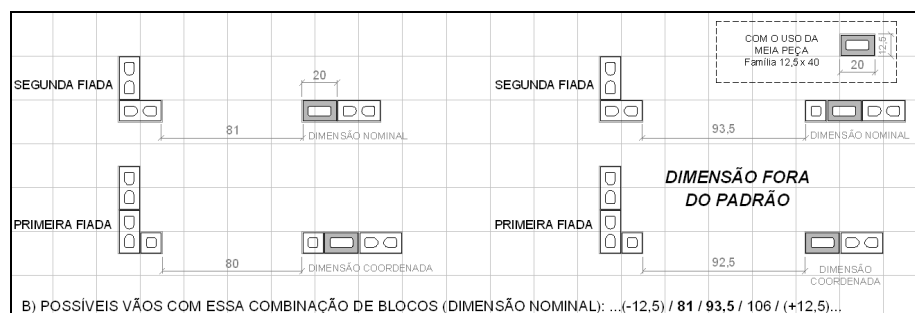


Figura 87 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M

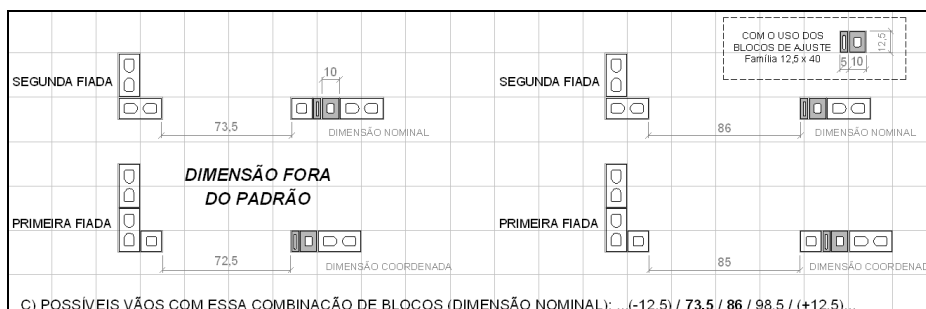


Figura 88 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizados os blocos de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm e 12,5 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M

Podendo ainda serem trabalhadas as peças de 5 e 10 cm de comprimento (família 12,5 x 40) individualmente, conforme ilustra a Figura 89 e a Figura 90. Em todos os casos vãos múltiplos de 12,5 cm.

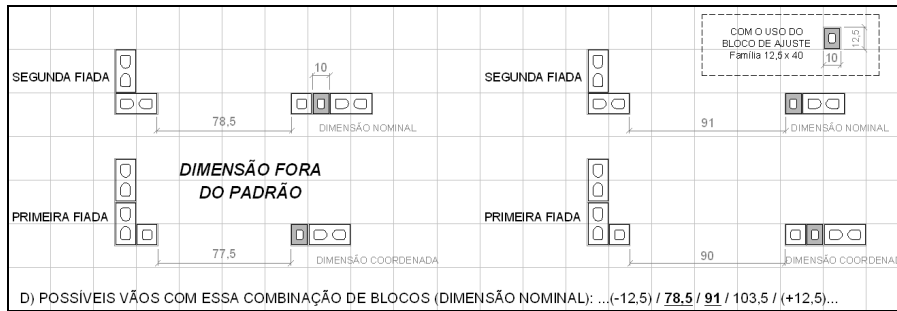


Figura 89 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M

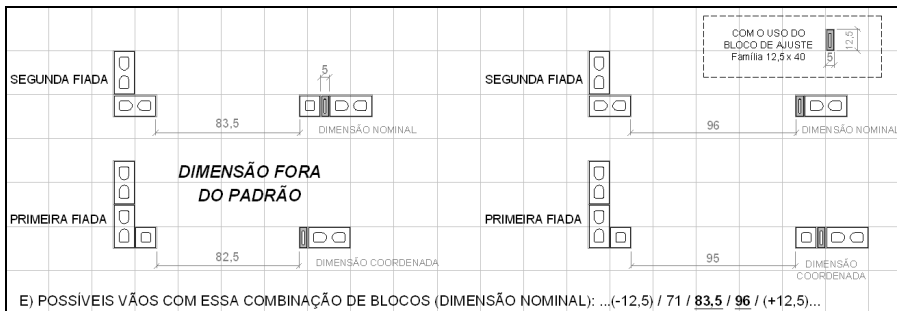


Figura 90 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 1-E. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 12,5 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 2,5M x 2,5M

Em função do intercambio de blocos é possível trabalhar na espaleta com os blocos de 12,5 x 10 cm, Figura 91, e 12,5 x 5 cm, Figura 92, ambos da família 12,5 x 40 cm.

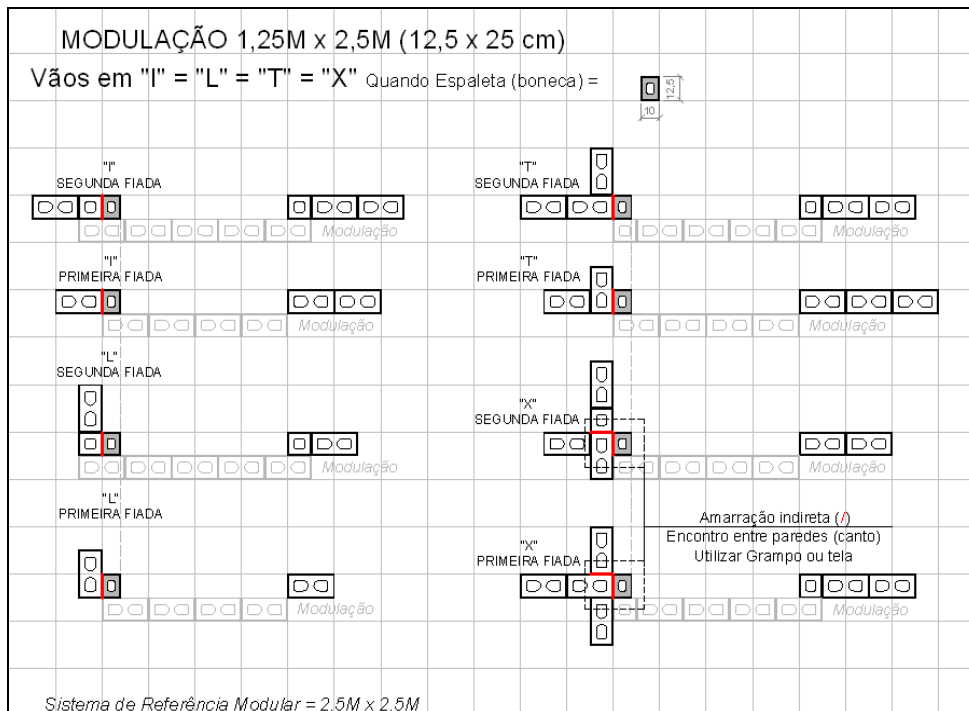


Figura 91 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 12,5 x 10 cm (destacada em cinza)

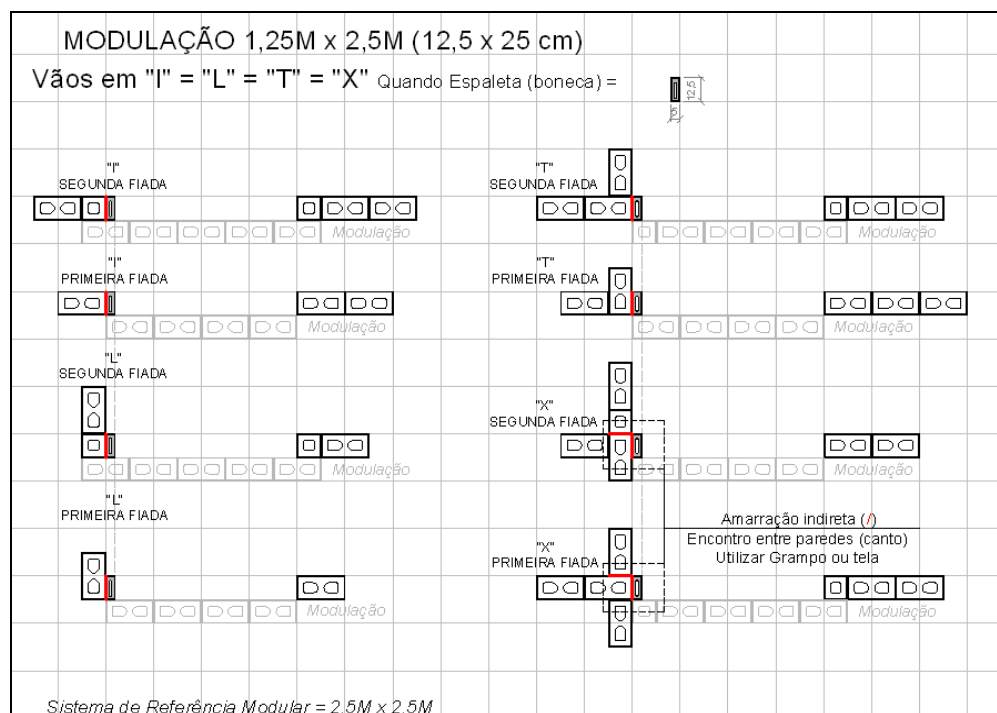
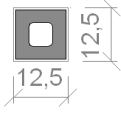


Figura 92 – Modulação 1,25M x 2,5M. CASO 3. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 12,5 x 5 cm (destacada em cinza)

Os vãos resultantes destas combinações apresentaram os mesmos valores do CASO 1 uma vez que se trata de vãos múltiplos de 12,5 cm (Apêndice 3). Possibilitando preencher o Quadro 20.

Vãos Nominais								
Modulação 1,25M x 2,5M (12,5 x 25 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-12,5)	76	88,5	101	113,5	(+12,5)
		B)	(-12,5)	81	93,5	106	118,5	(+12,5)
		C)	(-12,5)	86	98,5	111	123,5	(+12,5)
		D)	(-12,5)	91	103,5	116	128,5	(+12,5)
		E)	(-12,5)	96	108,5	121	133,5	(+12,5)
Vãos múltiplos de 5 cm				Finais 3,5 e 8,5 / 1 e 6				

Quadro 20 – Modulação 1,25M x 2,5M. Vãos nominais possíveis

Percebe-se que os valores diagnosticados são múltiplos de 5 cm, com finais variando entre 1 e 6 cm, e, 3,5 e 8,5 cm, como resultado de serem valores múltiplos de 12,5 cm. As combinações de blocos que resultam nos finais 1 e 6 se destacam como as mais indicadas, uma vez que são iguais aos vãos resultantes das demais modulações (famílias de blocos), e portanto balizando um padrão de largura de vão.

Por outro lado, as combinações de blocos que resultam nos finais 3,5 e 8,5 cm não são indicadas, visto que foge do padrão obtido por vãos em projetos de alvenaria estrutural, sendo peculiar da combinação de blocos múltiplos de 12,5 cm, presente somente no material concreto e fruto desta família de blocos.

- **Modulação 1M x 4M**

A modulação 1M x 4M é formada no material concreto por quatro tipologias de blocos e no cerâmico por cinco tipologias, ambos possuindo o bloco inteiro de 10 x 40 cm, a meia peça de 10 x 20 cm e os blocos de ajuste de 5 e 10 cm de comprimento (dimensões coordenadas), possuindo no cerâmico a tipologia de 15 cm de comprimento, no caso do concreto podendo ser representada pelas peças de 5 e 10 cm de comprimento juntas, ou pelo bloco de ajuste da família 15 x 40 cm através do intercambio entre famílias. Como pode ser visto no Quadro 14 e no Quadro 15.

Esta família não possui bloco de amarração uma vez que é possível obter as dimensões necessárias através das tipologias disponíveis, como mostra a Figura 93 representando as amarrações "I" e "L", onde a amarração "L" é obtida através da união da meia peça mais a peça de ajuste de 10 cm de comprimento, e a Figura 94 representando as amarrações "T" e "X", obtidas através da união do bloco inteiro mais a peça de ajuste de 10 cm de comprimento.

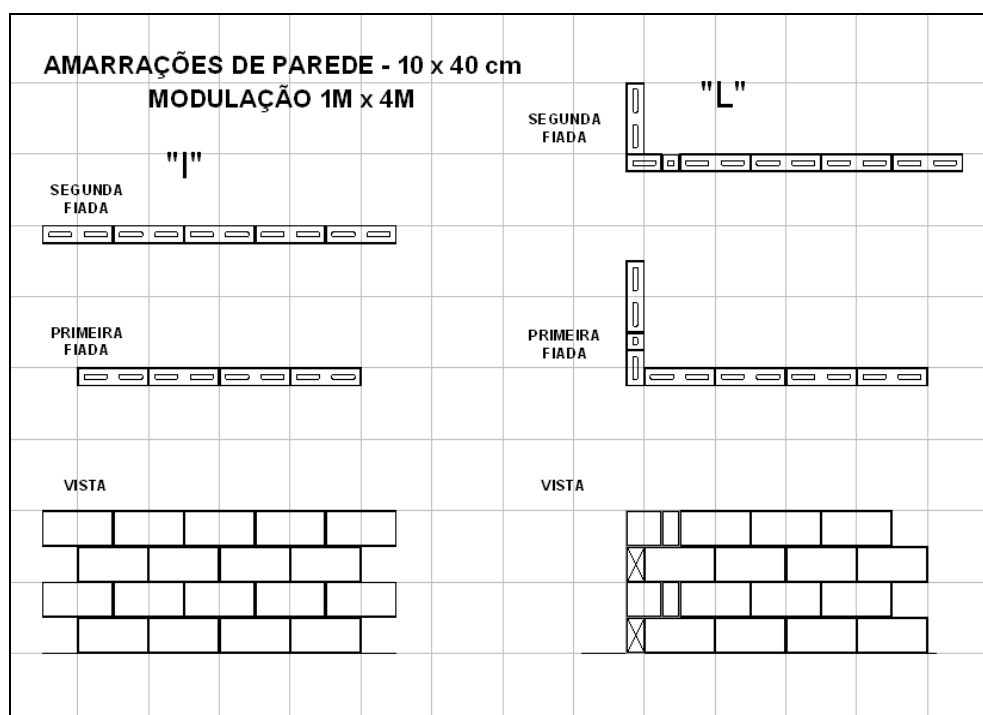


Figura 93 – Modulação 1M x 4M. Amarrações de parede "I" e "L"

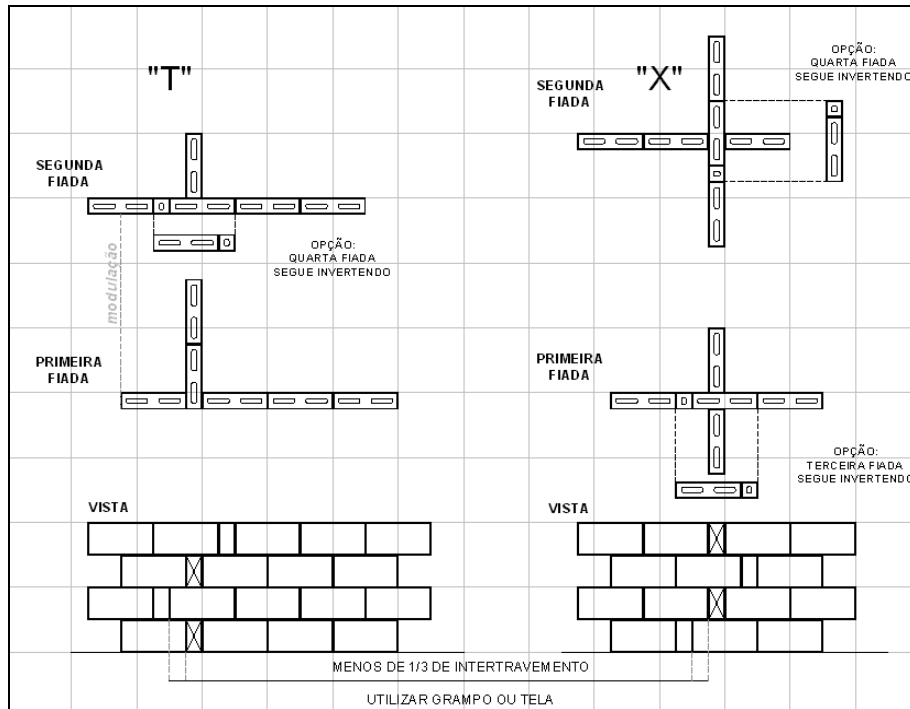


Figura 94 – Modulação 1M x 4M. Amarrações de parede “T” e “X”

As configurações principais da espaleta (boneca) são obtidas através do uso das peças de ajuste de 5 cm de comprimento, conforme a Figura 95, e 10 cm de comprimento, conforme a Figura 96.

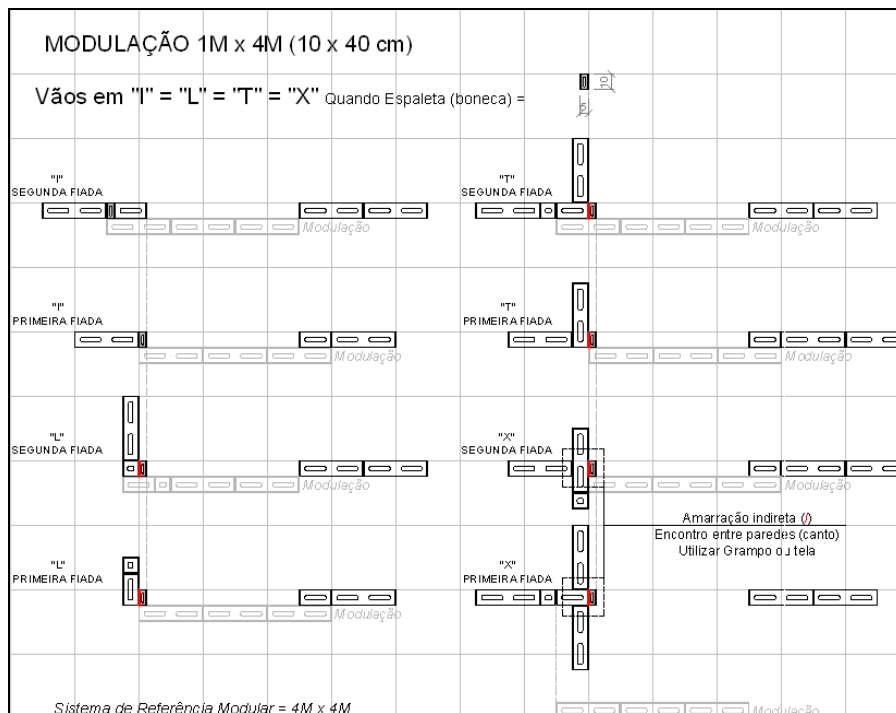


Figura 95 – Modulação 1M x 4M. CASO 2. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 10 x 5 cm (destacada em cinza)

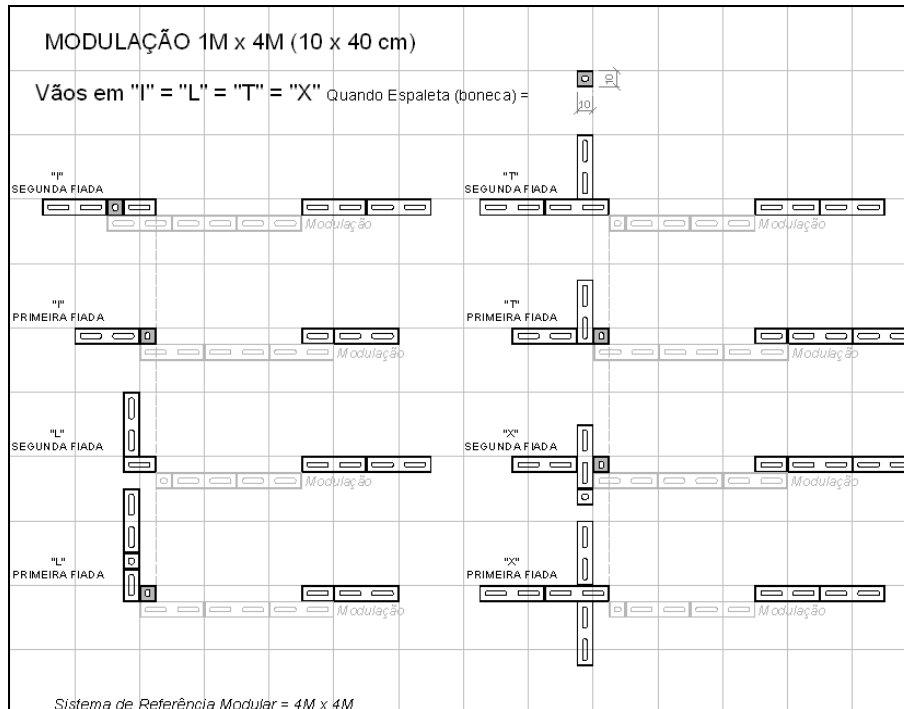


Figura 96 – Modulação 1M x 4M. CASO 1. Configuração das amarrações quando utilizada na espaleta (boneca) meia peça de 10 x 10 cm (destacada em cinza)

Como visto, é possível diagnosticar os vãos da modulação através do estudo de um único caso, desta forma, as figuras a seguir dispõem de combinações tendo como base a espaleta de 10 cm de comprimento coordenado.

A Figura 97 ilustra a combinação da espaleta de 10 cm com a meia peça de 20 cm de comprimento, gerando vãos nominais de final 1. A Figura 98 ilustra o uso da peça de 15 cm de comprimento, ou união da peça de 10 com a de 5 cm, gerando vãos nominais de final 6. A Figura 99 ilustra o uso da peça de 10 cm de comprimento, resultando em vãos nominais de final 1. Por fim, a Figura 100 representa o uso da peça de 5 cm de comprimento, resultando em vãos nominais de final 6. Todos múltiplos de 20 cm.

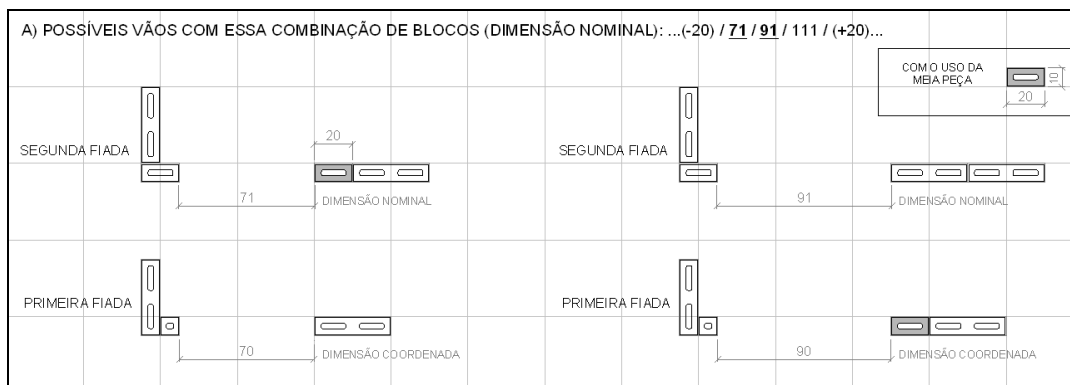


Figura 97 – Modulação 1M x 4M. CASO 1-A. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 10 x 20 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

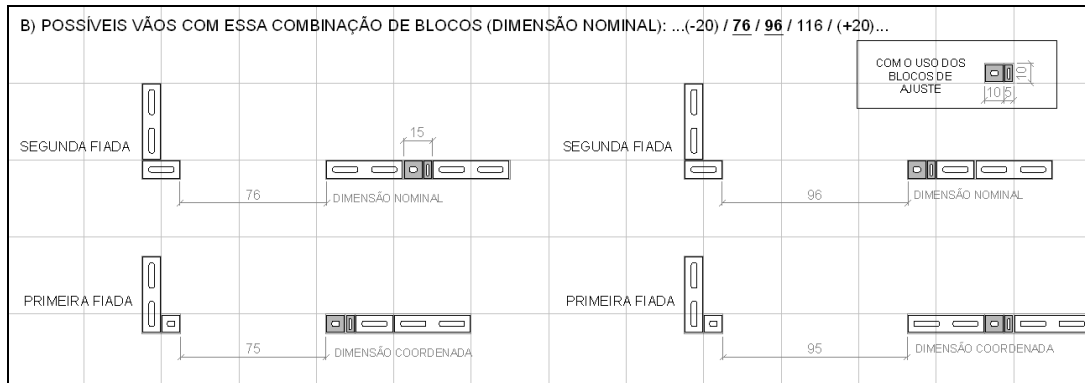


Figura 98 – Modulação 1M x 4M. CASO 1-B. Possíveis vãos quando utilizados os blocos de dimensão coordenada de 10 x 5 e 10 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

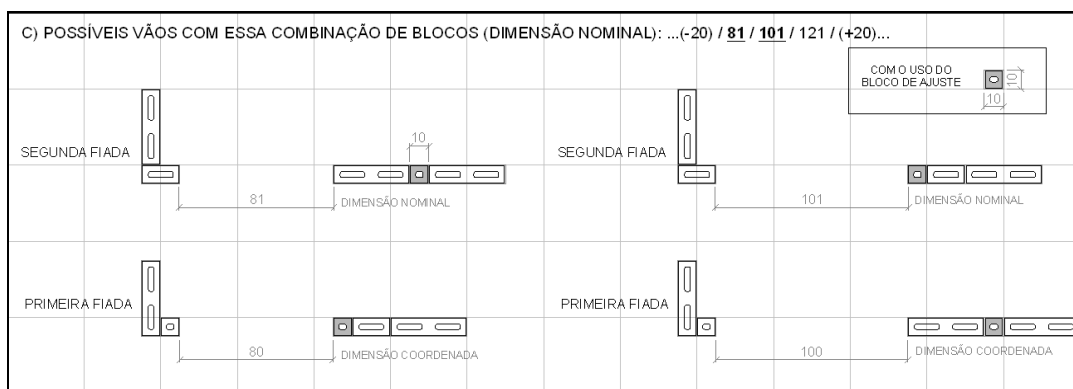


Figura 99 – Modulação 1M x 4M. CASO 1-C. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 10 x 10 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

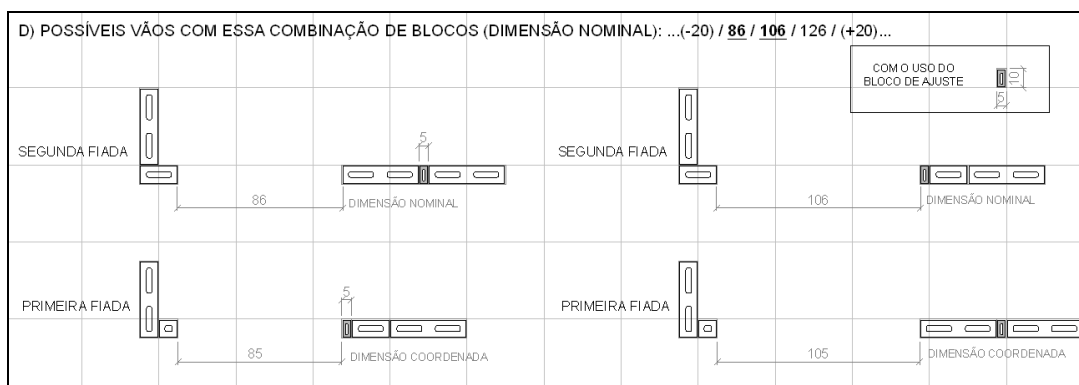
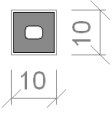


Figura 100 – Modulação 1M x 4M. CASO 1-D. Possíveis vãos quando utilizado o bloco de dimensão coordenada de 10 x 5 cm. Vãos: dimensão coordenada (cm) parede com reboco, dimensão nominal (cm) parede sem reboco. Sistema de referência modular de 4M x 4M

Possibilitando preencher o Quadro 21, apontando a possibilidade de vãos múltiplos de 5 cm de final 1 e 6 (dimensão nominal). Vãos considerados padrões, iguais aos até então diagnosticados nas demais modulações.

Vãos Nominais								
Modulação 1M x 4M (10 x 40 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	71	91	111	131	(+20)
		B)	(-20)	76	96	116	136	(+20)
		C)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		D)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
Vãos múltiplos de 5 cm				Final 1 e 6				

Quadro 21 – Modulação 1M x 4M. Vãos nominais possíveis.

- **Vãos diagnosticados**

Verificou-se que quando o comprimento do bloco inteiro, que rege a modulação da família de blocos, é de 40 cm (dimensão coordenada), as possíveis combinações de blocos e os vãos resultantes são iguais (tendo como base tipologias de blocos de comprimento igual), gerando, na maioria dos casos (exceção do uso do bloco de 12,5 cm de comprimento), vãos múltiplos de 5 cm com final 1 e 6 (nominal). Quando comparado com os vãos gerados pela família do bloco inteiro de 30 cm de comprimento, verificou-se que os vãos são iguais apesar da combinação que os resulta ser diferente, também vãos nominais de final 1 e 6.

No caso em que o comprimento do bloco inteiro é de 25 cm, múltiplo de 12,5 cm, ou ainda, no caso em que se utiliza do bloco de 12,5 cm de comprimento para configurar um vão, mesmo que o comprimento do bloco inteiro seja de 40 cm, os vãos nominais variam entre os finais 1 e 6 cm, e, 3,5 e 8,5 cm. Variações dimensionais que ocorrem somente nestes casos, fruto da modulação 1,25M x 2,5M, pouco utilizada e disseminada, disponível somente no material concreto, apontando como fora do padrão os vãos nominais de final 3,5 e 8,5 cm.

Diagnosticando em consenso para todas as modulações e suas respectivas famílias de blocos, tanto no material concreto quanto no cerâmico, vãos nominais de final 1 e 6 (múltiplos de 5 cm). Portanto, qualquer porta que seja projetada para caber em um vão nominal de final 1 ou 6 de largura, pode-se considerar adequada a projetos de alvenaria estrutural.

6 ELEMENTOS DE INFLUÊNCIA NO VÃO DA PORTA

Alguns elementos podem influenciar dimensionalmente o vão da porta em projetos de alvenaria estrutural. Conforme visto anteriormente (capítulo 5, item 5.6), todo e qualquer elemento aplicado acima do plano da laje influencia dimensionalmente no vão da porta, visto que neste sistema construtivo a alvenaria é erguida a partir do plano da laje. Podendo-se destacar como elementos de influência dimensional:

- Vergas;
- Juntas de argamassa (vertical e horizontal);
- Contrapiso; e
- Revestimento de piso.

Vale destacar que muitas das informações aqui mencionadas foram baseadas na opinião de especialistas da área, obtidas através de entrevistas, conforme pode ser constatado no Apêndice 2.

6.1 JUNTAS DE ARGAMASSA NA ALVENARIA

No Brasil as normas ABNT NBR 15961-2:2011 e ABNT NBR 15812-2:2010 determinam as espessuras indicadas para a execução de juntas de argamassa em obras de alvenaria estrutural, respectivamente nos materiais concreto e cerâmico, abrangendo valores iguais para ambos os casos. Segundo a ABNT NBR 15961-2:2011 as juntas horizontais devem ter 1 cm (10 mm) de espessura, com tolerância máxima de $\pm 0,3$ cm (3 mm), com exceção das juntas horizontais da primeira fiada, que podem variar entre o mínimo de 0,5 cm (5 mm) e o máximo de 2 cm (20 mm). Conforme ilustra a Figura 101. Adota-se o valor de 1 cm também para as juntas verticais.

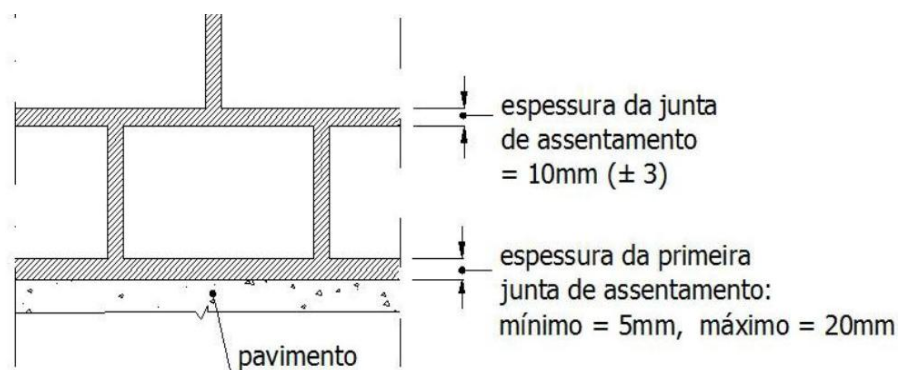


Figura 101 – Variações máximas da espessura das juntas de argamassa
Fonte: ABNT NBR 15961-2:2011

Não há menção a tolerâncias no que diz respeito à junta horizontal da primeira fiada, neste caso admitisse em projeto o valor de 1 cm (10 mm) de espessura para esta junta, seguindo a opinião de profissionais especialistas do ramo. Destacando-se como a melhor espessura uma vez que mantém a modulação, está de acordo com a norma e não reflete desperdícios (racionalizada). Caso a junta horizontal da primeira fiada for projetada com valores distintos a 1 cm (10 mm) esta diferença refletirá dimensionalmente no vão da porta, resultando em valores distintos aos abordados na pesquisa, valendo esta mesma observação para juntas verticais.

Além disso, o mesmo ocorre caso as juntas verticais ou horizontais entre blocos sejam projetadas/executadas fazendo uso da tolerância de 0,3 cm (3 mm). Podendo resultar em uma variação dimensional no vão da porta de até 4,3 cm a mais (onze vezes 0,3 cm mais 1 cm da primeira junta) na altura, ou 3,8 cm a menos (onze vezes 0,3 cm mais 0,5 cm da primeira junta), já as variações na largura do vão variam conforme o comprimento da parede, podendo desta forma serem expressivas.

Conclui-se que é necessário manter certo controle sobre a execução das juntas de argamassa buscando evitar casos em que, apesar de respeitar a norma, as dimensões apresentem significativa diferença dimensional e com isso perca a modulação da alvenaria, impossibilitando a correta instalação da porta assim como o correto uso da coordenação modular.

6.2 VERGAS

As vergas são elementos estruturais fundamentais em uma edificação, instaladas sobre os vãos de portas e janelas com a função de resistir os esforços verticais que a parede exerce sobre o vão. Três principais tipos de vergas são utilizadas em projetos de alvenaria estrutural no Brasil, a verga realizada com blocos canaleta, não apresentando influência dimensional no vão, e as vergas pré-moldadas de concreto, convencional⁸ e invertida, podendo influenciar dimensionalmente no vão da porta, uma vez que permite trabalhar com diferentes alturas, de forma a compatibilizar dimensionalmente o vão e a porta. Conforme ilustra Figura 102. No caso da verga “invertida” pré-moldada de concreto, nomeada “invertida” na pesquisa objetivando distinguir os dois tipos de vergas pré-moldadas de concreto, o ajuste dimensional é opcional, podendo-se trabalhar com peça retangular simples, perdendo a conotação “invertida”.

⁸ Compreendida como convencional por ser o modelo mais adotado pelo setor atualmente, informação corroborada através das entrevistas realizadas (Apêndice 2).

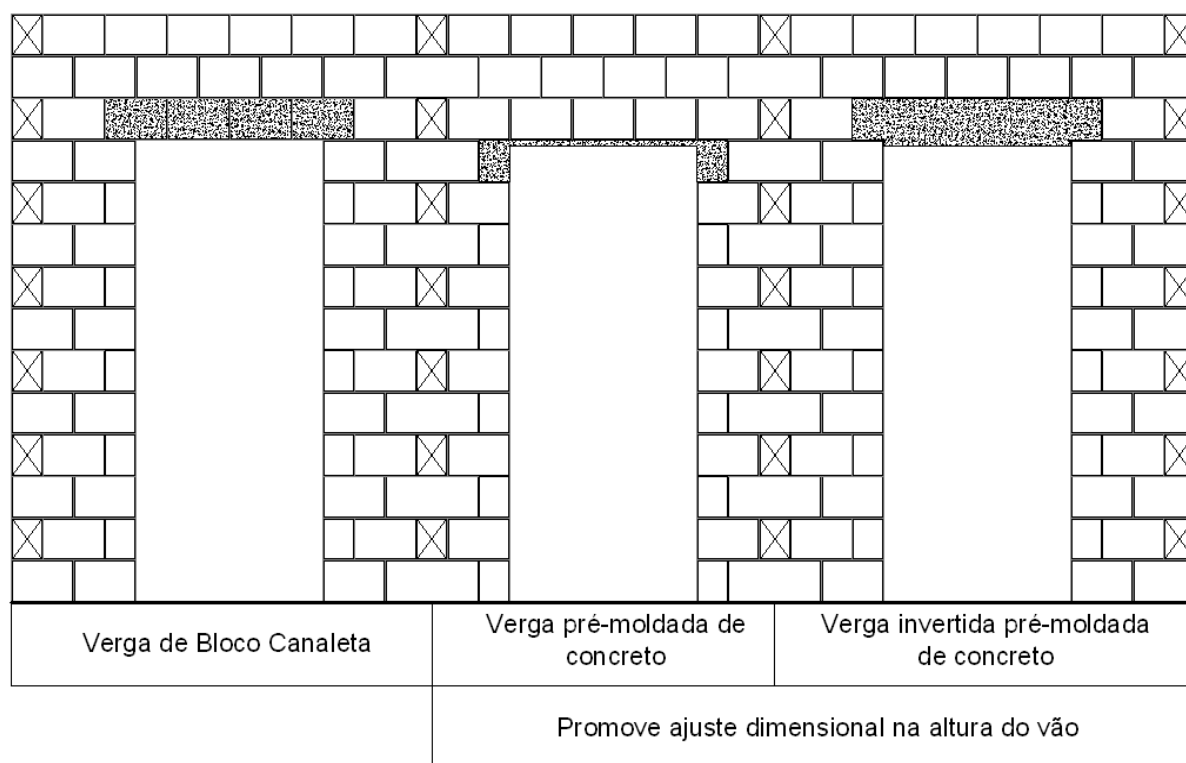


Figura 102– Verga de bloco canaleta; verga pré-moldada de concreto; e verga invertida pré-moldada de concreto

A verga de bloco canaleta em um primeiro momento aparenta ser uma boa solução uma vez que é feita com blocos de dimensões (largura, altura e comprimento) e material semelhante ao restante da alvenaria, porém na prática sua execução apresenta alguns entraves que apontam esta como uma solução pouco racionalizada. O primeiro entrave está vinculado à queda da produtividade uma vez que é necessário interromper o processo de produção da alvenaria para posicionar formas ou mecanismos de apoio dos blocos canaleta e preparar o bloco com armadura para posteriormente concretá-lo, refletindo várias etapas de trabalho em canteiro (obra), diferente de uma peça pré-moldada.

Outra questão está representada na Figura 103, um problema de execução típico, onde a fôrma que sustenta os blocos canaleta (verga) abriga certa quantidade de nata de cimento, fluído do concreto que escorre (vaza) pelas juntas entre os blocos. Como a forma só é retirada quando finalizada a cura do concreto esta nata de cimento se mantém fixa na face do vão, gerando retrabalho no caso de ser necessário removê-la.

Deve-se levar em consideração também que o cenário atual, na maioria dos casos, representa a necessidade de se compatibilizar dimensionalmente o vão com a porta, no caso a solução de verga de bloco canaleta não promove ajuste dimensional, refletindo a necessidade de se adotar uma solução adjacente.



Figura 103 – Verga de porta pronta realizada com blocos canaleta. Detalhe para a argamassa seca grudada na face interna do vão

Fonte: Foto tirada pela autora em visita a obra da EMPRESA 1 (Apêndice 2)

Outra alternativa para a verga é a peça pré-moldada de concreto, muito utilizada no Brasil. Esta peça se apresenta como uma solução racionalizada quando o foco é resolver os problemas enfrentados hoje com relação à falta de compatibilidade dimensional entre vãos e portas no que diz respeito à altura. Vantajosa também por não interromper a produção da alvenaria (elevação) quando comparada a vergas feitas com blocos canaleta.

Produzida em duas tipologias, conforme ilustra a Figura 102. A verga pré-moldada de concreto compreendida como a tipologia convencional (do meio na Figura 102) por ser a de maior emprego atualmente, geralmente é trabalhada com espessuras variando de 4 a 5 cm, resolvendo bem a questão do ajuste dimensional, principalmente quando se trabalha com contrapisos racionalizados de 3 cm ou até mesmo com lajes nível zero. Não sendo indicado se trabalhar com espessura inferior a 4 cm, fragilizando a peça e aumentando as chances de perda do material por quebra. Questão que pode ser resolvida através da adoção de fibras ou outro elemento que tenha a função de tornar esta peça mais rígida e menos frágil, possibilitando produzi-la com menores espessuras, porém refletindo no custo da peça podendo torná-la uma solução inviável.

Outra tipologia é a verga invertida pré-moldada de concreto, com suas laterais apoiadas sobre as fiadas de blocos (Figura 102), desta forma possuindo a mesma altura do bloco de modo a manter a modulação, já no vão da porta apresenta-se com altura superior de forma a solucionar a incompatibilidade dimensional entre vão e porta (ajuste dimensional). Essa tipologia também pode ser trabalhada em peça retangular simples, não apresentando a possibilidade de ajuste dimensional.

Uma terceira solução para verga está sendo inserida no mercado, uma solução ainda pouco utilizada, similar a uma tela. Trata-se de uma treliça metálica plana, nomeada murfor® por

seu fabricante, como mostra a Figura 104 ilustrando sua aplicação em uma janela. Admita-se a mesma teoria para a porta, pois quando disposta sobre o vão da porta faz o papel da verga, instalada na junta horizontal entre blocos durante a execução da alvenaria, não interrompendo a produção da mesma. Por outro lado, esta solução não apresenta nenhuma vantagem frente à compatibilização dimensional da porta, devendo ser combinada a outra solução com foco na compatibilização dimensional destes elementos.

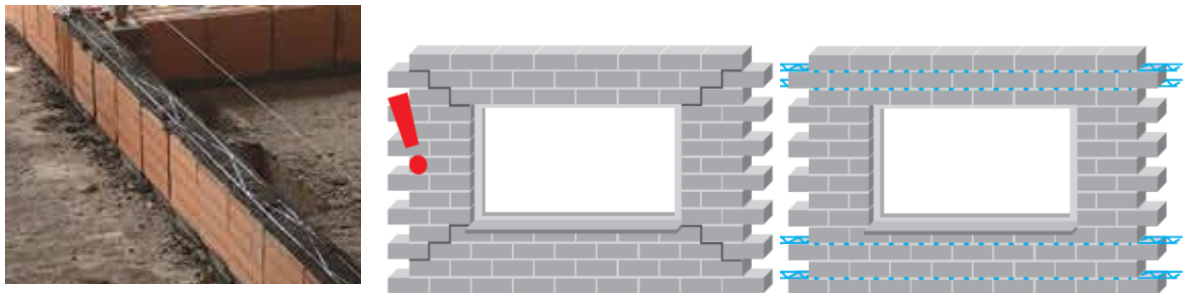


Figura 104 – Destacado em azul as treliças murfor® funcionando como verga e contraverga
Fonte: ARCELORMITTAL; BEKAERT (2011)

6.3 CONTRAPISO

Outros elementos que podem influenciar dimensionalmente no vão da porta são o contrapiso e a solução de piso adotada, ambos aplicados acima do plano da laje. Elementos que variam dimensionalmente em função de soluções adotadas em projeto. Soluções que começam a partir da laje. A Figura 105 ilustra estes elementos utilizando a solução de piso cerâmico, fixado com argamassa colante.

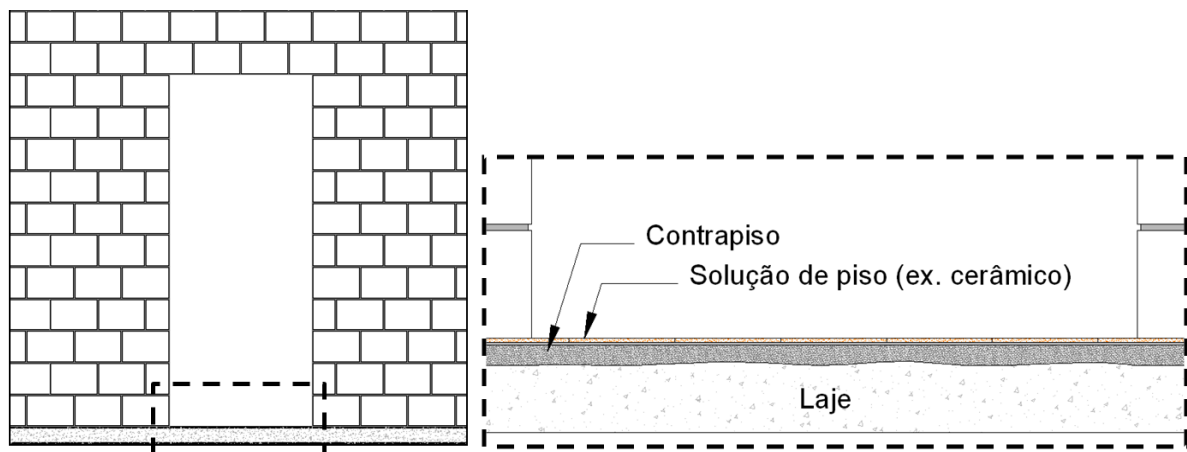


Figura 105 – Contrapiso e piso: elementos de influência dimensional no vão da porta

As lajes são elementos fundamentais em uma edificação, que além de resistir aos esforços estruturais, recebendo as ações de uso e as transmitindo para os apoios, funcionam como vedações horizontais, tanto para fechamento (cobertura), quanto para separar pavimentos tornando-os independentes, permitindo assim verticalizar as construções.

Existem dois principais métodos de execução de laje, a moldada no local (*in loco*) e a pré-moldada (ou pré-fabricada). Assim como existem três padrões de acabamento de laje, a laje convencional, a laje nivelada e a laje acabada, conforme Quadro 22. Definidos pelo nivelamento de sua superfície, apontando a necessidade de camada de regularização (contrapiso) ou não, como quando utilizado sua espessura.

PADRÃO DE ACABAMENTO DE LAJES	
Laje convencional	Necessita de camada de regularização (contrapiso) antes da instalação do piso, pois não é executada com controle de nivelamento e rugosidade da superfície
Laje nivelada	Faz uso de camada de regularização (contrapiso), definida pelo projeto e sem função de regularização de nível, visando a redução da espessura do contrapiso
Laje acabada	Não faz uso de camada de regularização (contrapiso), apresentando adequadas características de planeza ou rugosidade superficial e nivelamento ou declividade, necessárias à instalação do piso

Quadro 22 – Padrão de acabamento de lajes
Fonte: Adaptado de Souza (1996)

Como visto o padrão de acabamento adotado para a laje reflete a necessidade ou não do contrapiso, podendo este apresentar diferentes espessuras. Apontando o contrapiso como um elemento construtivo complexo para o dimensionamento de vãos de portas. Complexo visto às variações dimensionais que este pode apresentar, assim como sua ausência.

Como se pode ver o contrapiso, também chamado de argamassa de regularização, na maioria dos casos apresenta função de regularizar superfícies antes da instalação do piso fornecendo perfeito nivelamento ou declividade, quando necessária para corrigir o escoamento/direcionamento da água, com isso apresentando variações em sua espessura. Sendo nos banheiros cozinhas e áreas de serviço indicado inclinações entre 0,5 e 1,5% em direção aos pontos de coleta e no Box do banheiro de 1,5 a 2,5% em direção ao ralo. Algumas vezes até funcionando como piso, quando executado dentro dos padrões necessários para tal função, solução incomum para ambientes internos onde se utiliza de portas.

Segundo Souza (2007) o contrapiso pode chegar a espessuras máximas de 7,8 cm e mínimas de 2 cm. Barros e Sabbatini (1991) abordam 6 cm como espessura elevada, apontando para um alto nível de desperdício, vinculado a falta de normalização nacional específica e principalmente pela incipiente tecnologia de produção aplicada na execução de contrapisos, baseada tradicionalmente em método empírico. Apontando para espessuras racionalizadas variando de 2 a 3 cm em função de possíveis interferências com instalações (tubulações) embutidas e as declividades necessárias para cada ambiente, podendo no

ponto mais baixo apresentar-se com até 1,5 cm. No geral não podendo ser inferior a 2 cm em função da correta aderência deste material. Reduzindo, desta forma, mais de 50% o consumo de cimento. Possivelmente exequível através da elaboração de projetos detalhados, contemplando a utilização de dosagens e técnicas de execução adequadas.

Com isso compreende-se como soluções racionalizadas a adoção dos padrões de acabamento de laje nivelada e acabada. Sendo o padrão de laje acabada o de maior destaque uma vez que dispensa o uso do contrapiso. Da década de 90 tem-se documentado o primeiro trabalho realizado na tentativa de colocar em prática a laje acabada, com soluções denominadas nível zero (SOUZA, 1996). Através da inclusão de novas tecnologias e elevado controle de execução deste serviço. Durante os anos esta solução veio sendo explorada e aprimorada.

Não são muitas as construtoras que tem sucesso na aplicação desta solução no sentido de se eliminar completamente a camada de contrapiso. Como retrata a pesquisa realizada por Rangel e Jorge (2009), apontando para resultados insatisfatórios quando adotada solução de laje nível zero moldada no local, com diferenças de até 2 cm de desnível na laje, necessitando fazer uso do contrapiso para corrigir tais imperfeições. Neste caso, apontando esta como uma solução de laje nivelada e não acabada como se pretendia. Outra questão interessante apontada por esta pesquisa é a acústica, ficando significativamente prejudicada em função da redução da camada de contrapiso.

Neste sentido, a ABNT NBR 15575-1:2012, lançada com foco no desempenho de edifícios habitacionais, aponta que, o isolamento acústico requerido para lajes de piso visando amenizar ruídos de impacto podem ser obtidos por diversas soluções, dentre elas através do emprego de camadas de regularização ou do próprio dimensionamento da laje, desde que em qualquer circunstância a laje piso apresente “desempenho análogo a uma laje maciça de concreto armado com altura de 12 cm (podendo nesta altura estar compreendida a camada de regularização ou de assentamento de piso)”. Apontando para o uso do contrapiso como solução acústica e não de nivelamento.

No que diz respeito à laje nível zero três das empresas entrevistadas afirmam executar com sucesso este serviço, através do uso de lajes pré-moldadas de concreto, dentre as quais duas delas só adotam esta solução em edificações de baixo padrão em função da queda no desempenho acústico da unidade. Sendo as instalações (tubulações) antecipadamente previstas e embutidas nas lajes (conforme Figura 106), estas projetadas e numeradas de forma a se encaixar perfeitamente umas com as outras, apoiadas sobre as paredes da edificação (conforme Figura 107).



Figura 106 – Lajes nível zero pré-moldadas
Fonte: Fotos enviadas pela EMPRESA 4 (Apêndice 2)



Figura 107 – Lajes nível zero pré-moldadas, encaixadas e fixadas no pavimento, apoiadas sobre as paredes estruturais
Fonte: Fotos enviadas pela EMPRESA 4 (Apêndice 2)

Também com escada pré-moldada, por sua vez projetada para ficar nivelada com a laje. Conforme Figura 108.



Figura 108 – Escadas pré-moldadas de concreto. Obras em alvenaria estrutural
Fonte: Foto 1 Fornecida pela EMPRESA 4. Foto 2 tirada pela autora em visita a obra da EMPRESA 1 (Apêndice 2)

Problemas relacionados à tubulação de gás, muitas vezes a causa da não adoção de lajes nível zero, são solucionados através da passagem deste duto de forma aparente na fachada, entrando aparente também na unidade ou embutido em pequeno sulco aberto na laje após sua instalação.

A EMPRESA 1 retrata uma questão à que se deve atentar quando empregada a solução de laje nível zero. Conforme a Figura 109, apesar de ter sido executada com sucesso a laje nível zero na edificação, o ambiente do banheiro ficou desnivelado com o restante da unidade em função da impermeabilização do box, visto que o banheiro é projetado para ficar no nível ou mais alto que o Box, separado ou não por baguete de granito, e consequentemente ficando desnivelado em relação ao restante da unidade habitacional. No caso, apresentando uma diferença dimensional de aproximadamente 3 cm entre o banheiro e a unidade, ou seja 2 cm de regularização e 1 cm para o conjunto do piso (piso cerâmico).



Figura 109 – Desnível entre unidade habitacional e banheiro. Desnível entre banheiro e Box.
Fonte: Foto tirada pela autora em visita a obra da EMPRESA 1 (Apêndice 2)

Outro desnível está na entrada da unidade em relação ao hall do elevador e escadas, representado pela soleira em granito de aproximadamente 2 cm, sendo 1,5 cm da pedra e 0,5 de argamassa para fixação, conforme Figura 110.



Figura 110 – Entrada da unidade habitacional. Desnível representado pela soleira
Fonte: Foto tirada pela autora em visita a obra da EMPRESA 1 (Apêndice 2)

Como a unidade é entregue no nível da laje para que o proprietário(a) instale o piso desejado, as chances de que ele(a) adote uma solução de piso que nivele o banheiro ou a entrada social com o restante da habitação é grande, praticamente certa, variando entre as

espessuras de 2 e 3 cm. Apontando para um contrapiso de 1 a 2 cm no caso do uso de piso frio (cerâmico ou porcelanato). Como não é indicado aplicar camadas de contrapiso com espessuras inferiores a 2 cm em função da aderência, as chances de ser adotado contrapiso de 2 cm sobem significativamente.

Ou seja, a construtora neste caso teve sucesso na aplicação da laje nível zero, porém não quer dizer que o contrapiso não seja realizado nesta obra posteriormente pelo proprietário, refletindo as vantagens e desvantagens do uso deste material, deste modo, sendo conveniente salientar as variações no peso desta estrutura pós-ocupação. Sendo este cenário visto em diversas obras pelo Brasil.

No que diz respeito aos vãos das portas na alvenaria no caso dos banheiros sofrem influência dimensional de 3 cm e no caso da entrada de 2 cm. Por não se tratar de uma solução compatibilizada, conforme a necessidade se admite cortes nas folhas das portas. Outra questão que vale salientar para este caso, é que, por terem sido utilizadas escadas pré-moldadas fica difícil nivelar as unidades com os halls dos elevadores e escadas, possível caso seja adotado solução dimensionalmente compatível com a soleira em granito para todo o hall e escadas, solução que não foi adotada na obra em questão, ficando desnivelado.

Como se pode ver a grande problemática vinculada à adoção da laje nível zero é a impermeabilização das áreas molhadas, estas que passaram ultimamente a ser somente no Box dos banheiros (queda para o ralo), principalmente em edificações de múltiplos pavimentos. As soluções para estes ambientes são diversas, algumas construtoras realizam um rebaixo na laje do Box, solucionando a questão dos desníveis entre ambientes, desta forma sem elementos de influência nos vãos das portas. Outras ainda trabalham com soluções em fibra, acrílico ou poliéster, como é o caso da solução representada pela Figura 111.



Figura 111 – Solução para impermeabilização do Box em acrílico
Fonte: Foto tirada pela autora

Além da laje pré-moldada outro método de execução muito utilizado é a laje moldada no local (*in loco*), na maioria das vezes vinculada ao padrão de acabamento convencional ou nivelado. Todas as empresas entrevistadas trabalham também com este tipo de solução, em sua maioria utilizando 3 cm de contrapiso, aplicado por diversas razões, dentre elas, para embutir a tubulação de gás, para nivelamento entre ambientes em função da impermeabilização do box, para regularização de superfície e para solução acústica.

Conforme visto, têm-se duas soluções dimensionalmente distintas sendo adotadas, uma em que se utiliza do contrapiso e outra que não se utiliza dele. De acordo com as opiniões dos especialistas acima descritas (entrevistas), na prática, quando utilizado o contrapiso trabalha-se com a espessura de 3 cm em projeto, podendo apresentar variações de até 1 cm para menos (ficando com no mínimo 2 cm). Corroborando com a teoria de Barros e Sabbatini (1991) de que se trata de uma espessura exequível e racionalizada quando comparada a espessuras de 6 cm (padrão de acabamento convencional). Espessura indicada em obras públicas conforme Guedes (2011), de 2 a 3 cm. Também indicada por Fiess (2012) membro do Cetac – IPT (espessuras entre 2 a 4 cm).

Portanto em comum acordo entre a teoria e a prática, admite-se como espessura racionalizada, absolutamente exequível, 3 cm para o contrapiso, conforme ilustra a Figura 112, podendo apresentar variações (tolerâncias) para menos em até 1 cm, estando relacionada a espessura mínima 2 cm com a aderência do contrapiso a laje. Com isso apontando para uma diferença dimensional de 3 cm (dimensão de projeto) entre as duas soluções, com e sem contrapiso (padrão de acabamento de laje nivelada e acabada).

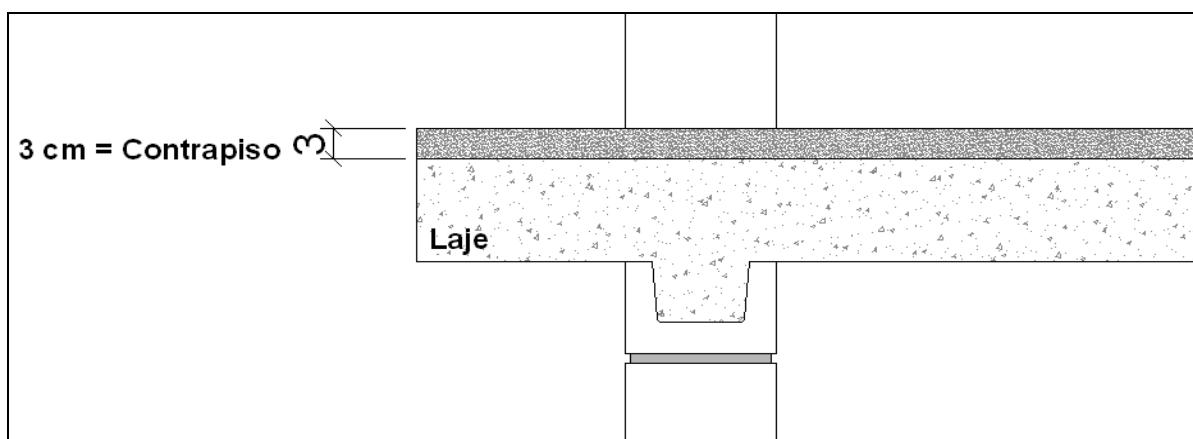


Figura 112 – Contrapiso com 3 cm de espessura

6.4 PISO

Resta saber a influência dimensional que o conjunto do piso exerce sobre o vão da porta. Lembrando que a pesquisa busca contribuir com soluções racionalizadas e industrializadas com foco no desenvolvimento do setor. Com isso soluções de piso artesanais muitas vezes regionais, ou, pouco industrializadas não serão abordadas na pesquisa. Sendo estudadas as soluções mais utilizadas na produção seriada de edificações, ou seja, as soluções de maior emprego pelo setor. Abrangendo pisos cerâmicos e soleiras de granito. Porém vale salientar que, apesar de não abordadas, outras soluções podem se enquadrar nas variações dimensionais apresentadas por essas duas soluções.

O revestimento cerâmico é a solução mais adotada em pisos de edificações residenciais. Produzido em larga escala, vinculado a processos de fabricação industrializados, com controle de qualidade (padrão internacional) e diversas normas vigentes. Contando com pelo menos 63⁹ indústrias distribuídas por quase todo território brasileiro, que se enquadram no processo de produção acima descrito. Produto disponível em mais de 60 mil pontos de venda. Além destas razões, esta solução é adotada por oferecer alta resistência, durabilidade, diversidade (há milhares de opções e estilos disponíveis), rapidez e facilidade de instalação, isso tudo a preços acessíveis (para todos os gostos) (ANFACER).

As placas cerâmicas são classificadas, sobretudo, em relação à absorção de água, conforme Quadro 23, estando este parâmetro diretamente relacionado a outras propriedades do produto, por exemplo, quanto menor a absorção de água maior a resistência mecânica.

Placas cerâmicas para revestimentos	
Classificação em função da absorção de água	
Porcelanatos	de baixa absorção e resistência mecânica alta (BIa P de 0 a 0,5%)
Grês	de baixa absorção e resistência mecânica alta (BIb P de 0,5 a 3%)
Semi-Grês	de média absorção e resistência mecânica média (BIIa P de 3 a 6%)
Semi-Porosos	de alta absorção e resistência mecânica baixa (BIIb P de 6 a 10%)
Porosos	de alta absorção e resistência mecânica baixa (BIII P acima de 10%)

Quadro 23 – Placas cerâmicas para revestimentos
Classificação em função da absorção de água
Fonte: INMETRO (1998)

⁹ Fabricantes associados à ANFACER (Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, Louças Sanitárias e Congêneres).

As informações com relação ao grupo de absorção estão presentes na embalagem do produto e são de fundamental importância para que o consumidor opte pelo produto que melhor se adéque a sua necessidade, por exemplo, para locais úmidos como banheiros são indicados revestimentos com absorção de água menor e vice-versa. Não sendo indicado adquirir produtos porosos para piso (INMETRO, 1998). Infelizmente a cultura brasileira não segue esta forma de comercialização, tanto pela falta de conhecimento por parte dos consumidores quanto dos vendedores, evidenciada pelo fato de que em nenhum ponto de venda o consumidor tem acesso a embalagem, verificada somente depois da aquisição, também evidenciada uma vez que nas páginas eletrônicas (internet) dos fabricantes, em inúmeros casos, este tipo de informação não está disponível para o consumidor.

No Brasil este produto é comercializado com base na resistência do esmalte da peça ao desgaste por abrasão, conhecida como Índice PEI, sendo recomendado aos ambientes mais adequados para sua aplicação. Conforme Quadro 24.

Placas cerâmicas para revestimentos	
Classificação em função da resistência do esmalte ao desgaste por abrasão	
PEI 1	Produto recomendado para ambientes residenciais onde se caminha geralmente com chinelos ou pés descalços. Exemplo: banheiros e dormitórios residenciais sem portas para o exterior.
PEI 2	Produto recomendado para ambientes residenciais onde se caminha geralmente com sapatos. Exemplo: todas as dependências residenciais, com exceção das cozinhas e entradas.
PEI 3	Produto recomendado para ambientes residenciais onde se caminha geralmente com alguma quantidade de sujeira abrasiva que não seja areia e outros materiais de dureza maior que areia (todas as dependências residenciais).
PEI 4	Produto recomendado para ambientes residenciais (todas as dependências) e comerciais com alto tráfego. Exemplo: restaurantes, churrascarias, lojas, bancos, entradas, caminhos preferenciais, vendas e exposições abertas ao público e outras dependências.
PEI 5	Produto recomendado para ambientes residenciais e comerciais com tráfego muito elevado. Exemplo: restaurantes, churrascarias, lanchonetes, lojas, bancos, entradas, corredores, exposições abertas ao público, consultório, outras dependências.

Quadro 24 – Placas cerâmicas para revestimentos
Classificação em função da resistência do esmalte ao desgaste por abrasão
Fonte: INMETRO (1998)

Conforme constatado, a forma de comercialização deste produto não é feita com base na espessura da placa, informação dificilmente encontrada, assim como não são descritos pelas normas valores mínimos e máximos para este fator. Portanto com base na gama de fabricantes atuantes no mercado, sem restrições e padrões dimensionais, têm-se hoje disponíveis placas cerâmicas de inúmeras espessuras.

Buscando diagnosticar as espessuras de maior circulação e utilização no país, foram investigados 17 fabricantes (no período de outubro a dezembro de 2011), disponibilizando espessuras de placas cerâmicas entre 0,4 a 0,9 cm, abrangendo porcelanatos, grês e semi-grês. Os porcelanatos estão cada vez mais acessíveis com relação ao custo, mais ainda representam um custo elevado quando comparado às demais tipologias, levando em consideração também que para sua instalação é necessário adquirir uma argamassa colante específica e significativamente mais cara que a comum, atingindo um patamar de médio a alto padrão de acabamento.

Quando pensada especificamente na aplicação, independente do uso do porcelanado, grês ou semi-grês, a solução de revestimento cerâmico adotada deve ser compatibilizada dimensionalmente entre ambientes possibilitando o nivelamento do piso. Levando em consideração que a espessura de argamassa colante indicada para fixação deste material deve ser de no mínimo 0,3 cm e no máximo 0,4 cm, e que as espessuras das placas cerâmicas variam de 0,4 a 0,9 cm. Pode-se considerar para este conjunto, argamassa colante e placa cerâmica, a espessura média de 1 cm para projeto. No caso de a solução apresentar-se com 1,3 cm (espessura máxima), ou ainda, 0,7 cm (espessura mínima), ou seja, $\pm 0,3$ cm (3 mm), esta diferença pode ser absorvida pela espessura do contrapiso, no caso de não ter camada de contrapiso esta diferença pode ser absorvida pela tolerância dimensional admitida pelo material de instalação da porta, ou ainda pelo vão entre a folha da porta e o piso.

As soleiras de granito são geralmente empregadas com a função de separar ambientes de pisos diferentes, distintos pela cor, textura até mesmo pelo material, ambientes geralmente separados por portas (Figura 113). Por oferecer acabamento nas laterais esta solução se mostra atraente também em casos em que há um pequeno desnível entre ambientes, respondendo bem uma vez que resiste aos esforços que incidem sobre esta peça, principalmente no que diz respeito à aresta exposta.



Figura 113 – Soleira em granito
Fonte: Fotos tiradas pela autora

A soleira de granito está cada vez mais sendo substituída por outras soluções que se apresentam mais industrializadas e econômicas. Em alguns casos sendo empregadas com tamanho reduzido, em filete instalado somente no local da folha da porta, não mais da largura da porta como tradicionalmente empregado. Estando disponível no mercado em espessuras que variam entre 1,2 cm, 1,5 cm até 2 cm e larguras compatíveis a espessura da parede. Não podendo ser mais fino, na espessura, por tratar-se de um material natural rígido que aceita pouca deformação conseqüentemente frágil.

Por sua espessura elevada, em relação à outras soluções de piso, costuma-se no local de sua instalação deixar uma camada mais fina de contrapiso, ou ainda, não aplicar a camada do contrapiso. Compatibilizando dimensionalmente com outras soluções de piso.

O problema maior está nos casos onde não se utiliza do contrapiso, instalada diretamente na laje acabada, desta forma ficando desnivelado quando aplicado no ambiente vizinho solução de piso com espessura inferior. Nestes casos não sendo aconselhado utilizar esta solução. Portanto compreende-se que apesar de se apresentar como uma solução de espessura elevada quando comparada com as convencionais soluções de piso cerâmico, sua utilização pode ser feita em obras que fazem uso do contrapiso, possibilitando compatibilizar dimensionalmente as soluções, quando o objetivo é manter o piso nivelado.

A Figura 114 e a Figura 115 sintetizam as conclusões obtidas neste item em relação à influência dimensional do contrapiso e da solução de piso, para o contrapiso, quando adotado, a espessura de 3 cm, e para soluções de piso cerâmico a espessura de 1 cm para o conjunto, placa e argamassa colante (espessuras de projeto). Apontando para soleiras de granito como soluções dimensionalmente resolvidas com base no uso do contrapiso, sendo cada vez mais substituída por soluções mais industrializadas como, por exemplo, o próprio revestimento de piso cerâmico.

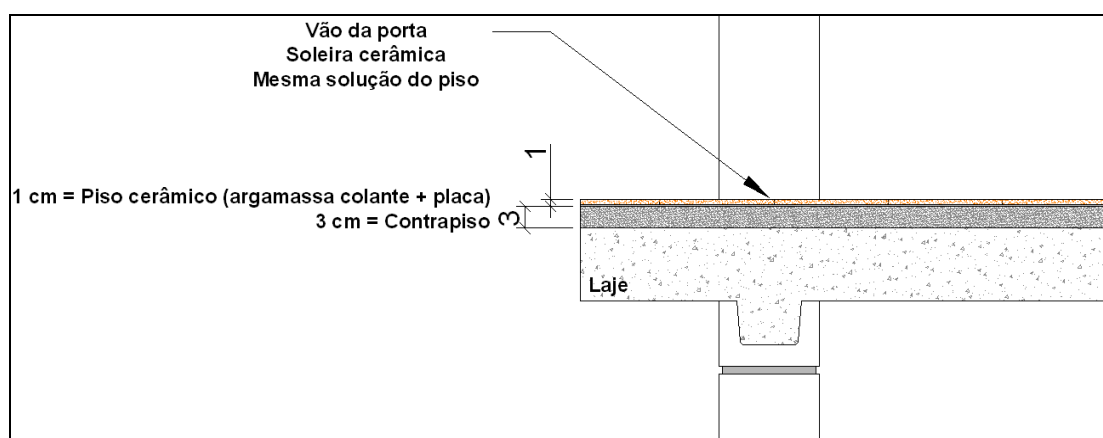


Figura 114 – Contrapiso com 3 cm de espessura, conjunto de piso cerâmico com 1 cm de espessura e solução de soleira de porta feita com a mesma solução do piso

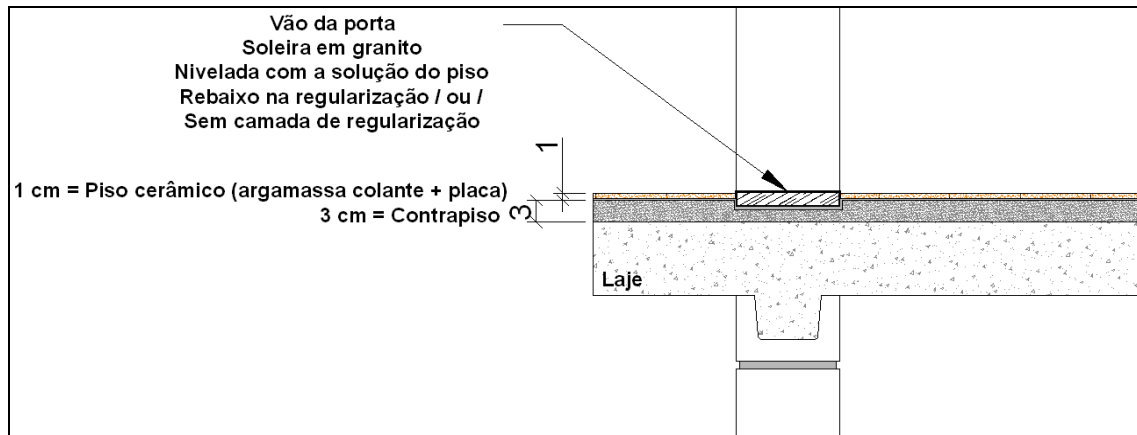


Figura 115 – Contrapiso com 3 cm de espessura, conjunto de piso cerâmico com 1 cm de espessura e solução de soleira de porta em granito

7 PORTAS

Projetada para “permitir ou impedir a passagem de pessoas, animais e objetos entre espaços ou ambientes” (ABNT NBR 15930-1:2011) o elemento construtivo porta é amplamente empregado em edificações no mundo inteiro.

No Brasil a falta de compatibilidade dimensional entre o elemento porta e o vão da porta na alvenaria rege o cenário atual, a pergunta é: por que a porta não possui medidas modulares? Não é possível afirmar ao certo de onde os padrões dimensionais atuais vieram, o que se sabe é que não são adequados, principalmente no que diz respeito à altura da porta em relação à altura do vão.

Este cenário diz respeito fundamentalmente a maior parcela da indústria da construção civil, aquela que admite certo nível de racionalização e industrialização construtiva, excluindo construções vinculadas a processos artesanais, como por exemplo, que admitam contrapisos (argamassa de regularização) de espessuras elevadas, ou ainda que trabalhem com soluções de piso pouco utilizadas.

A instalação de portas tende a se destacar como um serviço pouco racionalizado em virtude da necessidade de preenchimento do vão com material adjacente como argamassa e pedaços de blocos quebrados, gerando novas etapas de serviço. Esta questão vem sendo mitigada através da adoção de vergas pré-moldadas para o ajuste dimensional combinadas a soluções industrializadas como o kit porta, fornecido pré-montado e instalado pelo fabricante, eliminando o serviço de instalação do encargo da construtora.

Porém, a necessidade de admitir um material adjacente com foco no ajuste dimensional aponta para um problema a ser solucionado. Ou seja, há ainda muito que melhorar.

7.1 TERMOS E DEFINIÇÕES

O elemento construtivo porta tem como função principal “permitir ou impedir a passagem de pessoas, animais e objetos entre espaços ou ambientes”, sendo os principais componentes do modelo “porta de abrir com uma folha”, o batente (também conhecido como marco), a folha da porta, o alizar (mais conhecido como guarnição) e as ferragens (dobradiças e fechaduras) (ABNT NBR 15930-1:2011), assim como ilustra a Figura 116.

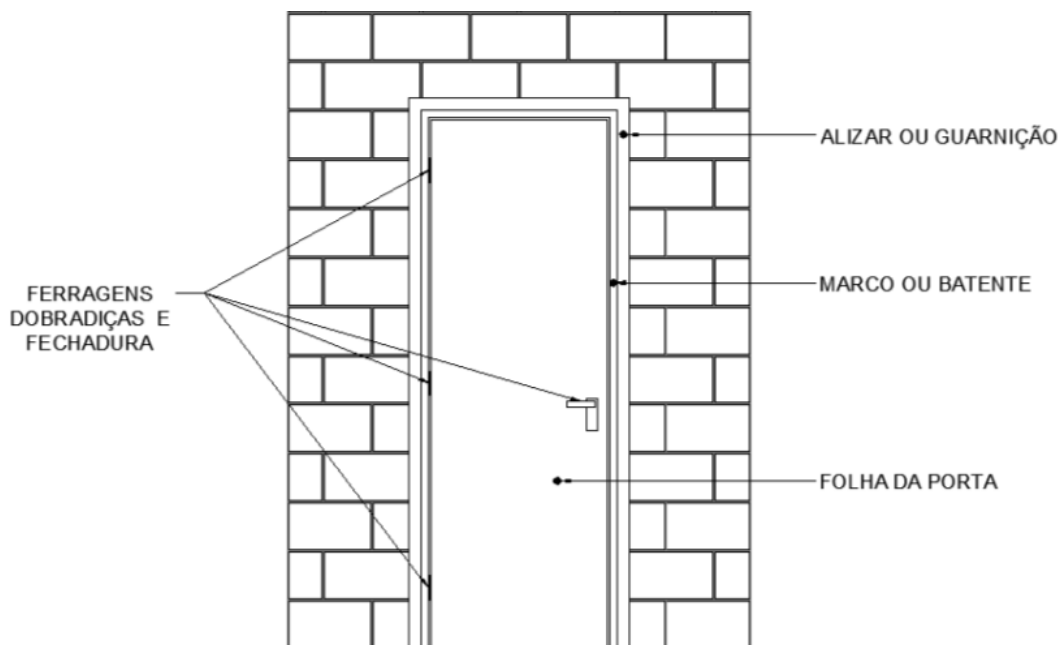


Figura 116 – Porta de abrir com uma folha e seus componentes

O **batente ou marco** é o componente da porta que é fixado na alvenaria, destinado “a guarnecer o vão e sustentar a(s) folha(s) da porta”, também conhecida como portal, caixa, caixão, aduela, forra, forração ou forramento. A **folha da porta** é compreendida como “painel ou parte móvel principal de uma porta”. O **alizar** é a “peça empregada para cobrir a junta presente entre a parede e o marco, emoldurando o vão”, também conhecido como “guarnição, vista, moldura ou cobre-junta” (ABNT NBR 15930-1:2011). As **ferragens** compreendem as dobradiças e a fechadura, sendo as dobradiças dispositivos que fixam a folha da porta ao batente, com função de possibilitar a articulação da folha da porta; e a fechadura outro dispositivo que permite, quando necessário, fixar a folha da porta ao batente, possibilitando que a porta exerça sua função de permitir ou impedir a passagem. Como ilustra a Figura 117



Figura 117 – Exemplo de porta de abrir com uma folha
Fonte: Fotos tiradas pela autora

Comumente confundidos os termos vão da porta e vão luz/livre tratam de questões distintas. **Vão da porta** é a “abertura na parede destinada à instalação da porta”, por outro lado **vão luz ou vão livre** diz respeito a “abertura limitada pelas faces do marco e pela soleira”, conforme Figura 118. Por sua vez soleira diz respeito a “superfície do piso acabado ou peça de acabamento sob a porta, no alinhamento da parede” (ABNT NBR 15930-1:2011).

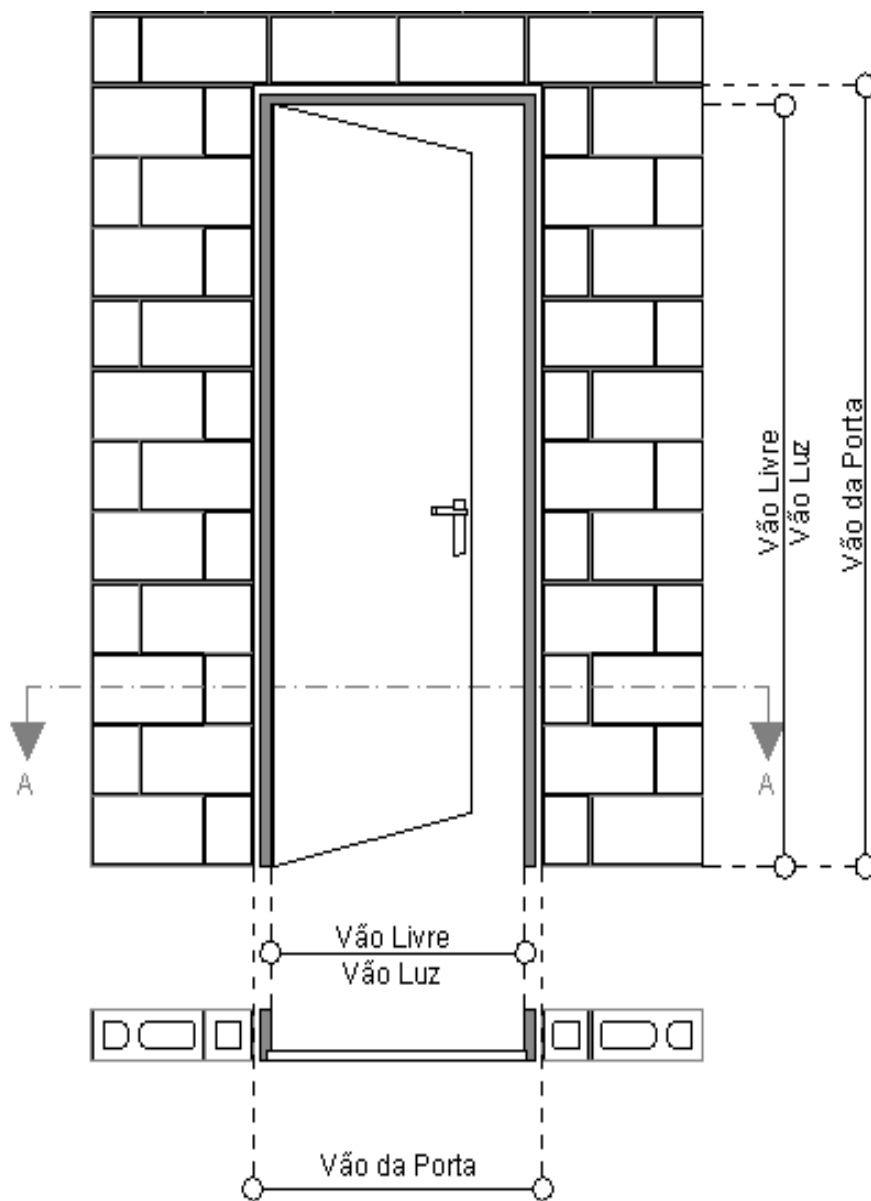
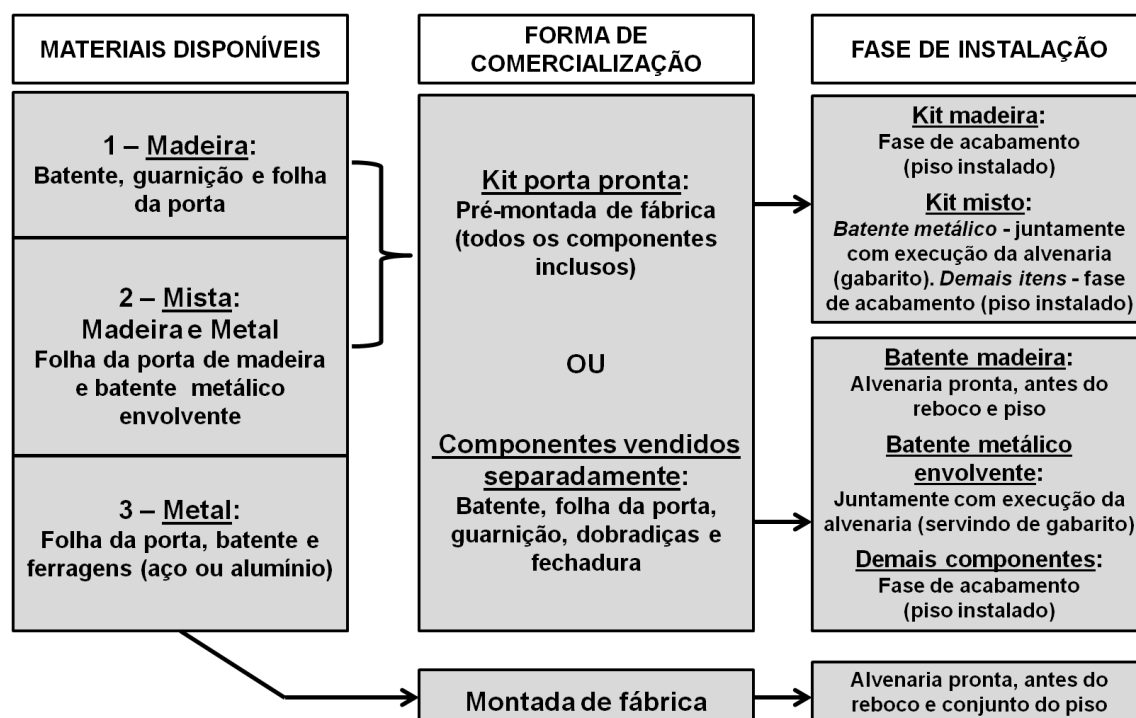


Figura 118 – Vão livre/luz e vão da porta. Segundo termos e definições da ABNT NBR 15930-1:2011

Segundo os conceitos da coordenação modular (capítulo 4, item 4.2) um elemento construtivo é compreendido como modular quando ocupa/preenche espaços modulares, portanto uma porta é compreendida modular quando ocupa/preenche o vão modular destinado a ela na alvenaria.

7.2 PORTAS DE ABRIR COM UMA FOLHA

A tipologia “porta de abrir com uma folha” é a mais utilizada em edificações em todo o mundo. No Brasil esta porta é fundamentalmente comercializada (fabricada/industrializada) em madeira ou metal¹⁰ (aço ou alumínio), podendo conter na folha da porta elementos decorativos como vidro, acrílico, entre outros. Outros materiais podem ser encontrados como, por exemplo, o pvc, porém pouco utilizados e disseminados.



Quadro 25 – Porta de abrir com uma folha.
Materiais disponíveis (de maior emprego no Brasil), formas de comercialização e fase de instalação

Conforme disposto no Quadro 25, no Brasil são comercializados sobretudo três tipos de portas (produtos de maior circulação), variando conforme seu material, entre portas de madeira, incluindo batente, guarnição e folha da porta; portas mistas, folha da porta de madeira e batente de metal; e portas de metal variando entre as ligas de aço e alumínio. A forma de comercialização deste produto varia entre adquirir a porta pronta de fábrica, incluindo todos os componentes, e adquirir seus componentes separadamente - batente, folha da porta, alizar (guarnição), e ferragens (fechadura e dobradiças).

As portas de madeira e as mistas (batente metálico envolvente) são comercializadas de duas diferentes formas, uma consiste no fornecimento do produto pronto, em kit, e a outra

¹⁰ Incluindo a possibilidade de se trabalhar com portas mistas, folha de porta de madeira e batente metálico.

na aquisição dos componentes separadamente. Já as portas metálicas, aço ou alumínio, são fornecidas de uma única forma, montadas de fábrica.

O que difere o kit das peças adquiridas separadamente é o vínculo com um ou mais fornecedores, no kit se adquire todos os componentes de um só fornecedor que responde pela qualidade do produto porta, já no caso dos componentes adquiridos separadamente, de vários fornecedores, onde cada um responde pela qualidade do seu produto.

Neste sentido a comercialização da porta em kit traz inúmeras vantagens ao consumidor, visto que o fabricante responde pelo desempenho da porta, ou seja, fornece garantia deste produto. Além de se destacar como uma solução que promove a industrialização da obra, pois reduz as etapas de trabalho uma vez que fica sobre encargo do fabricante a instalação da porta, com isso racionalizando mão de obra e tempo de execução, aumentando a produtividade e melhorando a qualidade do produto final, sabendo que a correta instalação da porta é fundamental para alcançar o desempenho previsto.

A fase de instalação varia para cada caso. O kit porta de madeira, também chamado de porta pronta, é instalado na fase de acabamento incluindo o piso instalado. O kit porta ou porta pronta misto, batente metálico envolvente e folha da porta de madeira, é instalado em duas fases, o batente é instalado juntamente com a execução da alvenaria, servindo de gabarito, já os demais componentes são instalados na fase de acabamento.

A instalação dos componentes adquiridos separadamente também acontece em duas fases distintas, no caso do batente de madeira, ocorre com a alvenaria erguida antes do reboco (ausente pelo menos no contorno das portas) e antes do conjunto do piso. Já o batente metálico envolvente é instalado juntamente com a execução da alvenaria, assim como no kit servindo como gabarito. Os demais componentes – folha da porta, guarnição (somente no caso da porta de madeira) e ferragens – são instalados ao final da obra já na fase de acabamento, incluindo piso instalado.

A porta metálica (aço ou alumínio), entregue de fábrica montada, neste caso também podendo ser chamada de kit porta ou porta pronta, apesar de não ser conhecida pelo setor com estes termos, é instalada na fase em que a alvenaria está erguida, porém sem reboco (ausente pelo menos no contorno das portas) e sem o conjunto piso, o que inclui contrapiso e solução de piso, principalmente quando se trata de tipologias que vem com uma travessa de embutir no contrapiso.

Percebe-se que a variedade de materiais disponíveis e as diferentes formas de comercialização e instalação fazem deste um estudo complexo.

7.3 DIMENSÃO DE PORTAS – ABNT NBR 15575-1:2012 / 9050:2004

A ABNT NBR 15575-1:2012, com foco no desempenho de edificações, estabelece alguns requisitos no que diz respeito à dimensão de portas, a primeira menção se refere a habitações unifamiliares com mais de 40 m² de área bruta, devendo conter duas portas para o exterior da habitação, com largura livre mínima de 70 cm, dispostas em fachadas distintas da habitação ou de maneira a possibilitar rotas de fuga diversas dentro da habitação. Estabelece 80 cm como largura mínima para portas externas (de acesso), 70 cm para portas internas, com exceção aos banheiros onde se admite 60 cm de largura.

A segunda colocação contradiz a primeira no que diz respeito à largura mínima de portas externas, compreende-se como sendo a mais adequada a largura mínima de 80 cm, levando-se em consideração a experiência descrita pela EMPRESA 1 entrevistada, que contesta o uso de porta externa (de acesso a unidade habitacional) de largura de 70 cm em função da entrada de móveis e equipamentos eletrodomésticos de grandes dimensões, como sofás e geladeiras, tendo como base casos onde se removeu a porta para possibilitar a entrada destes objetos pós-ocupação.

Com isso, entende-se, que pelo menos uma das portas externas (de acesso a unidade habitacional) deva ter largura mínima de 80 cm, portanto no caso da habitação só ter uma porta de acesso externo esta deve apresentar largura mínima de 80 cm. Com base na colocação feita pela EMPRESA 1, deve-se evitar casos em que a cozinha não tem acesso externo com vão livre superior a 70 cm de largura, e é separada por porta de mesma dimensão do restante da habitação, ou seja, considera-se que o acesso a este ambiente deva ser projetado de forma a permitir a entrada de objetos grandes, como uma geladeira, contestado, nestes casos, a colocação da norma com relação à portas internas de largura mínima 70 cm.

A ABNT NBR 9050:2004, visando acessibilidade, estabelece para portas vão livre mínimo de 210 cm de altura e 80 cm de largura. Percebe-se que as normas brasileiras referem-se a vãos livres, ou seja, abertura livre limitada pelas faces do batente (ABNT NBR 15930-1:2011), e não a dimensão da folha da porta.

Sabe-se que na largura a folha da porta apresenta dimensão superior ao vão livre uma vez que se encaixa no rebaixo do batente, proporcionando perfeita vedação. Consequentemente, quando a norma se refere a larguras mínimas, como 80 cm, compreende-se que a folha da porta apresente largura superior a 80 cm.

Na altura, isso não ocorre, podendo estas medidas serem iguais, vão livre de 210 cm e altura da folha da porta de 210 cm, visto que a folha da porta se encaixa no rebaixo do batente somente na parte superior e na parte inferior é necessário deixar uma folga entre folha e soleira, servindo de compensador.

Em nenhum caso considera-se a espessura da folha da porta como elemento de influência no vão livre (na largura), na maioria dos casos, representando um desconto de aproximadamente 3 cm no vão livre da porta, conforme Figura 119. Devendo este fator ser levado em consideração nos casos em que é necessário passar com objetos grandes, o que inclui a questão de acessibilidade, se remetendo a equipamentos como cadeira de rodas, entre outros.



Figura 119 – Influência dimensional da folha da porta no vão livre
Fonte: Foto tirada pela autora

7.4 PORTAS DE MADEIRA

A porta de madeira, antigamente vinculada a um sistema estritamente artesanal de produção, passou a ter seus processos estudados e evoluídos a aproximadamente duas décadas. Nos anos 2000 já estava disponível no mercado um produto diferenciado. Trata-se da evolução dos componentes vendidos separadamente para o elemento porta vendido como um produto único. Respondendo quanto ao seu desempenho, acústico, térmico, resistência ao fogo, segurança, estanqueidade à água, blindagem, entre outros. O kit porta ou porta pronta se destaca como uma solução que contribui para industrialização e racionalização da obra, estando vinculado ao fabricante a instalação da porta, com isso reduzindo etapas de trabalho, mão de obra e tempo.

A porta de abrir com uma folha de madeira (maciça ou de seus derivados) é o tipo de porta mais empregado em todo o mundo, utilizada tanto no interior quanto no exterior da edificação. Culturalmente comercializada no Brasil com base na dimensão da folha da porta.

Para o diagnóstico das dimensões disponíveis no mercado foram levantadas as dimensões dos produtos de oito fabricantes, dos quais quatro atuem nível de qualidade D do QualiHab¹¹ e nível C da Abimci¹². O Quadro 26 foi preenchido com as dimensões das folhas das portas fornecidas conforme catálogo de produtos. Percebe-se onze padrões dimensionais comercializados de folhas de portas de madeira, na largura desde 60 até 120 cm, variando final 0 (zero) e final 2 (dois), com altura de 210 cm.

Folha da porta												
F = fabricante / H = altura (medidas em centímetros)												
F	Largura											H
F1*	60		70		80		90					210
F2*	60		70		80		90		100		120	210
F3	60	62	70	72	80	82	90	92	100	102		210
F4	60		70		80		90		100			210
F5	60	62	70	72	80	82	90	92	100	102		210
F6*	60	62	70	72	80	82	90	92				210
F7*	60	62	70	72	80	82	90	92	100	102		210
F8	60	62	70	72	80	82	90	92				210
Padrões dimensionais comercializados												
Fn	60	62	70	72	80	82	90	92	100	102	120	210

**Quadro 26 – Padrões dimensionais comercializados de kit porta de madeira
(* nível D QualiHab e nível C Abimci)**

A maioria dos fabricantes indica o vão da porta (na alvenaria) necessário para instalação de seus produtos, conforme Quadro 27. Para o vão da porta dois dos fabricantes indicam somar 7 cm a largura da folha da porta, na altura somar 4 cm, ficando com 214 cm. Os outros cinco fabricantes indicam somar 8 cm a largura da folha da porta, resultando nos finais 0 (zero) e 8 (oito), na altura somar 5 cm, resultando em um vão de 215 cm de altura.

¹¹ QualiHab (Programa da Qualidade da Construção Habitacional do Estado de São Paulo) parte da CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo).

¹² Abimci (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente)

Vão da porta												
F = fabricante / H = altura (medidas em centímetros)												
F	Largura											H
F1*	67		77		87		97					214
F2*	67		77		87		97		107		127	214
F3	68	70	78	80	88	90	98	100	108	110		215
F4	68		78		88		98		108			215
F5	68	70	78	80	88	90	98	100	108	110		215
F6*	<i>Não consta</i>											
F7*	<i>Não consta</i>											
F8	<i>Não consta</i>											
Padrões dimensionais de vãos de portas												
Fn	67 68	70	77 78	80	87 88	90	97 98	100	107 108	110	127	+4/5

Quadro 27 – Padrões dimensionais de vãos de portas de madeira segundo fabricantes (*) nível D QualiHab e nível C Abimci

A Figura 120 representa um detalhe executivo de porta de madeira seguindo os padrões dimensionais indicados pelos fabricantes. Utilizando de exemplo a porta de 82 cm de largura por 210 cm de altura, resultando em um vão de porta de 90 cm de largura por 215 cm de altura, resultado da soma de 8 cm na largura (4 cm de cada lado), e 5 cm na altura.

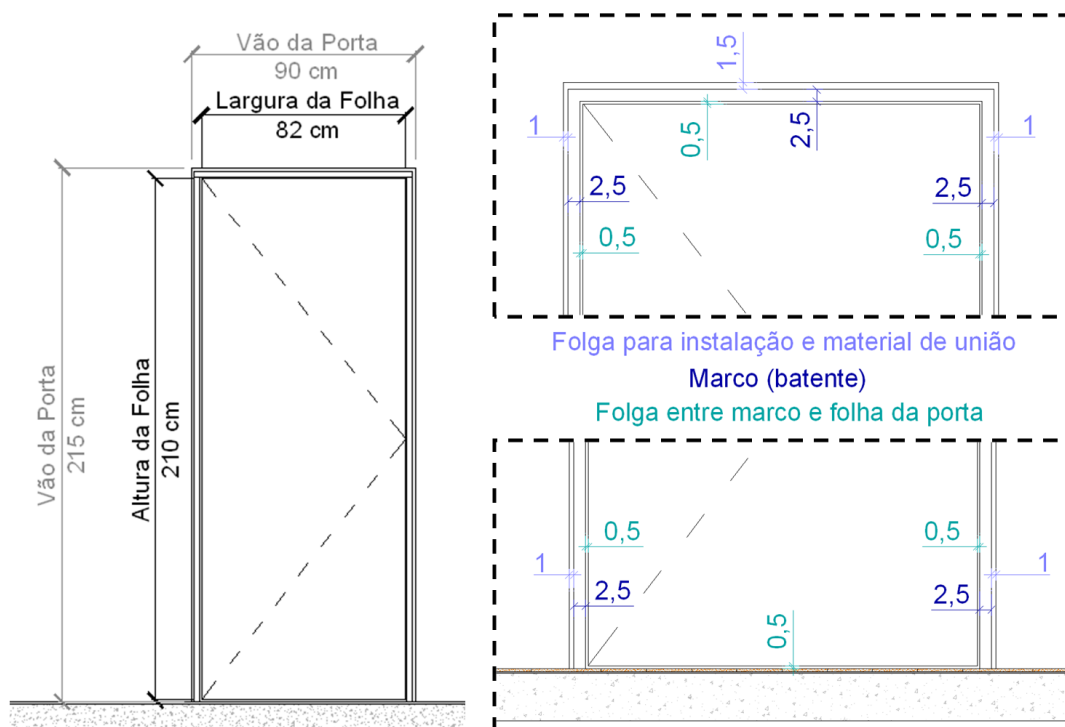


Figura 120 – Detalhe executivo de porta de madeira e vão de porta

Diagnosticou-se batentes de 2/3 cm e 2,5/3,5 cm de espessura (medida menor na face da folha da porta em função do rebaixo no batente, e medida maior na face contrária a da folha da porta parte do batente sem rebaixo), apresentando pequenas variações entre fabricantes.

Na Figura 120 foi adotado o batente de 2,5/3,5 cm; assim como se admitiu 0,5 cm de folga entre folha e batente e 0,5 cm entre folha e soleira. Folgas indicadas pelos fabricantes, pelas empresas entrevistadas e pela ABNT NBR 15930-2:2011. Resultando em um kit de 86 cm de largura (folha de 80 cm) ou 88 cm de largura (folha de 82), e altura de 213,5 cm.

Os fabricantes indicam que suas portas sejam fixadas com espuma de poliuretano expandido, com espessura (folga para instalação) de 0,5 cm mínimo e 1,5 cm máximo, alguns fabricantes de portas comentam o valor de 2 cm como máximo, porém este valor não é indicado por alguns fabricantes da espuma. Excluindo métodos de instalação que utilizem argamassa, não respondendo bem por ser um composto a base de água que em contato com a madeira pode resultar em deformações.

Quanto aos pontos de aplicação da espuma as opiniões também divergem, alguns fabricantes sugerem a aplicação da espuma em alguns pontos específicos, outros em todo o vão livre destinado a ela. Uma das empresas entrevistadas em consenso com seus fornecedores de kit não aplica espuma na parte superior da porta, fixando-a somente nas laterais, prática adotada em diversas obras sem resultar em patologias.

A instalação desta porta é bem simples quando comparado ao método tradicional, dividido em três etapas conforme ilustra a Figura 121, a Figura 122 e a Figura 123. Lembrando que a maioria dos fabricantes de kit porta incluem o serviço de instalação no custo de seu produto, ponto importante para garantir o desempenho da porta.

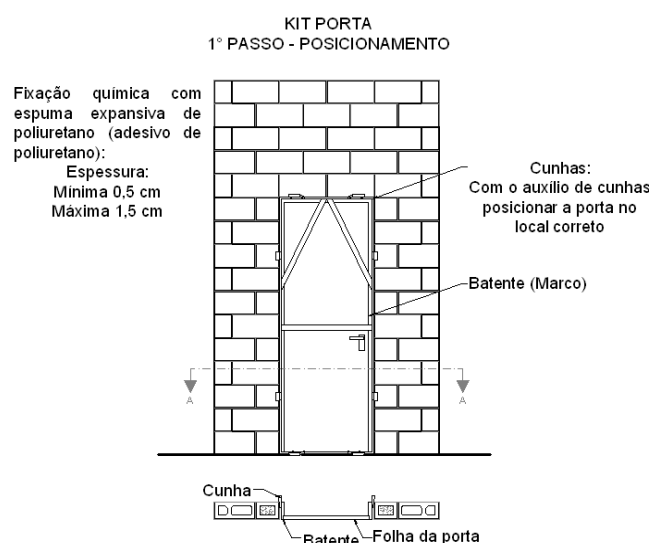


Figura 121 – Primeiro passo para instalação do kit porta

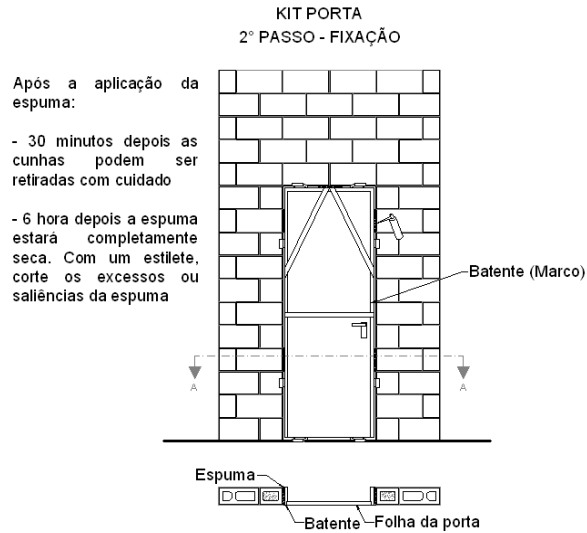


Figura 122 – Segundo passo para instalação do kit porta



Figura 123 – Terceiro passo para instalação do kit porta

7.4.1 ABNT NBR 15930-2:2011

Lançada no final do ano de 2011, a ABNT NBR 15930-2:2011 estabelece requisitos para portas de madeira, se referindo a porta conforme sua indicação para área interna ou externa e de acordo com sua massa. No Quadro 28 constam as dimensões de folhas de portas internas (segundo sua massa) indicadas pela norma, assim como no Quadro 29 constam as dimensões de folhas de portas de entrada e externas. Como se pode ver a norma admite folhas de final 0 (zero) 60, 70, 80, 90, 100 e 110 cm de largura, e altura de 210 cm e 240 cm. Tem-se disponível no mercado, conforme mostrado anteriormente, folhas de porta com largura de final 2 (dois), como 62, 72, 82 e 92 cm, em desacordo com as dimensões propostas pela norma, já na altura a norma apresenta folha com 240 cm não comercializada pelos oito fabricantes estudados.

Descrição	Dimensões das folhas das portas internas para os padrões (cm)		
	Leve De 6 a 10 kg/m ²	Médio De 10 a 20 kg/m ²	Pesado De 20 a 30 kg/m ²
Altura	210	210	210 240
Largura	60 70 80 90	60 70 80 90	60 70 80 90
Espessura	3,5	3,5 4,0	4,0 4,5

Quadro 28 – Medidas padronizadas para folhas das portas internas (segundo sua massa)
Fonte: Tabela 4 ABNT NBR 15930-2:2011

Descrição	Dimensões das folhas das portas de entrada e externas para os padrões (cm)			
	Leve De 6 a 10 kg/m ²	Médio De 10 a 20 kg/m ²	Pesado De 20 a 30 kg/m ²	Superpesado Acima de 30 kg/m ²
Altura	210	210	210 240	210 240
Largura	80 90	80 90 100 110	80 90 100 110	80 90 100 110
Espessura	3,5	3,5 4,0	4,0 4,5	4,5

Quadro 29 – Medidas padronizadas para folhas das portas de entrada e externas (segundo sua massa). Nota: Leve não é válido para portas externas
Fonte: Tabela 5 ABNT NBR 15930-2:2011

Outros valores estabelecidos pela norma que se apresentam de interesse estão dispostos no Quadro 30, constando o dimensionamento e tolerâncias para vãos de portas fixadas com espuma de poliuretano expandido (PU). Verifica-se que a norma indica somar na largura valores distintos relacionados com a massa da folha da porta variando de 7 a 10 cm. No levantamento feito no item anterior os fabricantes indicavam de 7 a 8 cm, o que diz respeito somente a portas de massa leve e média, desta forma compreende-se que as portas comercializadas pelos fabricantes estudados, obtidas através de seus catálogos, e portanto de maior circulação no mercado, possuem massa leve e média, confirmada pelo fato de não ter sido diagnosticada a altura de 240 cm. O aumento indicado para a altura varia de 4 a 4,5 de massa leve para média, no item anterior variando de 4 a 5 cm (indicação do fabricante), como a norma admite a tolerância de ± 1 cm, a indicação do fabricante encontra-se dentro do valor estimado.

Descrição	Dimensionamento e tolerâncias dos vãos de portas para os padrões (cm)			
	Leve	Médio	Pesado	Superpesado
Largura do vão (Lv)	L + 7	L + 8	L + 9	L + 10
Altura do vão (Hv) Piso acabado	H + 4	H + 4,5	H + 4,5	H + 5
Tolerância do vão da porta	±1			

Quadro 30 – Dimensionamento e tolerâncias para os vãos de portas fixadas com espuma PU (mm). Nota: L = Largura da folha / H = Altura da folha
Fonte: Tabela 2 ABNT NBR 15930-2:2011

Vale salientar também que os valores indicados anteriormente para espessuras de batente estão condizentes com a norma, que indica para portas de massa leve batentes de espessura de 2/3 cm (dois na parte mais fina do batente, rebaixo, onde se instala a folha da porta, e três na parte mais espessa), e para portas de massa média batentes com 2,5/3,5 cm de espessura.

Assim como os espaçamentos, a norma indica 0,5 cm de espaçamento entre a folha da porta e a soleira (piso acabado) e 0,5 cm de espaçamento entre folha e batente.

7.5 BATENTE METÁLICO ENVOLVENTE

A busca por aprimorar os processos construtivos rumo à industrialização e racionalização apontou para a solução de batente metálico envolvente como uma alternativa a se considerar. Comercializado com base em especificações e projetos, este produto apresenta-se com certa flexibilidade dimensional quanto às necessidades do cliente, podendo através da aquisição de pequenas quantidades apresentar medidas específicas para cada obra. Representando vantagens quanto à compatibilidade dimensional do batente com a alvenaria, se destacando como uma solução passível de ser modulada. Conforme ilustra a Figura 124.



Figura 124 – Batente modular
Fonte: DM2 METALÚRGICA (b) (2011)

Estes produtos (batente metálico) são fornecidos de fábrica já com as travessas montadas e travadas, com furos no caso de batentes parafusados (solução incomum) e grapas no caso de batentes chumbados (solução mais comum), também com furos para fixação das dobradiças, ou com as dobradiças já fixadas (solução incomum).

Existem vários tipos de batentes metálicos. No que diz respeito ao envolvente, o tipo mais comum utilizado está representado na Figura 125, nomeado por seu fabricante de batente envolvente assimétrico, por apresentar rebaixo somente em um dos lados, modelo fixado por grapa, podendo apresentar variações dimensionais em função do fabricante e especificações de projeto (como dito anteriormente). A Figura 126 representa um segundo tipo de batente envolvente assimétrico fixado por grapa. A Figura 127 representa um modelo simétrico, portanto com rebaiços simétricos nos dois lados do batente, também fixado por grapa.

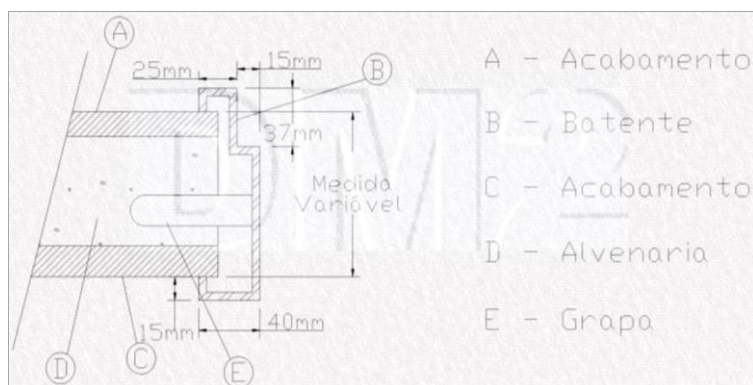


Figura 125 – Batente envolvente assimétrico Opção 1 (com grapa)
Fonte: DM2 METALÚRGICA (a) (2012)

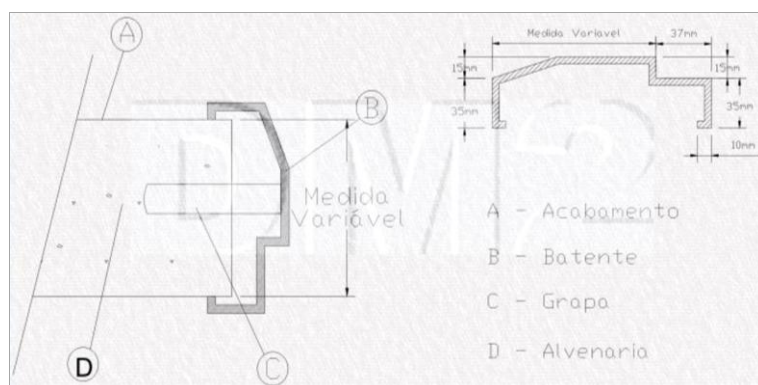


Figura 126 – Batente envolvente assimétrico Opção 2 (com grapa)
Fonte: DM2 METALÚRGICA (b) (2012)

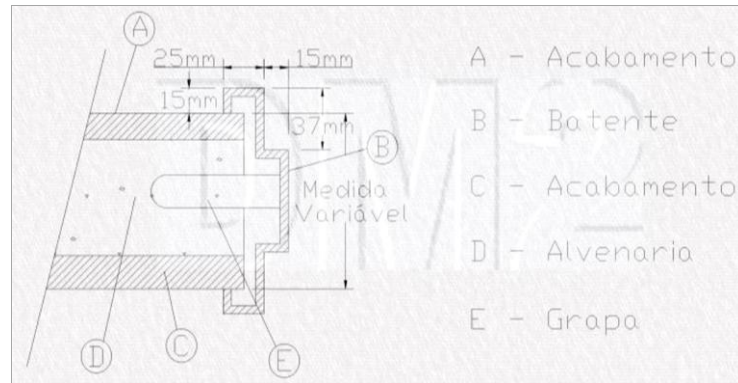


Figura 127 – Batente envolvente simétrico (com grapa)
Fonte: DM2 METALÚRGICA (c) (2012)

Os batentes metálicos envolventes servem de gabarito para a elevação da alvenaria, possibilitando-se trabalhar com uma pequena folga entre o batente e a alvenaria, servindo de ajuste de coordenação. Além disso, tem incorporados ao seu perfil metálico a guarnição da porta (alizar), reduzindo uma etapa de serviço da obra.

Há ainda outros tipos de batente, os batentes metálicos não envolventes, como o representado na Figura 128, que incorpora somente meia alvenaria (fixado por grapa), e o representado na Figura 129, nomeado de batente corredor (fixado por parafuso).

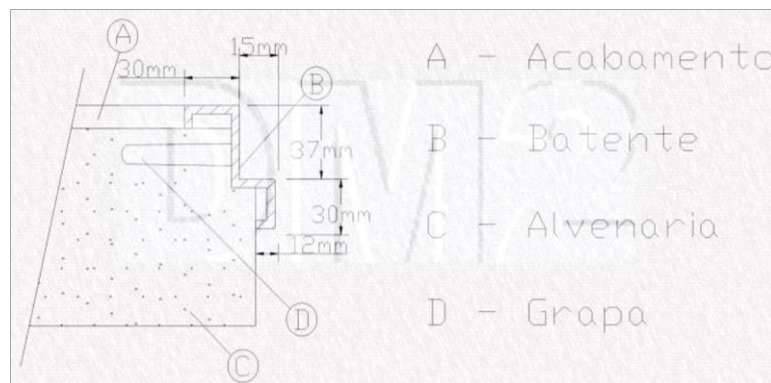


Figura 128 – Batente meia alvenaria (com grapa)
Fonte: DM2 METALÚRGICA (d) (2012)

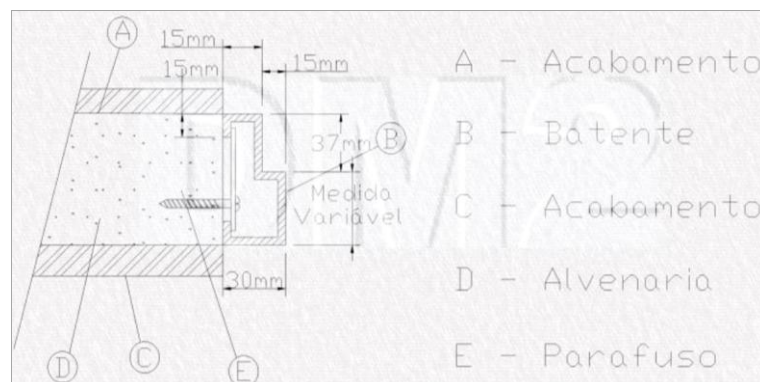


Figura 129 – Batente corredor (com parafuso)
Fonte: DM2 METALÚRGICA (e) (2012)

Os batentes metálicos não envolventes perdem mercado para os batentes envolventes por não apresentarem as mesmas vantagens, como por exemplo, estes batentes não servem de gabarito e são instalados após a execução da alvenaria, sua instalação apresenta alguns entraves como o acabamento dado ao canto (aresta) da alvenaria não envolvida, muitas vezes representando um produto final de qualidade inferior.

A EMPRESA 3 retrata a sua experiência com batente metálico envolvente (similar ao da Figura 125) como uma solução já muito adotada, descartada recentemente por duas razões principais. Primeira razão, o custo do batente, ficando mais caro que a solução de batente em madeira. A segunda razão está vinculada ao fato de ser necessário um rígido controle de execução para que esta solução seja realizada com sucesso, no caso da construção em massa (série) o nível de controle da execução atual (desta empresa) não atinge o patamar necessário, desta forma o batente metálico instalado junto da execução da alvenaria muitas vezes fica desaprumado (desalinhado) acarretando problemas na fase de instalação da folha da porta, com isso gerando ocasionalidades na obra, representado falta de racionalização.

Como visto, esta é uma solução que possibilita certa flexibilidade dimensional com base nas necessidades do cliente, pensando nisso realizou-se o detalhe da Figura 130, no papel de um cliente que deseja utilizar esta solução em projetos de alvenaria estrutural, tendo como base o modelo de batente metálico envolvente representado na Figura 125, seguindo suas dimensões.

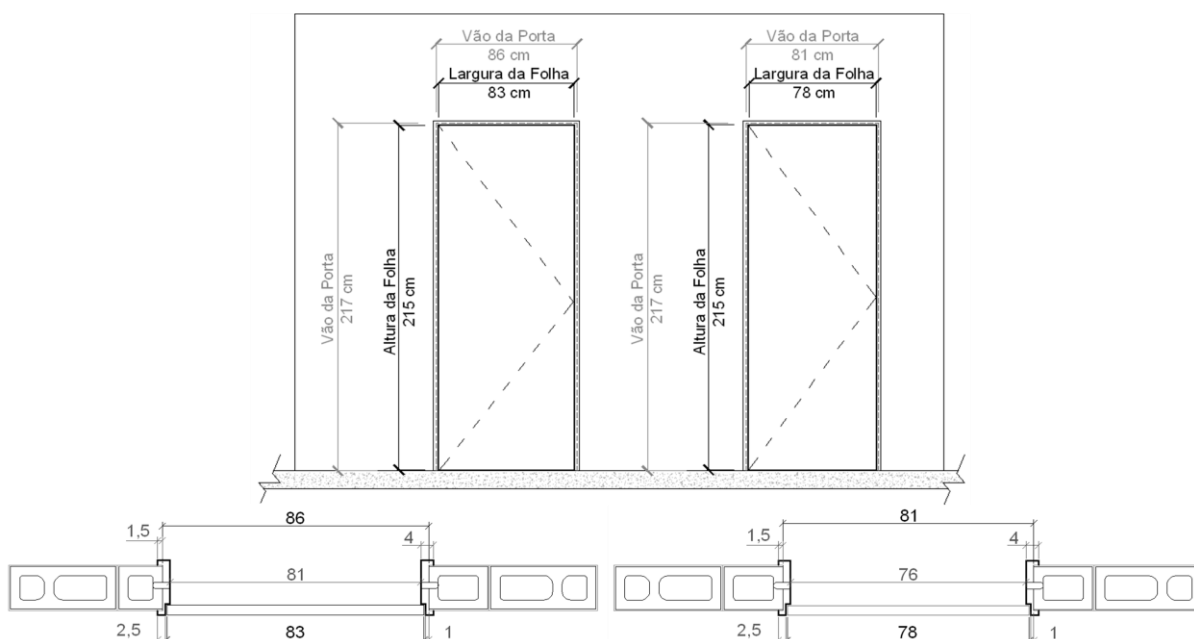


Figura 130 – Batente metálico envolvente modular (medida em centímetros)

A Figura 130 tem como base um vão de porta de 221 cm de altura (altura do vão da porta conforme diagnosticado no capítulo 5, item 5.6), no qual se descontou a espessura de 3 cm de contrapiso e 1 cm de piso (capítulo 6, item 6.3 e 6.4 da pesquisa), ficando 217 cm de altura, por 81 e 86 cm de largura (vãos nominais modulares diagnosticados com final 1 e 6 na largura, capítulo 5, item 5.6). Resultando em uma folha de 215 cm de altura (no caso de um projeto sem contrapiso, nível zero, se acrescenta 3 cm, ficando 218 cm de altura) por 83 cm de largura quando vão de 86 cm, e 78 cm de largura quando vão de 81 cm. Não condizendo com as medidas de portas de madeira comercializadas atualmente.

Na execução do detalhe considerou-se 0,5 cm de folga entre a folha da porta e o batente metálico (igual a batente de madeira) assim como entre a folha da porta e o piso, e o batente embutindo a alvenaria em 1,5 cm.

7.6 PORTA METÁLICA

Porta metálica abrange portas de aço e de alumínio, sendo a normalização vigente a mesma para ambos os materiais (inclusive para o batente metálico). A ABNT NBR 10821, esquadrias externas para edificações, e suas cinco partes, estabelece os parâmetros normativos destes produtos, segundo disposto no Quadro 31.

ABNT NBR 10821		
ESQUADRIAS EXTERNAS PARA EDIFICAÇÕES		
Parte 1	Terminologia	2011
Parte 2	Requisitos e classificação	
Parte 3	Métodos de ensaio	
Parte 4	Requisitos adicionais de desempenho	Expectativa de publicação e homologação - Dezembro/2012
Parte 5	Instalação e manutenção	

Quadro 31 – ABNT NBR 10821 Esquadrias externas para edificações Parte 1 a 5

No que diz respeito à acessibilidade, a norma estabelece que os produtos desta indústria devam estar de acordo com a ABNT NBR 9050:2004, e no que diz respeito à coordenação modular devendo estar de acordo com a ABNT NBR 15873:2010, com isso garantindo a disponibilidade de produtos modulares.

No mercado brasileiro há dois segmentos diferentes de produção e comercialização de esquadrias, o de esquadrias especiais e o de esquadrias padronizadas. No caso das esquadrias especiais o arquiteto especifica a dimensão e o tipo de esquadria que necessita, o fabricante verifica a possibilidade de execução com base nos perfis metálicos que possui, caso viável fabrica conforme as necessidades do cliente e da obra. Nos casos dos

fabricantes de excelência, neste tipo de comercialização, estão vinculadas todas as garantias que normalmente o fabricante oferece para esquadrias de dimensões padronizadas.

As esquadrias de dimensões padronizadas são aquelas produzidas em série comercializadas por todo o território brasileiro, podendo apresentar variações dimensionais conforme o fabricante, disponíveis em lojas de materiais de construção ou através de representantes regionais.

As esquadrias metálicas se destacam em função de sua resistência e durabilidade, estando vinculadas a processos de produção industrializados, ou seja, produzidas com controle de qualidade e desempenho. Representadas no caso do alumínio pela AFEAL (Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio), e no caso do Aço pela AFEAÇO (Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Aço), ambas as associações integrantes do PSQ (Programa Setorial da Qualidade), parte do PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat) com foco na melhoria da qualidade do habitat e na modernização produtiva do segmento.

As esquadrias de aço e de alumínio são comercializadas de diferentes formas no que diz respeito ao acabamento final. As esquadrias de aço são comercializadas com dois diferentes níveis de acabamento, sem pintura final e sem vidros, visando a execução destes serviços em obra, e com pintura e vidros, eliminando estes serviços da obra. Por outro lado as esquadrias de alumínio são comercializadas de uma única forma, pintadas e com vidros, conforme ilustra a Figura 131.

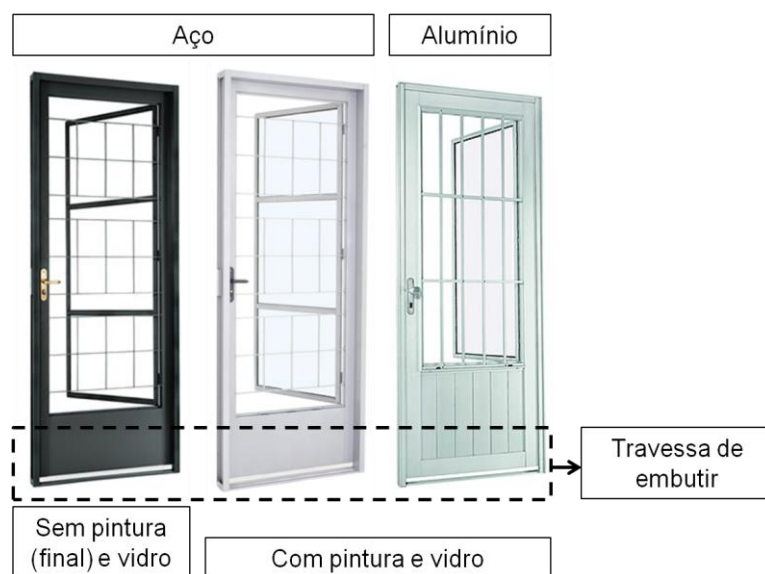


Figura 131 – Exemplos de portas de aço sem/com pintura e vidro; e porta de alumínio com pintura e vidro. Detalhe para travessa de embutir no piso
Fonte: Imagens de portas de SASAZAKI (2012)

O modelo de porta de abrir com uma folha de metal (aço ou alumínio), é usualmente empregado no Brasil em portas externas, principalmente por seu desempenho com relação às intempéries, portanto não sendo muito empregado em edificações de múltiplos pavimentos (em áreas internas), uma vez que o acesso às unidades é feito através de ambientes fechados como corredores, por outro lado, largamente empregado em residências de pequeno porte (casas) em portas de acesso externo. Solução adotada somente quando necessário em função do custo elevado, sobretudo quando comparado a soluções de portas de madeira.

Ambos os materiais, com ou sem acabamento final (pintura e vidros), são instalados da mesma forma, chumbados na alvenaria, na fase da obra em que a alvenaria já está erguida, antes do reboco (pelo menos no contorno da porta), antes do piso e do contrapiso, havendo na maioria dos casos uma travessa de embutir no contrapiso, assim como destacado na Figura 131.

A Figura 132 representa os procedimentos padrões para instalação de portas metálicas, de aço e de alumínio, conforme descrito anteriormente, seguindo as recomendações de um dos maiores fabricantes de portas metálicas (aço e alumínio) de dimensões padronizadas do Brasil. Neste caso o que diferencia quanto ao acabamento é que a porta pintada e com vidros é fornecida de fábrica com uma embalagem (proteção) que deve ser removida somente na fase final da obra.

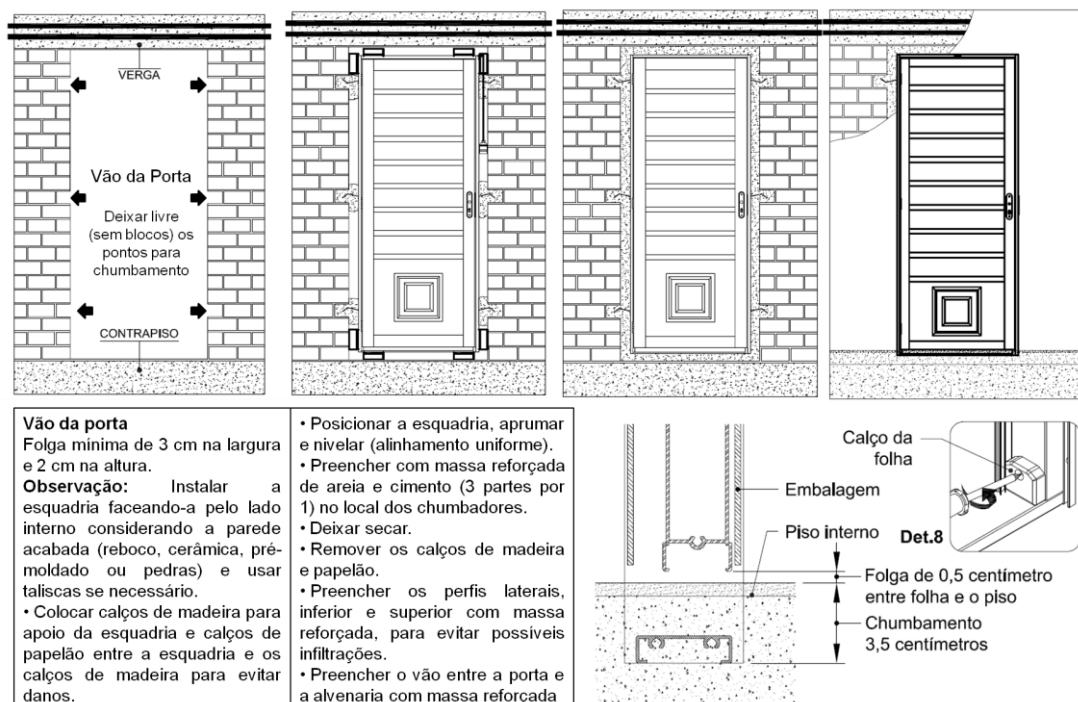


Figura 132 – Processo de instalação de portas de aço e de alumínio segundo fabricante
Fonte: Adaptado de SASAZAKI (2012)

Sendo importante se atentar para o detalhe da travessa de embutir no contrapiso. Portas que apresentam esta solução não são indicadas para obras que fazem uso da laje nível zero, pois não há contrapiso, apontando para a necessidade em destinar um vão com a profundidade necessária para a correta instalação da travessa, ou ainda, descartar opções de portas com travessas.

Outro ponto a se atentar é a folga para instalação, 3 cm na largura (1,5 cm de cada lado) e 2 cm na altura (entre vão e porta), valor mínimo especificado pelo fabricante. Neste caso não é aconselhável que a espessura da argamassa passe de 3 cm (máximo recomendado), do contrário refletindo a necessidade de se utilizar outros materiais para preencher este vão como blocos quebrados, ou outra solução não racionalizada, sugerindo uma folga de 6 cm (3 cm de cada lado) máxima na largura, e 3 cm máxima na altura. Uma variação (tolerância) de 3 cm entre mínimo e máximo na largura e 1 cm na altura.

Verificou-se que a forma de comercialização de portas metálicas é distinta a de portas de madeira no que diz respeito à dimensão do produto fornecida ao consumidor. No caso de portas metálicas se trabalha com a dimensão da porta como conjunto, elemento, formado pelo batente, pela folha da porta e pelas folgas perimetrais, já no caso de portas de madeira se trabalha somente com a dimensão da folha da porta.

Outra diferença quando comparada a portas de madeira é que no caso de portas metálicas não se costuma utilizar alizares (guarnições), uma vez que a porta é instalada com argamassa e com isso é possível obter um perfeito acabamento entre batente e porta, porém existe no mercado alizares metálicos, variando entre fabricantes.

- **Esquadrias padronizadas**

Com foco nas portas de dimensões padronizadas, buscando diagnosticar os padrões dimensionais disponíveis no mercado, foram investigados três fabricantes, sendo um deles o fabricante que especifica o detalhe da Figura 132, e os outros dois fabricantes de atuação em todo o território brasileiro. A maioria dos fabricantes que trabalha com portas de aço também fabricam portas de alumínio, este é o caso dos três fabricantes investigados. No que diz respeito às portas de aço, o Quadro 32 foi preenchido com a largura e a altura disponibilizadas em seus catálogos.

Percebe-se que a variedade dimensional entre fabricantes é muito grande, apontando um total (T) de dezesseis larguras de portas distintas e duas na altura, questionando o uso da palavra padronizada quando se refere a este tipo de esquadria.

Porta de Aço																	
F = fabricante / H = altura (medidas em centímetros)																	
	Largura															H	
F1			67				77				87	88					217
F2				68				78				88			99		215
F3	65	66			75	76			85	86			89	90		100	215
Padrões dimensionais comercializados																	
T	65	66	67	68	75	76	77	78	85	86	87	88	89	90	99	100	215 217

Quadro 32 – Padrões dimensionais comercializados de portas de aço

No caso das portas de alumínio, diagnosticou-se nove larguras distintas, menos do que no aço, porém três alturas distintas, uma a mais que o aço, a de 216 cm, conforme Quadro 33, onde se investigou os padrões dimensionais (largura e altura) de portas de alumínio dos mesmos três fabricantes de portas de aço.

Porta de Alumínio											
F = fabricante / H = altura (medidas em centímetros)											
	Largura									H	
F1			77				87				215
	68			78				88		98	216
								88		98	217
F2	68			78				88			215
F3										96	215
					86				90		216
Padrões dimensionais comercializados											
T	68		77	78	86	87	88	90	96	98	215 216 217

Quadro 33 – Padrões dimensionais comercializados de portas de alumínio

Com base na largura e na altura das portas, Quadro 32 portas de aço e Quadro 33 portas de alumínio, é possível diagnosticar o vão necessário na alvenaria para a sua instalação, em vista disso levou-se em consideração os valores indicados pelos fabricantes, folga mínima de 3 cm na largura e 2 cm na altura, e máxima de 6 cm na largura e 3 cm na altura.

No Quadro 34 constam os vãos necessários para a instalação das portas de aço dimensionalmente descritas no Quadro 32 (padrões dimensionais diagnosticados), sendo “V1” o vão mínimo necessário, “V2” o vão máximo e “V3” o vão que atende o maior número de portas.

Vão - Porta de Aço																	
H = altura (medidas em centímetros)																	
Padrões dimensionais comercializados																	
	Largura																H
T	65	66	67	68	75	76	77	78	85	86	87	88	89	90	99	100	215 217
V1 = vão mínimo / V2 = vão máximo / V3 = vão que atende o maior nº de portas																	
V1	68	69	70	71	78	79	80	81	88	89	90	91	92	93	102	103	217 219
V2	71	72	73	74	81	82	83	84	91	92	93	94	95	96	105	106	218 220
V3	71				81				91			93 a 95			103 a 105	218 220	
							92										
							93										

Quadro 34 – Vãos de portas de aço na alvenaria

Analisando o vão que atende o maior número de portas, linha “V3”, percebe-se, no que diz respeito à largura, que o vão de final 1 (71, 81 e 91 cm) se destaca adequado às portas de final 5, 6, 7 e 8, atendendo 12 das 16 larguras de portas diagnosticadas, ou seja, 75% dos casos. Para os quatro casos restantes, portas de final 9 e 0 de largura, se destacam adequados vãos que variam entre os finais 3, 4 e 5. Na altura o vão da porta pode variar entre 218 e 220 cm atendendo as duas alturas de portas de aço diagnosticadas (215 e 217 cm).

O Quadro 35 representa as dimensões (largura e altura) dos vãos de portas necessários para instalar as portas de alumínio dimensionalmente descritas no Quadro 33, seguindo os mesmos parâmetros descritos para o Quadro 34 (portas de aço). Analisando o vão que atende o maior número de portas, linha “V3”, percebe-se que o vão de porta de final 1 se destaca como o de maior adequabilidade, assim como às portas de aço, atendendo 8 das 9 larguras de portas diagnosticadas, um percentual de 88,9% dos casos, o único caso que não se adequa ao vão de final 1 é o da porta de 90 cm de largura (final 0), se destacando adequada a um vão que pode variar entre 93 e 96 cm de largura. No caso das alturas, compreende-se que o vão de 218 cm de altura se destaca adequado às portas de 215 e 216 cm, assim como o vão de 219 cm de altura se destaca adequado às portas de 216 e 217 cm.

Vão - Porta de Alumínio										
H = altura (medidas em centímetros)										
Padrões dimensionais comercializados										
	Largura									H
T	68	77	78	86	87	88	90	96	98	215 216 217
V1 = vão mínimo / V2 = vão máximo / V3 = vão que atende o maior nº de portas										
V1	71	80	81	89	90	91	93	99	101	217 218 219
V2	74	83	84	92	93	94	96	102	104	218 219 220
V3	71	81 a 83		91 a 92			93 a 96	101 a 102		218 219

Quadro 35 – Estudo de vãos de portas de alumínio na alvenaria

No que diz respeito aos padrões dimensionais comercializados, percebe-se uma grande variação dimensional, chamando a atenção para uma possível variação dimensional dos componentes da porta, como a folha da porta, o batente, e a travessa de embutir.

Buscando investigar tais variações dimensionais, o Quadro 36 foi preenchido com as dimensões (largura e altura) das folhas das portas do Quadro 32 (portas de aço, mesmos fabricantes), assim como com as espessuras dos batentes utilizados na composição de cada porta. Lembrando que a porta admite também folgas perimetrais entre componentes, sendo de 0,5 cm entre a folha da porta e o batente, e 0,5 cm entre a folha da porta e a soleira.

Folha da porta e batente - Porta de Aço																	
H = altura / F = fabricante / FP = folha da porta / B = espessura do batente																	
Padrões dimensionais comercializados de porta (cm)																	
	Largura															H	
F1			67				77				87	88					217
F2				68				78				88			99		215
F3	65	66			75	76			85	86			89	90		100	215
Padrões dimensionais comercializados de folhas de porta e batentes (cm)																	
FP	60		62	61	70		72	71	80		82	81	83		92	93	209 210
B	2	2,5	2	3	2	2,5	2	3	2	2,5	2	3	2,5	3	3	3	-

Quadro 36 – Padrões dimensionais comercializados de folhas de portas de aço e batentes

Na largura, (Quadro 36) diagnosticou-se folhas de final zero (0), um (1), dois (2) e três (3), variando conforme o fabricante. Na altura diagnosticou-se folhas de 209 cm referente à porta de 215 cm, e 210 cm referente à porta de 217 cm, uma diferença de 6 cm entre folha e porta no primeiro caso e 7 cm no segundo, diferença ocupada pelo batente (espessura variável conforme o Quadro 36), pela folga entre batente e folha (0,5 cm), pela folga entre batente e soleira (0,5 cm), e pela travessa de embutir (dimensão variável). No que diz respeito ao batente, percebe-se que sua espessura variou entre 2 cm, 2,5 cm e 3 cm.

No Quadro 37 constam as dimensões (largura e altura) das folhas das portas de alumínio apresentadas no Quadro 33, assim como a espessura dos batentes que as compõem. Na largura também (igual ao aço) se diagnosticou folhas de final zero (0), um (1), dois (2) e três (3), variando conforme o fabricante. Na altura diagnosticou-se folhas de 209 cm referente às portas de 215 e 216 cm, estando vinculada à travessa de embutir a diferença de 1 cm entre os casos, e 210 cm referente à porta de 217 cm. Assim como no caso do aço, a diferença na altura entre a folha da porta e a porta é ocupada pelo batente (espessura variável conforme o Quadro 37), pela folga entre batente e folha (0,5 cm), pela folga entre batente e soleira (0,5 cm), e pela travessa de embutir (dimensão variável). Quanto ao batente percebe-se que sua espessura também (igual ao aço) variou entre 2 cm, 2,5 cm e 3 cm.

Folha da porta e batente - Porta de Alumínio													
H = altura / F = fabricante / FP = folha da porta / B = espessura do batente													
Padrões dimensionais comercializados de porta (cm)													
	Largura												H
F1		77				87							215
	68		78				88				98		216
							88				98		217
F2	68		78				88						215
F3										96			215
				86					90				216
Padrões dimensionais comercializados de folhas de porta e batentes (cm)													
FP	61	62	72	71	72	80	82	81	82	83	90	92	209 210
B	3	2,5	2	3	2,5	2,5	2	3	2,5	3	2,5	2,5	-

Quadro 37 – Padrões dimensionais comercializados de folhas de portas de alumínio e batentes

Verificou-se através da pesquisa em campo que a travessa de embutir apresenta variações na altura, conforme a Figura 133.



Figura 133 – Portas de aço com e sem pintura e portas de alumínio. Diferentes fabricantes. Detalhe para variação na distância da travessa em relação à folha
Fonte: Fotos tiradas pela autora

Portanto, percebe-se que as variações dimensionais diagnosticadas tanto nas folhas das portas, quanto nos batentes e na travessa de embutir, são responsáveis pela gama dimensional de portas de aço (dezesesseis na largura e duas na altura) e de alumínio (nove na largura e três na altura) atualmente comercializadas.

- **Esquadrias especiais**

Como visto, outra forma de se comercializar portas metálicas é através da produção de esquadrias especiais, voltadas a um cliente e obra específicos. Neste caso, sobre a perspectiva de interesse da pesquisa, resta saber quais as dimensões de uma “porta de abrir com uma folha” modular, compreendendo como esquadria modular (elemento modular), aquela que se encaixa, cabe, ou preenche um vão modular (ABNT NBR 15873:2010).

A Figura 134 ilustra uma porta metálica modular, executada para projeto com contrapiso (capítulo 6 item 6.3), admitindo a espessura de 3 cm de contrapiso mais 1 cm para o conjunto do piso (argamassa colante mais placa cerâmica, capítulo 6 item 6.4), representando um conjunto de 4 cm acima da laje. Utilizou-se na figura o vão de porta de 81 cm de largura e 221 cm de altura (conforme diagnosticado no item 5.6 do capítulo 5). Resultando em uma folha de porta de 71 cm de largura (final 1) e 211 cm de altura.

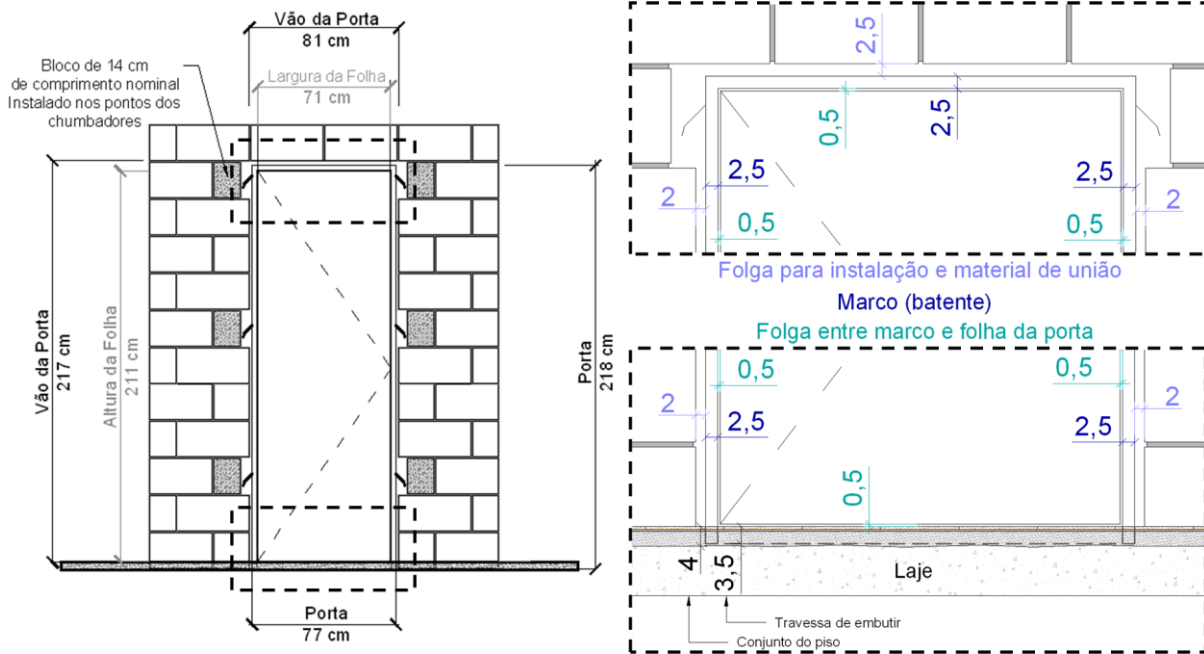


Figura 134 – Porta metálica modular para projeto com contrapiso

Para o batente da porta considerou-se a espessura de 2,5 cm, que conforme diagnosticado pode variar entre 2 cm, 2,5 cm e 3 cm. Com base na variação de espessura que o batente pode apresentar e levando em consideração que a folga mínima indicada pelo fabricante na largura é de 1,5 cm de cada lado e máxima de 3 cm, considerou-se 2,0 cm de cada lado da porta como folga entre batente e alvenaria na largura, folga considerada a mais indicada, pois serve para qualquer uma das três espessuras de batente diagnosticadas.

Na altura admitiu-se uma folga de 2,5 cm entre ao vão e a porta, levando em conta que a folga indicada pelo fabricante é de 2 cm mínimo e 3 cm máximo, folga considerada adequada, pois assim como na largura, serve para qualquer uma das três espessuras de batente diagnosticadas 2 cm, 2,5 cm (Figura 134) e 3 cm. Na altura há ainda a influência dimensional da travessa de embutir, na Figura 134, aplicada com dimensões iguais as da Figura 132, ou seja, 3,5 cm embutida no piso deixando uma folga de 0,5 cm entre piso acabado e folha da porta.

Por fim, somando essas dimensões às folgas perimetrais de 0,5 cm entre folha e batente, e 0,5 cm entre folha e soleira, tem-se como resultando uma porta de 77 cm de largura (final 7) por e 218 cm de altura. Sendo importante lembrar que trabalhar com portas metálicas requer precisão dimensional, pois não se admite ajuste dimensional na porta em obra, ou seja, cortes.

No que diz respeito à travessa de embutir, uma questão à que se deve atentar está vinculada ao contrapiso, ou ausência dele. Em projetos com contrapiso de 3 cm, a travessa

de embutir de 3,5 cm de altura é a maior que se indica trabalhar, ficando uma folga de 0,5 cm entre a travessa e laje para eventuais ajustes levando em consideração que a laje pode apresentar superfície levemente desnivelada e rugosa.

Travessas de dimensões menores que 3,5 cm podem ser embutidas no contrapiso, desde que considere a folga entre a folha e o piso acabado, e a espessura do conjunto do piso. Nos casos em que se trabalha com contrapiso zero, ou laje nível zero, não se indica portas com travessas de embutir, solução viável principalmente quando se fala em esquadrias especiais. No caso da presença da travessa esta deve ser passível de ser embutida abaixo do piso, deixando uma folga de 0,5 cm entre a folha da porta e o piso acabado.

A Figura 135 representa um caso semelhante ao da Figura 134, porém sem contrapiso, ou seja, nível zero. Soluções com contrapiso ou nível zero (contrapiso zero) apresentam, em sua maioria, diferença dimensional de 3 cm de espessura, conforme discutido no capítulo 6 item 6.3, portanto no caso de portas metálicas para laje nível zero esta diferença estará refletida na altura da folha da porta. Resultando em uma folha de altura de 214 cm ao invés de 211 cm. A altura da porta (conjunto) fica a mesma uma vez que se considera a travessa de embutir na dimensão do conjunto, neste caso equivalendo às medidas.

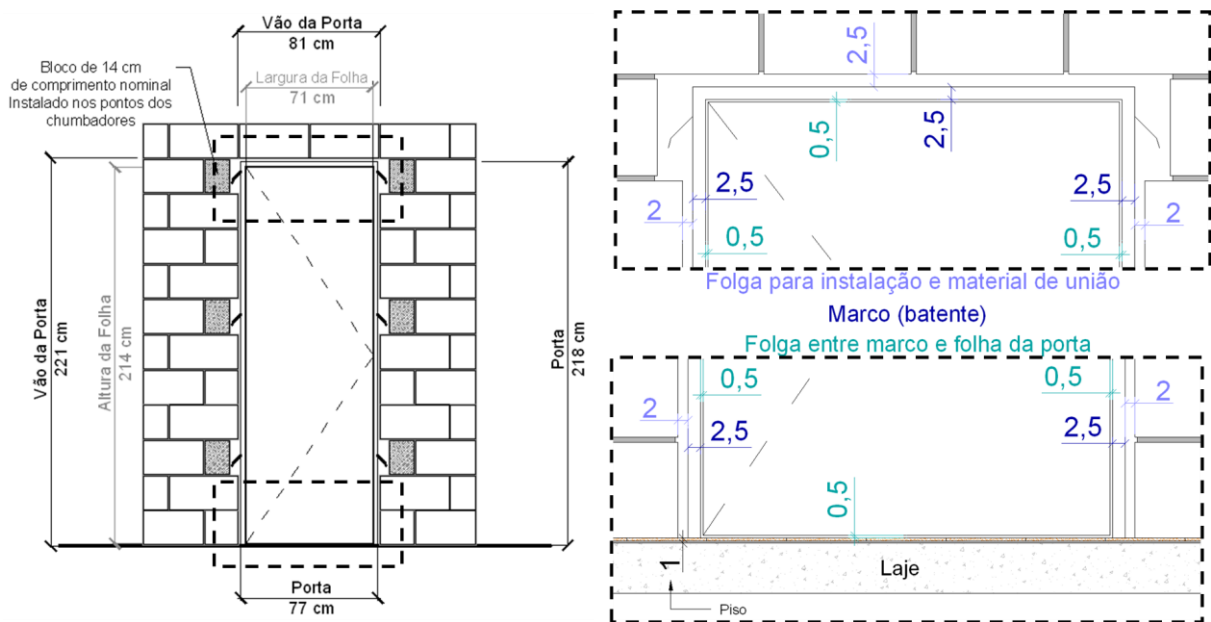


Figura 135 – Porta metálica modular para projeto sem contrapiso (nível zero)

8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para se diagnosticar padrões modulares de portas para projetos de alvenaria estrutural é necessário estudar a fundo uma série de questões. O primeiro passo consiste em compreender como aplicar e utilizar corretamente a coordenação modular, em especial aplicada a dois elementos, a alvenaria estrutural e a porta. Em um segundo momento estudar pontualmente cada um desses elementos e seus universos atuais, envolvendo padrões dimensionais disponíveis, materiais, formas de instalação, normalização envolvida, entre outros. Diagnosticar vãos de portas modulares e portas modulares envolve acima de tudo um estudo minucioso com base nas dimensões nominais de cada componente envolvido.

Tendo sido estudado separadamente cada elemento e componente de influência dimensional, cabe agora unir e suprimir estas informações de forma a diagnosticar padrões modulares de portas para projetos de alvenaria estrutural.

8.1 VÃO MODULAR

No capítulo 6 estudou-se a fundo todas as questões que envolvem a alvenaria estrutural, tendo como principal objetivo diagnosticar os possíveis vãos modulares na alvenaria, levando em conta as tipologias e materiais mais utilizados no Brasil.

Diagnosticou-se na largura que o padrão dimensional varia entre final 1 ou 6 (cm) de medida nominal, por exemplo, 71, 76, 81, 86, 91, 96, 101 e 106 cm; e final 0 ou 5 (cm) de medida coordenada, por exemplo, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 e 105 cm¹³; valores diagnosticados em todas as famílias de blocos dos materiais concreto e cerâmico¹⁴. Conforme as Equações 3 e 4.

Diagnosticou-se também que o vão apresenta uma variação dimensional de 1 (um) centímetro entre a medida nominal e a medida coordenada. Conforme representa a Figura 136 e as Equações 3, 4, 5 e 6. Na altura, em função da espessura da argamassa entre a primeira fiada de blocos e a laje ser de 1 cm, onde 0,5 cm já está admitido na dimensão coordenada do bloco, o outro 0,5 cm é proveniente do fato de a face interna do vão não

¹³ Dúvidas com relação à dimensão nominal e coordenada ver capítulo 4, item 4.2 (coordenação modular aplicada), e, capítulo 5 (coordenação modular aplicada a alvenaria estrutural), item 5.4.

¹⁴ Dúvidas capítulo 5, item 5.6 (vãos de portas na alvenaria) e Apêndice 3 (manual técnico de vãos na alvenaria).

rebeber reboco, somando mais 0,5 cm ao que constava a mais na argamassa, ficando 1 cm de influência na altura. Já na largura a diferença de 1 cm está vinculada somente ao fato de a face interna do vão não ser rebocada, aumentando 0,5 cm de cada lado do vão.

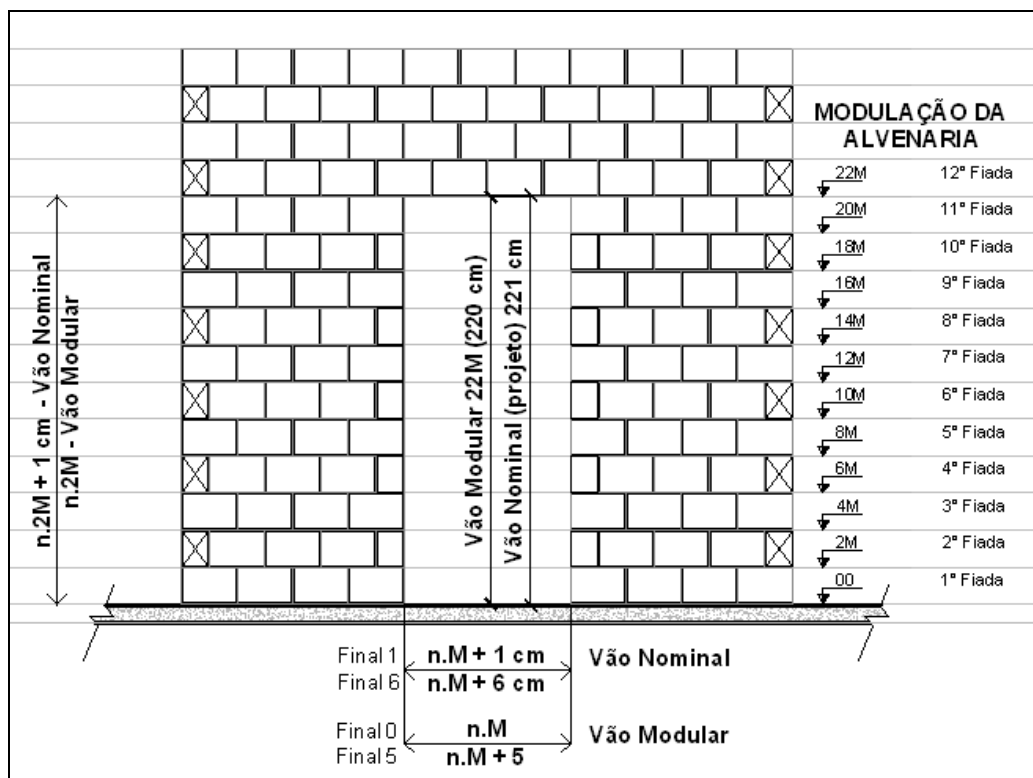


Figura 136 – Vãos na alvenaria; largura e altura; nominal e modular

Na altura o procedimento para o diagnóstico do padrão dimensional do vão é simples visto que os blocos estruturais apresentam altura igual em todas as tipologias e materiais (concreto e cerâmico), 19 cm de medida nominal, 20 cm de medida coordenada e 2M de medida modular. Resultando em um valor múltiplo de 2M. No caso de portas, levando em consideração que devem apresentar 210 cm de vão livre/luz mínimo, segundo a ABNT NBR 9050:2004, admite-se o vão ideal com 221 cm de altura nominal, 220 cm de altura coordenada e 22M de altura modular, conforme ilustra a Figura 136 e as Equações 5 e 6.

Equação 3

$$Lv \text{ nominal} = n.M + 1 \text{ (ou) } n.M + 6$$

Equação 4

$$Lv \text{ modular} = n.M \text{ (ou) } n.M + 5$$

Equação 5

$$Hv \text{ nominal} = n.2M + 1 \text{ cm}$$

Equação 6

$$Hv \text{ modular} = n.2M$$

Sendo:

L_v = Largura do Vão

H_v = Altura do Vão

n = Número de módulos

M = Módulo básico (100 mm)

Foram diagnosticados alguns elementos construtivos que influenciam dimensionalmente na altura do vão da porta (Capítulo 7). Dentre eles se destacam as vergas, o piso cerâmico e principalmente o contrapiso. Admitiu-se para o piso cerâmico a espessura de 1 (um) cm abrangendo a placa e a argamassa colante. Para o contrapiso 3 (três) cm como espessura racionalizada, variando sua utilização em função do padrão de acabamento da laje, portanto, variando projetos com ou sem contrapiso (nível zero). Neste caso apontando a verga invertida pré-moldada de concreto como uma solução para o ajuste dimensional do vão, nos casos em que não se utiliza o contrapiso, conforme Figura 137, de forma a manter uma altura padrão, 218 cm, compensando a diferença de 3 cm entre casos.

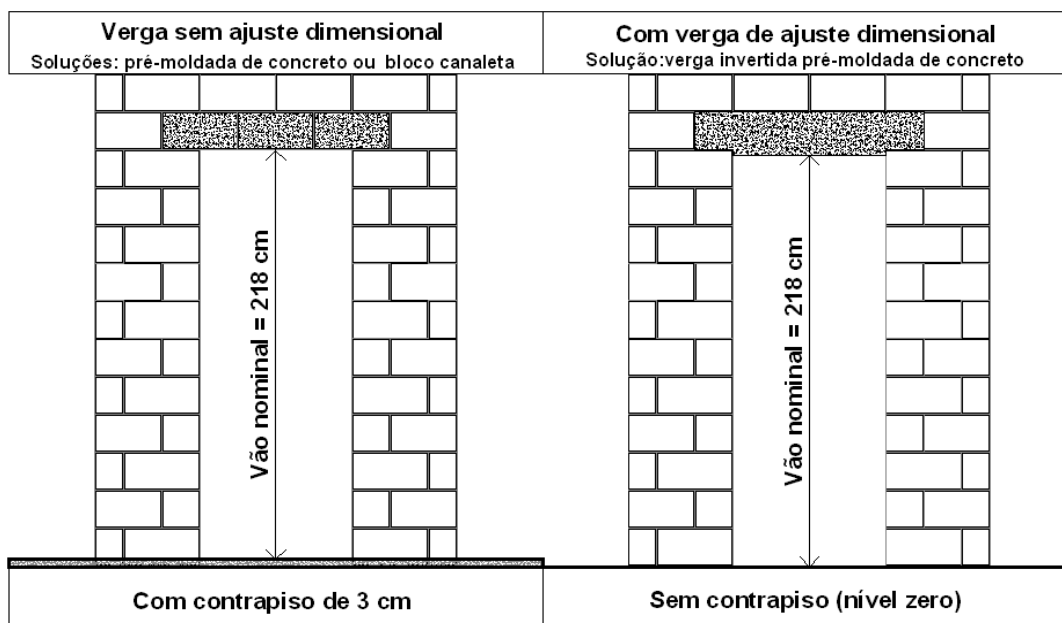


Figura 137 – Solução de ajuste dimensional com verga invertida pré-moldada de concreto

Recapitulando, diagnosticou-se na altura 221 cm de medida nominal sem a influência de nenhum elemento construtivo, porém não se pode deixar de considerar que grande parte dos projetos de edificações desenvolvidos no Brasil utilizam camada de regularização de piso, contrapiso, sendo este um elemento que influencia diretamente na altura do vão da porta.

Após uma série de investigações realizadas com base neste elemento (Capítulo 6, item 6.3), chegou-se na espessura consensual, exequível e racionalizada de 3 cm, passando para 218 cm nominal a altura do vão da porta. Por outro lado, algumas obras estão sendo realizadas sem contrapiso, nível zero, envolvendo uma nova tecnologia, principalmente voltada para edifícios de baixo padrão, refletindo a necessidade de compatibilizar os vãos uma vez que a porta deve ser adequada a qualquer projeto de alvenaria estrutural. Apontando a verga como uma solução de ajuste dimensional. Desta forma, quando empregado o piso cerâmico o vão final da porta passa a ter 217 cm em ambos os casos.

A Figura 138 ilustra o vão de porta padrão diagnosticado para projetos de alvenaria estrutural do modelo de porta de abrir com uma folha.

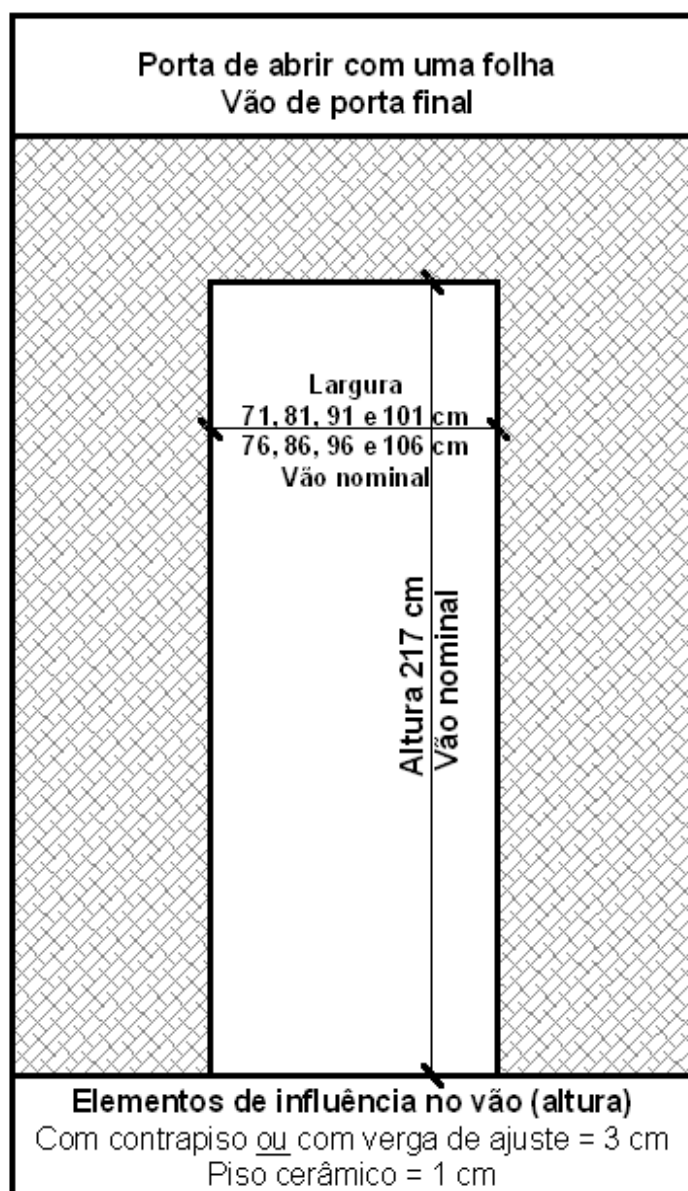


Figura 138 – Porta de abrir com uma folha; Vão de porta final; largura e altura

8.2 PORTA DE MADEIRA

No Capítulo 7, item 7.4, foram estudadas as portas de madeira, suas dimensões e as dimensões de seus componentes, batente e folha da porta, assim como as folgas perimetrais necessárias entre a folha da porta e o batente, e entre o batente e a alvenaria para instalação, tendo como base especificações de oito fabricantes de âmbito nacional e normalização vigente (ABNT NBR 15930-2:2011). Com estas informações é possível, a partir do vão da porta diagnosticado para projetos de alvenaria estrutural (item 8.1 deste capítulo), traçar o perfil dimensional ideal de porta de madeira para projetos de alvenaria estrutural.

No Quadro 38 constam os padrões dimensionais de portas de madeira disponíveis no mercado, variando entre final 0 (zero) e 2 (dois) na largura por 210 cm de altura. Dois dos oito fabricantes estudados indicam que o vão da porta (alvenaria) deva ter 7 cm a mais que a largura da folha da porta, já cinco dos oito fabricantes indicam 8 cm a mais que a largura da folha. Com isso em mente, e sabendo que a largura do vão da alvenaria varia entre final 1 e 6 nominal, por exemplo, 81 e 86 cm, as folhas das portas apresentariam respectivamente 74 e 79 cm se descontado 7 cm conforme dois dos fabricantes, ou ainda, 73 cm e 78 cm se descontados 8 cm conforme cinco dos fabricantes. Com base na folga indicada pelos fabricantes percebe-se que as larguras de folha de final 0 e 2, comercializadas atualmente, são inadequadas as larguras de vãos de portas, diagnosticadas com final 1 e 6 nominal.

Já na altura, os mesmos dois fabricantes que indicam 7 cm na largura, indicam o acréscimo de 4 cm na altura, os cinco demais fabricante indicam 5 cm de acréscimo na altura. Sabendo que o vão da porta tem altura de 217 cm nominal, se descontado 4 cm tem-se 213 cm de altura de folha de porta, e se descontado 5 cm tem-se 212 cm de altura. Alturas de folhas incompatíveis com a disponível no mercado, 210 cm, conforme pode ser constatado através do Quadro 38. Portanto tendo como base a folga indicada pelos fabricantes, percebe-se que a altura de 210 cm é inadequada a altura do vão da porta diagnosticado com 217 cm de altura.

Folha da porta											
Padrões dimensionais comercializados											
H = altura (medidas em centímetros)											
Largura											H
60	62	70	72	80	82	90	92	100	102	120	210

Quadro 38 – Padrões dimensionais comercializados de portas de madeira

Percebe-se, com isso, que o fabricante desconsidera que o vão da alvenaria tem final 1 ou 6 na largura e 217 cm de altura, por sua vez admitindo a adaptação do vão à porta. Resta saber qual a largura e a altura de folha de porta ideal para projetos de alvenaria estrutural, e para isso é necessário um estudo minucioso incluindo todas as dimensões que influenciam no conjunto da porta.

Diagnosticou-se que o fato de a folha da porta dos fabricantes apresentar dimensões iguais, variando entre final zero e dois, contrastando com as indicações de vão da porta, que variam entre 7 e 8 cm de aumento na largura, e 4 e 5 cm na altura, está vinculado a espessura do batente, por sua vez vinculada a massa da folha da porta (Quadro 30).

Os batentes foram diagnosticados com espessuras que variam entre 2 e 2,5 cm (parte com rebaixo de espessura menor, faceando a folha da porta). Desta forma, compreende-se que para batentes de 2 cm de espessura os fabricantes indicam um aumento de 7 cm na largura e 4 cm na altura (em relação a folha da porta e o vão), sendo esta uma porta de massa leve, para batentes de 2,5 cm de espessura os fabricantes indicam um aumento de 8 cm na largura e 5 cm na altura, sendo esta uma porta de massa média. Sabendo que as folgas perimetrais indicadas são de 0,5 cm entre a folha da porta e a soleira, e 0,5 cm entre a folha da porta e o batente, é possível analisar cada caso separadamente.

Analisando primeiramente o padrão de folha de final 02, comercializada (Quadro 38), utilizando como exemplo a folha de 82 cm de largura, segundo demonstra o Quadro 39. Na largura, soma-se aos 82 cm da folha da porta, 1 cm de folga entre a folha e o batente, respectivamente 0,5 cm de cada lado, mais a espessura do batente. No caso do batente de 2,5 cm, 5 cm total, resultando em um conjunto de 88 cm ($82+1+5$), considerando que o vão mais próximo é o de 91 cm, resta uma folga para instalação de 3 cm, 1,5 cm de cada lado da porta (entre alvenaria e batente) para instalação.

Porta de madeira - Análise dimensional na largura (Final 2)										
Largura da folha		Batente		Folga folha / batente		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
82	+	5 (2,5+2,5)	+	1 (0,5+0,5)	=	88	+	3 (1,5+1,5)	=	91
82	+	4 (2+2)	+	1 (0,5+0,5)	=	87	+	4 (2+2)	=	91

Quadro 39 – Análise dimensional da porta de madeira na largura (Final 2) (medidas em centímetros)

No caso do batente de 2 cm, 4 cm total, resulta em um conjunto de 87 cm ($82+1+4$), considerando que o vão mais próximo também é o de 91 cm, resta uma folga de 4 cm para a instalação, 2 cm de cada lado da porta.

Resta saber se a folga para instalação constatada pode ser vencida pela tolerância dimensional considerada para a espuma de poliuretano expandido (material indicado para fixação da porta). Os fabricantes da espuma de PU indicam 0,5 cm de espessura mínima e 1,5 cm de espessura máxima, compatível com os valores indicados pelos fabricantes de portas estudados (de 1 a 1,5 cm).

Desta forma, sabendo que a espessura máxima indicada para espuma é de 1,5 cm, percebe-se que o conjunto formado pela folha de final 2 (dois) e batente de 2,5 cm de espessura (padrões dimensionais comercializados) se mostra adequado a projetos de alvenaria estrutural.

Por outro lado, o conjunto formado pela folha de final 2 (dois) e batente de 2 cm de espessura, se mostra inadequado a projetos de alvenaria estrutural, pois aponta para uma folga de 2 cm de cada lado da porta para instalação, acima do indicado. Apesar da inadequação dimensional diagnosticada, algumas empresas entrevistadas utilizam deste conjunto, adotando a prática de manipular as juntas verticais dos blocos adjacentes ao vão, dentro dos limites estabelecidos por norma (ABNT NBR 15961-2:2011 estabelece tolerância de ± 3 mm), de forma a diminuir o vão em 1 cm (0,5 cm de cada lado). Prática comum, porém não considerada como solução padrão e sim como solução improvisada.

Admite-se, portanto que a folha de final 2 (dois) é adequada a projetos de alvenaria estrutural quando batente de 2,5 cm, onde a folga para espuma é de 1,5 cm (máxima indicada), não sendo adequada (folha de final 02) quando combinada ao batente de 2 cm, uma vez que a folga entre batente e alvenaria é de 2 cm, superior ao considerado adequado, podendo, caso utilizado, refletir no seu desempenho.

Pensando nisso, conforme demonstra o Quadro 40, a dimensão mais adequada para a folha de porta na largura é de 83 cm, em substituição a folha de 82 cm de largura, de forma a adequar-se a ambos os casos (espessuras de batente). No caso do batente de 2,5 ficaria com uma folga de 1 cm de cada lado, e no caso do batente de 2 cm ficaria com uma folga de 1,5 cm de cada lado.

Porta de madeira – Largura de folha ideal (Final 3)										
Largura de folha ideal		Batente		Folga folha / batente		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
83	+	5 (2,5+2,5)	+	1 (0,5+0,5)	=	89	+	2 (1+1)	=	91
83	+	4 (2+2)	+	1 (0,5+0,5)	=	88	+	3 (1,5+1,5)	=	91

**Quadro 40 – Largura de folha ideal para portas de madeira (Final 3)
(medidas em centímetros)**

No que diz respeito ao padrão de folha de final 0, comercializado (Quadro 38), utilizou-se como exemplo a folha de porta de 80 cm de largura, segundo demonstra o Quadro 41. Na largura, soma-se aos 80 cm da folha da porta, 1 cm de folga entre a folha e o batente, respectivamente 0,5 cm de cada lado, mais a espessura do batente. No caso do batente de 2,5 cm, 5 cm total, resultando em um conjunto de 86 cm (80+1+5), sendo o vão na alvenaria mais próximo o de final 6, ou seja, de 86 cm, porém não havendo folga para instalação, sendo necessário no mínimo 0,5 cm de cada lado, neste caso passando para 91 cm o vão mais próximo, resultando em uma folga de 5 cm, 2,5 cm de cada lado para instalação, acima do máximo indicado.

Algumas empresas utilizam o conjunto de porta formado pela folha de final 6, exemplo de 86 cm, em vãos de final 6, também 86 cm, através da prática de manipular as juntas verticais próximas ao vão, de forma a aumentar o vão em 1 cm (folga de 0,5 cm de cada lado), porém como dito anteriormente, esta solução não é compreendida como prática padrão e sim improvisada, portanto não indicada.

Porta de madeira - Análise dimensional na largura (Final 0)										
Largura da folha		Batente		Folga folha / batente		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
80	+	5 (2,5+2,5)	+	1 (0,5+0,5)	=	86	+	0	=	86
								5 (2,5+2,5)	=	91
80	+	4 (2+2)	+	1 (0,5+0,5)	=	85	+	1 (0,5+0,5)	=	86

Quadro 41 – Análise dimensional da porta de madeira na largura (Final 0) (medidas em centímetros)

No caso do batente de 2 cm (4 cm total), resulta em um conjunto de 85 cm (80+1+4), sendo o vão mais próximo o de 86 cm, resultando em uma folga de 1 cm, 0,5 cm de cada lado da porta para instalação, folga mínima admitida para instalação com espuma de PU. Apontando este conjunto (folha de final 0 combinada a batente de 2 cm) como adequado a projetos de alvenaria estrutural.

Assim como no caso da folha de final 2, também há uma largura de folha que seria mais adequada que a de final 0 (zero). Se a folha de final 0 (zero) tivesse 2 cm a menos, final 8, por exemplo, ao invés de 80 cm, tivesse 78 cm, quando combinada ao batente de 2,5 cm resultaria em uma folga de 2 cm, 1 cm de cada lado para instalação, e quando combinada ao batente de 2 cm resultaria em uma folga de 3 cm, 1,5 cm de cada lado para instalação. Conforme demonstra o Quadro 42.

Porta de madeira – Largura de folha ideal (Final 8)										
Largura de folha ideal		Batente		Folga folha / batente		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
78	+	5 (2,5+2,5)	+	1 (0,5+0,5)	=	84	+	2 (1+1)	=	86
78	+	4 (2+2)	+	1 (0,5+0,5)	=	83	+	3 (1,5+1,5)	=	86

Quadro 42 – Largura de folha ideal para portas de madeira (Final 8) (medidas em centímetros)

Resumindo, na largura, têm-se dois produtos adequados dimensionalmente a projetos de alvenaria estrutural, folha de final 2 (dois) combinada com batente de 2,5 cm, e folha de final 0 (zero) combinada com batente de 2 cm. Mostrando-se inadequadas dimensionalmente as combinações formadas por folha de final 2 (dois) e batente de 2 cm, e folha de final 0 (zero) e batente de 2,5 cm. Diagnosticado como soluções dimensionalmente ideais a largura de final 3 (três) em substituição a de final 2 (dois), e a largura de final 8 (oito) em substituição a de final 0 (zero), de forma a possibilitar tanto o uso do batente de 2 cm quanto o de 2,5 cm em ambos os casos.

Na altura, segundo demonstra o Quadro 43, soma-se aos 210 cm, 0,5 cm de folga entre folha e soleira, 0,5 cm de folga entre folha e batente, mais o batente de 2,5 cm, resultando em um conjunto de 213,5 cm ($210+1+2,5$), sabendo que o vão na alvenaria tem 217 cm de altura, sobra 3,5 cm de folga para instalação, acima do máximo considerado (máximo de 1,5 cm). No caso do batente de 2 cm, fica um conjunto de 213 cm ($210+1+2$), sendo o vão de 217 cm, sobra 4 cm de folga para instalação (entre batente e alvenaria), também acima do máximo considerado.

Percebe-se que, em ambos os casos, a folga resultante para instalação (3,5 e 4 cm) é impossível de ser absorvida pela tolerância da espuma (máxima de 1,5 cm), justificando o cenário atual em que é necessário utilizar de outro material para ajustar dimensionalmente o vão à porta, apontando a não conformidade dimensional da altura da porta atualmente comercializada com projetos (obras) de alvenaria estrutural.

Porta de madeira - Análise dimensional na altura										
Altura da folha		Batente		Folga folha / batente - soleira		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
210	+	2,5	+	1 (0,5+0,5)	=	213,5	+	3,5	=	217
210	+	2	+	1 (0,5+0,5)	=	213	+	4	=	217

Quadro 43 – Análise dimensional da porta de madeira na altura (medidas em centímetros)

Desta forma, conforme demonstra o Quadro 44, compreende-se como sendo ideal a altura de folha de 212,5 cm, pois quando combinada ao batente de 2 cm resulta em uma porta de 215,5 cm de altura, uma folga para instalação de 1,5 cm, máxima admitida para instalação com espuma de poliuretano expandido, assim como, quando combinada ao batente de 2,5 cm resulta em uma porta de 216 cm de altura, folga para instalação de 1 cm, dentro da variação de espessura considerada adequada para espuma de PU (de 0,5 a 1,5 cm).

Porta de madeira – Altura de folha ideal										
Altura de folha ideal		Batente		Folga folha / batente - soleira	=	Conjunto porta		Folga instalação	=	Vão
212,5	+	2,5	+	1 (0,5+0,5)	=	216	+	1	=	217
212,5	+	2	+	1 (0,5+0,5)	=	215,5	+	1,5	=	217

Quadro 44 – Altura de folha ideal para portas de madeira (medidas em centímetros)

Tratando-se de um valor quebrado e sabendo que a espessura da espuma de PU pode variar entre 0,5 e 1,5 cm, outra dimensão à que se pode considerar é a de 213 cm, no caso de se querer manter o padrão de final de folha de número inteiro, passando a porta (conjunto) a ter 216 cm no caso do batente de 2 cm (folga de 1 cm) e 216,5 no caso de batente de 2,5 cm (folga de 0,5 cm mínima considerada).

Atualmente têm-se duas soluções para o ajuste dimensional do vão, visto que a porta comercializada não possui altura compatibilizada com o vão da alvenaria estrutural. A primeira solução de ajuste dimensional é a verga pré-moldada de concreto, devendo ajustar em 2 cm o vão de 217 cm, no caso de porta com batente de 2,5 cm passando a ter 215 cm, e ajustar em 3 cm no caso de porta com batente de 2 cm, passando a ter 214 cm, conforme indicações do fabricante. No caso do vão de 220 cm (sem contrapiso mais com piso) ajustando em 5 cm ou 6 cm o vão.

A segunda solução, adotada pela Empresa 3 (Apêndice 2), é ajustar dimensionalmente o vão através do alizar (guarnição), conforme ilustra a Figura 139, no caso de obras com laje nível zero passando a ter 10 cm a peça superior e 5 cm (normal) as peças laterais. Em obras que utilizam de contrapiso com 3 cm de espessura ajusta o vão com alizar superior de 7 ou 6 cm (dependendo da espessura do batente). Esta empresa trabalha com três fornecedores que aceitam o fato de sua porta ser instalada com fixação somente nas laterais, desta forma não perdendo a garantia deste produto. Não sabendo, quanto à acústica, o quanto este fato pode afetar no desempenho da porta.



Figura 139 – Solução de ajuste dimensional com alizar superior de 10 cm, obra sem contrapiso (nível zero)

Fonte: Fotos fornecidas pela Empresa 3 (Apêndice 2)

A Figura 140 ilustra as dimensões de folhas de porta de madeira diagnosticadas ideais, final 3 na largura por 212,5 cm de altura, para vãos de final 1 de largura por 217 cm de altura. Na figura utilizando como exemplo o vão de 91 cm de largura nominal, abrangendo batentes de 2 e 2,5 cm de espessura, e incluindo detalhes de folgas perimetrais.

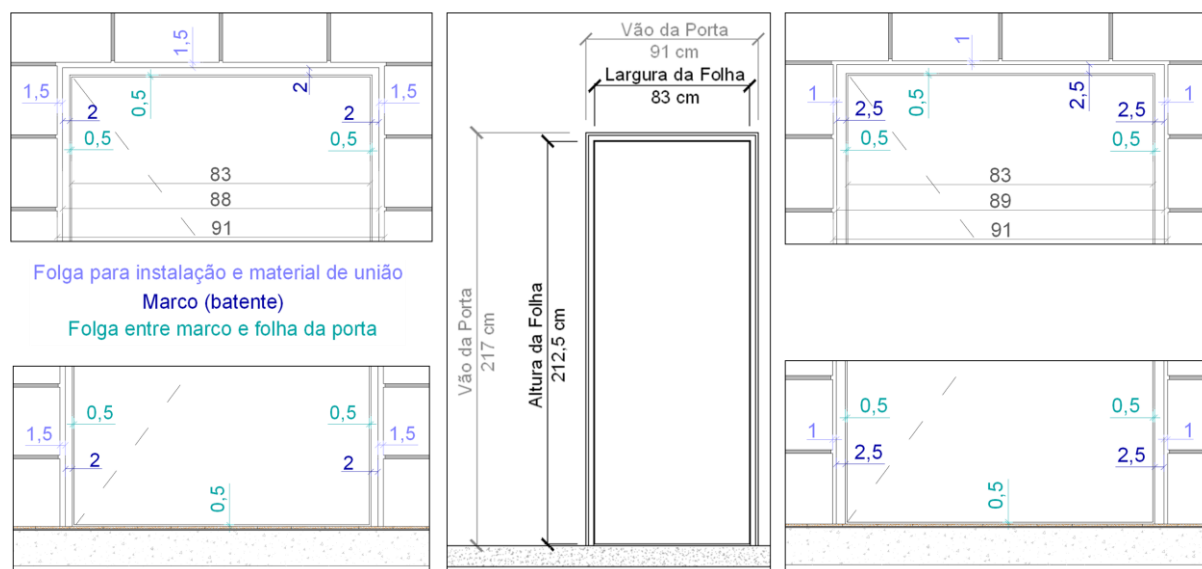


Figura 140 – Porta de madeira ideal para projetos de alvenaria estrutural. Vão final 1 / Folha final 3. Batentes de 2 e 2,5 (dimensões em centímetros)

A Figura 141 ilustra as dimensões de folhas de porta de madeira diagnosticadas ideais, final 8 na largura por 212,5 cm de altura, para vãos de final 6 de largura por 217 cm de altura. Na figura utilizando como exemplo o vão de 96 cm de largura nominal, abrangendo batentes de 2 e 2,5 cm de espessura, e incluindo detalhes de folgas perimetrais.

Percebe-se que em ambos os casos, folha de final 3 ou folha de final 8 (largura), é possível trabalhar com batentes de até 3 cm (parte mais fina do batente, rebaixo onde se encaixa a folha da porta), ficando com 0,5 cm de folga entre batente e alvenaria, mínimo indicado.

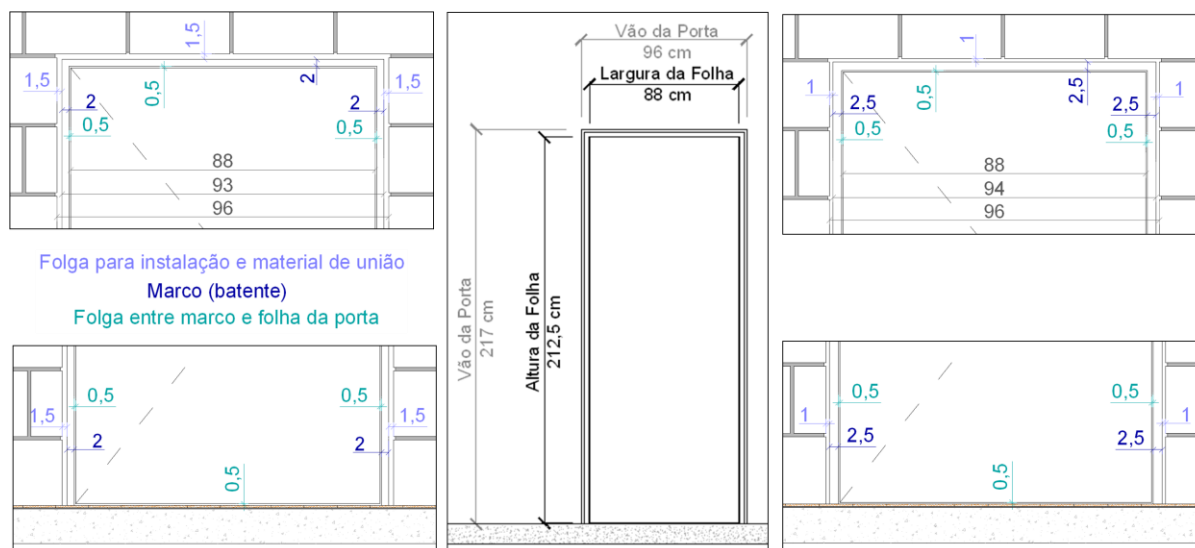


Figura 141 – Porta de madeira ideal para projetos de alvenaria estrutural. Vão final 6 / Folha final 8. Batentes de 2 e 2,5 (dimensões em centímetros)

Em relação à normalização vigente, a ABNT NBR 15930-2:2011 estabelece requisitos para portas de madeira, se referindo a porta conforme sua indicação para área interna ou externa, e de acordo com sua massa. No Quadro 28 (capítulo 7, item 7.4.1) constam as medidas padronizadas para as folhas das portas internas (segundo sua massa), admitindo-se folhas de 60, 70, 80 e 90 cm de largura, altura de 210 cm (padrão leve e médio) e 240 cm (padrão pesado). O Quadro 29 dispõe as medidas padronizadas para folhas das portas externas (segundo sua massa), apresentando na largura as dimensões de 80, 90, 100 e 110 cm, na altura folhas de 210 (padrão leve e médio) e 240 cm (padrão pesado).

Percebe-se, portanto, que não há menção a folhas de final 2 (exemplo 82 cm), disponíveis atualmente no mercado, e conforme diagnosticado, adequada a projetos de alvenaria estrutural quando combinada a batentes de 2,5 cm de espessura, assinalando-as em desacordo com a norma. Conforme diagnosticado as folhas de final 0 (zero) são indicadas a projetos de alvenaria estrutural quando combinadas a batentes de 2 cm de espessura.

Outra questão interessante está disposta no Quadro 30, que estabelece o dimensionamento e tolerâncias para os vãos de portas fixadas com espuma de poliuretano expandido, referindo-se, para portas de massa leve, o acréscimo de 7 cm na largura da folha da porta para se obter a dimensão do vão, e para portas de massa média o acréscimo de 8 cm na largura da folha da porta. Percebe-se que estes dois casos se encaixam na indicação dos fabricantes, primeira análise feita neste item, onde se apontou a diferença de 1 cm entre

casos vinculada à massa da porta e por sua vez à espessura de batente utilizada, 2 ou 2,5 cm (parte com rebaixo), diferença passível de ser absorvida pela tolerância dimensional da espuma (espessura mínima de 0,5 cm e máxima de 1,5 cm).

Evidenciando que as larguras apontadas como ideais para portas de madeira em projetos de alvenaria estrutural estão corretas, final 3 e final 8, pois se descontados 8 cm do vão de final 1, por exemplo 81 cm, tem-se 73 cm, no caso do vão de final 6, por exemplo 86 cm, tem-se 78 cm.

Segundo o Quadro 30, na altura, o vão deve ser de 4 a 5 cm maior que a folha, variando conforme a massa da porta, ou seja, se a altura da folha da porta indicada pela norma é de 210 cm, o vão deveria ser de 214 a 215 cm (conforme indicação dos fabricantes, analisado anteriormente), em desacordo com o vão diagnosticado de 217 cm, uma diferença de 2 a 3 cm na altura. Destacando como correta a folha de 212,5 cm de altura diagnosticada ideal, resultando em uma diferença de 4,5 cm em relação à altura do vão, condizente aos valores indicados pela norma para qualquer uma das quatro massas de porta (leve, médio, pesado e superpesado) levando em consideração a tolerância de ± 1 cm.

Outra questão é a folha de porta de 240 cm de altura admitida pela norma, desconsiderando totalmente a modulação da alvenaria, uma vez que, se a folha tem 240 o vão terá em torno de 5 cm a mais, ou seja, um vão de aproximadamente 245 cm. Quando acrescentados 20 cm (modulação) aos 217 cm diagnosticado (altura do vão), resulta em um vão de 237 cm, insuficiente, acrescidos mais 20 cm, resulta em um vão de 257 cm, menos 245 cm, uma diferença de 12 cm a ser vencida por ajuste dimensional.

Lembrando que verificar a adequação das dimensões de portas a projetos de alvenaria estrutural é o mesmo que verificar se a porta é modular, visto que a alvenaria estrutural é um sistema modular.

8.3 BATENTE METÁLICO ENVOLVETE E FOLHA DE MADEIRA

No Capítulo 7, item 7.5, estão dispostas questões gerais sobre batente metálico, porém neste item a discussão torna-se muito mais madura, uma vez diagnosticado o vão de porta modular, e principalmente uma vez diagnosticado a dimensão ideal de folha de porta de madeira. Com isso, possibilitando realizar análises tendo como objetivo padronizar ao máximo as dimensões das portas de forma a reduzir a variedade de tamanhos comercializados, permitindo a manutenibilidade, ou seja, facilitando a aquisição de produtos para reposição, similares dimensionalmente aos originais, promovida pela industrialização aberta.

Como visto no capítulo 7, item 7.5, o batente metálico envolvente é comercializado com base em projetos e especificações do cliente. A Figura 125 representa o batente metálico envolvente mais utilizado e por isso objeto de estudo da pesquisa, este modelo é compreendido como convencional por ser o que mais se assemelha ao de uma porta de madeira (culturalmente mais empregada).

A primeira análise consiste em investigar a possibilidade de se trabalhar os padrões dimensionais de folhas de porta de madeira disponíveis no mercado combinadas a batentes metálicos envolventes, de forma a preencher vãos modulares. Sabendo que essas folhas possuem na largura final 0 (de acordo com a ABNT NBR 15930-2:2011) e final 2, e na altura 210 cm.

A Figura 142 ilustra as dimensões resultantes do batente metálico envolvente adaptado a folha de porta de 210 cm de altura. Deixando uma folga de 0,5 cm entre folha da porta e batente (assim como no caso da porta de madeira), e 1,5 cm de alvenaria embutida no batente (conforme utilizado pela Empresa 1 entrevistada, Apêndice 2). Resultando em um batente de 7,5 cm de espessura (parte do batente com rebaixo, parte posterior mais larga ficando com 9 cm) e uma folha de porta de 83 cm de largura. Adaptado ao vão de 217 cm de altura por 96 cm de largura (Vão modular item 8.1).

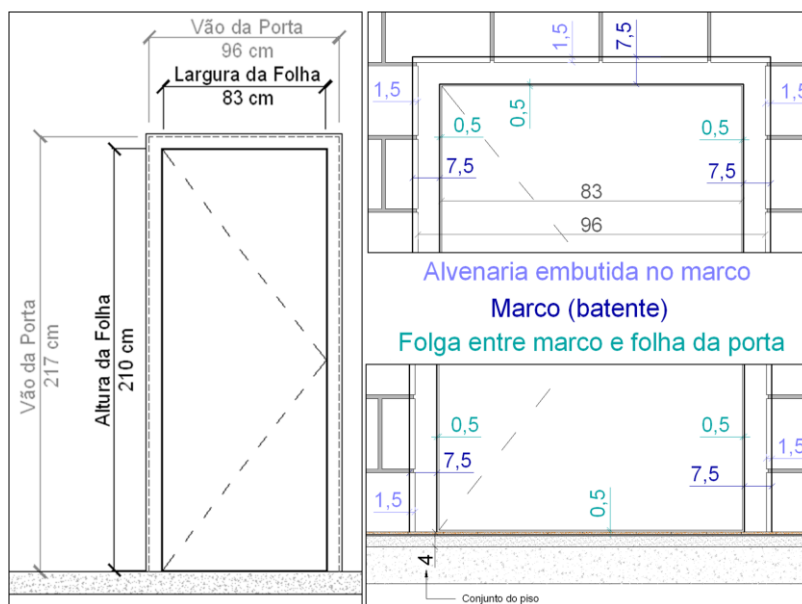


Figura 142 – Batente metálico envolvente adaptado à folha de porta de madeira de 210 cm de altura em vão de porta de 217 cm de altura por 96 cm de largura

O resultado desta análise reflete um produto de dimensões robustas, não racionalizadas, possíveis, mais não praticáveis, em função do significativo aumento da chapa do batente, elevando o custo da porta. Também não se mostrando uma boa solução visto que a largura resultante, 83 cm, não se trata de uma dimensão padrão atualmente comercializada.

A Figura 143 ilustra o caso das folhas de final 0 e 2, como exemplo 80 e 82 cm de largura, em vãos de final 6, na figura 86 cm. A folha de porta de 82 cm resultou no batente de dimensões mais próximas ao da Figura 125 (modelo usualmente comercializado), compreendendo o pequeno aumento na chapa justificável na tentativa de se utilizar uma largura de folha disponível no mercado, apontando esta como uma combinação (solução) adequada quando o objetivo é utilizar a largura de folha comercializada de 82 cm de largura. Já a folha de porta de 80 cm resultou em um batente um pouco maior, 1 cm de cada lado, representando a diferença de 2 cm entre as largura de folhas (final 0 e 2), ainda assim considerada uma boa solução, atrás da folha de 82 cm em função de seu custo ser mais elevado.

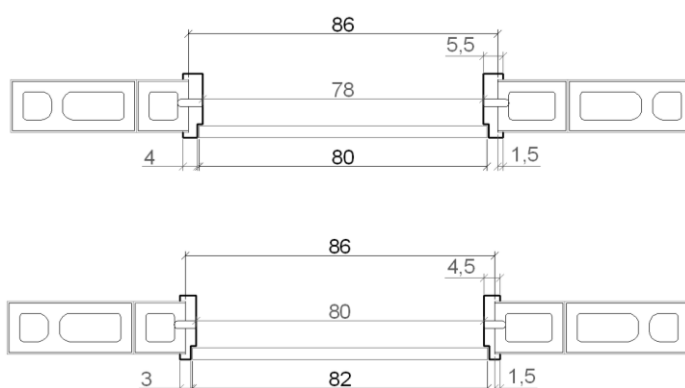


Figura 143 – Batente metálico envolvente adaptado a folhas de porta de madeira de 80 e 82 cm de largura em vão de porta de 86 cm (medidas em centímetros)

A Figura 144 ilustra o caso das folhas de final 0 e 2, utilizando como exemplo folhas de 70 e 72 cm, adaptadas a vãos de final 1, na figura 81 cm. Apontando para batentes metálicos robustos de 5,5 cm e 6,5 cm (parte com rebaixo), exequíveis, porém não praticáveis em função de seu custo, portanto soluções não racionalizadas.

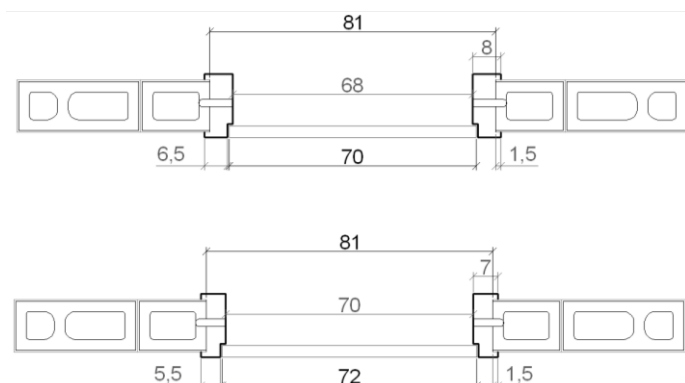


Figura 144 – Batente metálico envolvente adaptado a folhas de porta de madeira de 70 e 72 cm de largura em vão de porta de 81 cm (medidas em centímetros)

Destacando os vãos de final 6 como os que melhor compatibilizam batente metálico envolvente e largura de folha de porta de dimensão comercializada, final 0 (zero) e 2 (dois).

A Figura 145 ilustra a altura da folha da porta resultante para estes casos, tendo como base o vão de 217 cm de altura (diagnosticado para projetos de alvenaria estrutural).

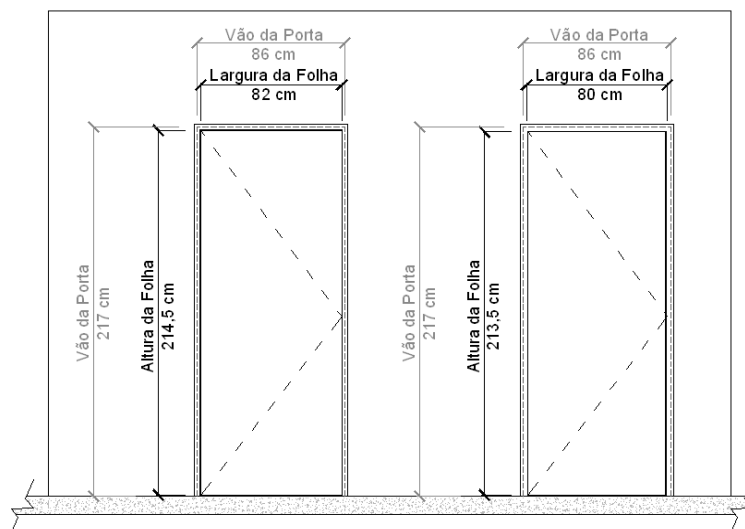


Figura 145 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente e folhas de porta de madeira de 82 cm de largura por 214 cm de altura; e 80 cm de largura por 213,5 cm de altura; em vão de 86 cm de largura por 217 cm de altura

Resultando em 214,5 cm de altura quando folha de 82 cm de largura, e 213,5 cm quando folha de 80 cm de largura. No caso de se admitir batentes com variações dimensionais de travessa (cabeceira, peça horizontal superior do batente) e montante (ombreira, peças verticais laterais do batente), é possível trabalhar com folhas de portas de madeira de altura de 210 cm em vão de 217 cm, resultando em um batente de 7,5 cm de espessura na travessa superior, mantendo os montantes as espessuras da Figura 143, conforme ilustra a Figura 146.

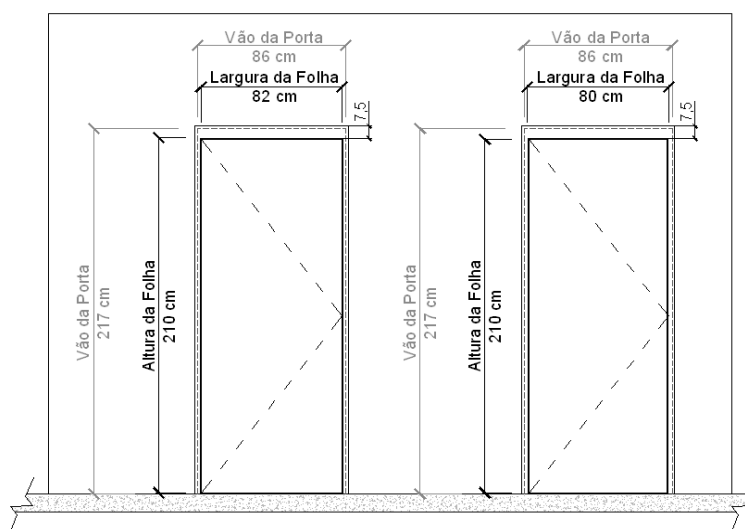


Figura 146 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente e folhas de porta de madeira de 82 cm de largura por 210 cm de altura; e 80 cm de largura por 210 cm de altura; em vão de 86 cm de largura por 217 cm de altura

Porém até o momento as dimensões diagnosticadas não se mostraram ideais para projetos de alvenaria estrutural. Resta saber se existe um padrão dimensional de folha de porta de madeira que seja adequado a vãos modulares, de largura final 1 e 6 nominal e altura de 217 cm nominal, e ainda que resulte em um único padrão dimensional de batente metálico envolvente, de dimensão racionalizada, representando um custo acessível, servindo para todos os casos.

Neste sentido o primeiro passo é verificar as dimensões resultantes do batente metálico envolvente quando combinado com as folhas de portas de final 3 e 8 de largura por 212,5 cm de altura, dimensões diagnosticadas ideais para portas de madeira em projetos de alvenaria estrutural (modular), item 9.2.

A Figura 147 ilustra o resultado da combinação de folhas de final 8, na figura 78 cm de largura, em vãos de final 1, na figura 81 cm de largura, e, folhas de final 3, na figura 83 cm de largura, em vãos de final 6, na figura 86 cm de largura. O fato de o vão ser múltiplo de 5 cm assim como as folhas de porta permite a compatibilização dimensional entre vão e folha de forma a resultar em um batente de dimensão padrão racionalizada, coincidentemente idêntica ao batente da Figura 125 atualmente comercializado.

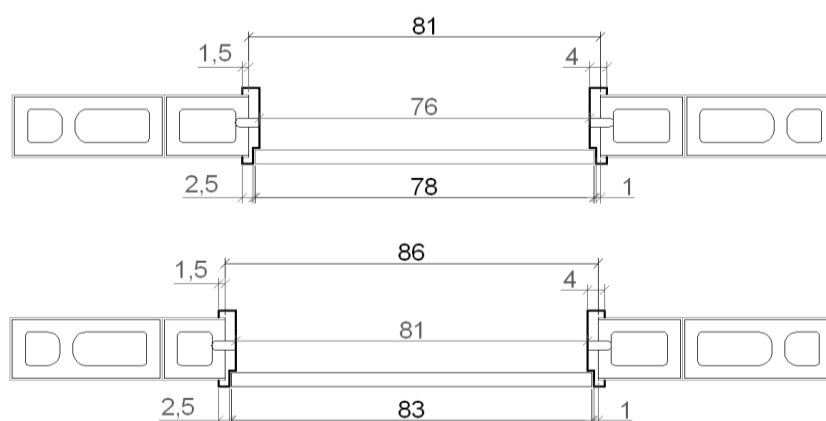


Figura 147 – Dimensões diagnosticadas adequadas de batente metálico envolvente e folha de porta de madeira

Percebe-se que a combinação é de folha de final 8 com vão de final 1, e folha de final 3 com vão de final 6. No caso da porta de madeira a combinação é invertida folha de final 3 com vão de final 1, e folha de final 8 com vão de final 6. Esta inversão está vinculada ao fato de o batente metálico ser envolvente – batente e alizar em uma única peça cobrindo o vão entre alvenaria e batente – e de espessura significativamente menor do que a do batente de madeira, resultando em folgas de instalação diferentes. Representando uma diferença de 5 cm entre casos de portas mistas e de madeira.

Diferença dimensional que reflete principalmente na altura da folha da porta. Para os casos da Figura 147 ficando com 215 cm de altura, conforme representa a Figura 148, uma diferença de 2,5 cm de altura quando comparada a folha diagnosticada adequada (212,5 cm) para portas de madeira. No caso da largura esta diferença fica equivalente por tratar-se de dois lados representando uma diferença dimensional de 2,5 cm de cada lado (folgas de instalação e espessura de material).

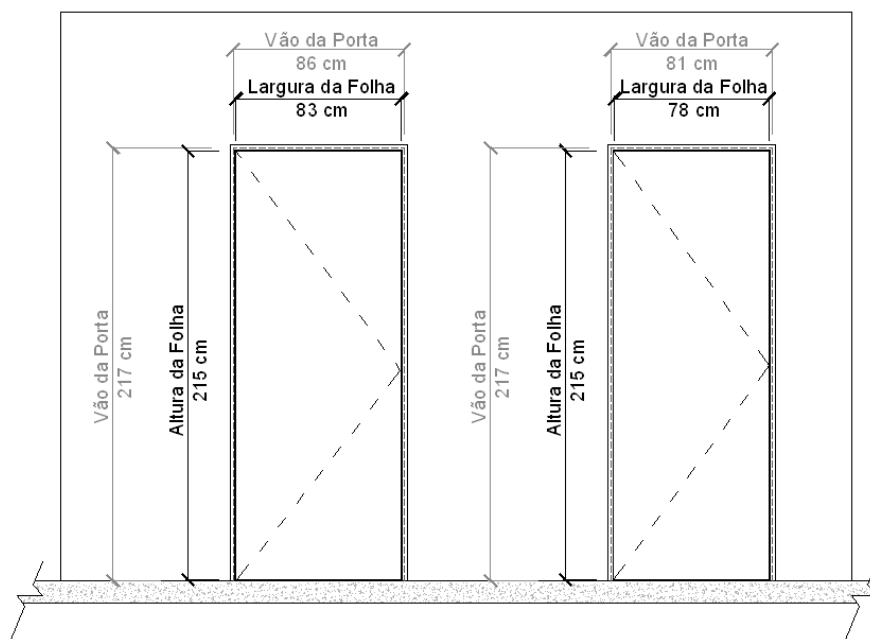


Figura 148 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente e folhas de porta de madeira de 78 e 83 cm de largura por 215 cm de altura; em vão de 81 e 86 cm de largura por 217 cm de altura

A primeira alternativa seria sugerir um padrão dimensional diferente do de portas de madeira para folhas de madeira voltadas a batentes metálicos envolventes, contendo 215 cm de altura ao invés de 212,5 cm de altura. Esta alternativa vai de encontro com a coordenação modular, que visa reduzir os padrões dimensionais disponíveis no mercado, de forma a promover a industrialização aberta, ou seja, propor um padrão específico dificulta a manutenibilidade da porta. Alternativa, portanto não indicada.

A segunda alternativa é propor um padrão dimensional de batente metálico envolvente que tenha as dimensões dos montantes verticais conforme a Figura 147, 2,5 cm de espessura, e a travessa horizontal superior conforme a Figura 149, 5 cm de espessura. Alternativa racionalizada visto que proporciona a padronização dimensional da folha de madeira.

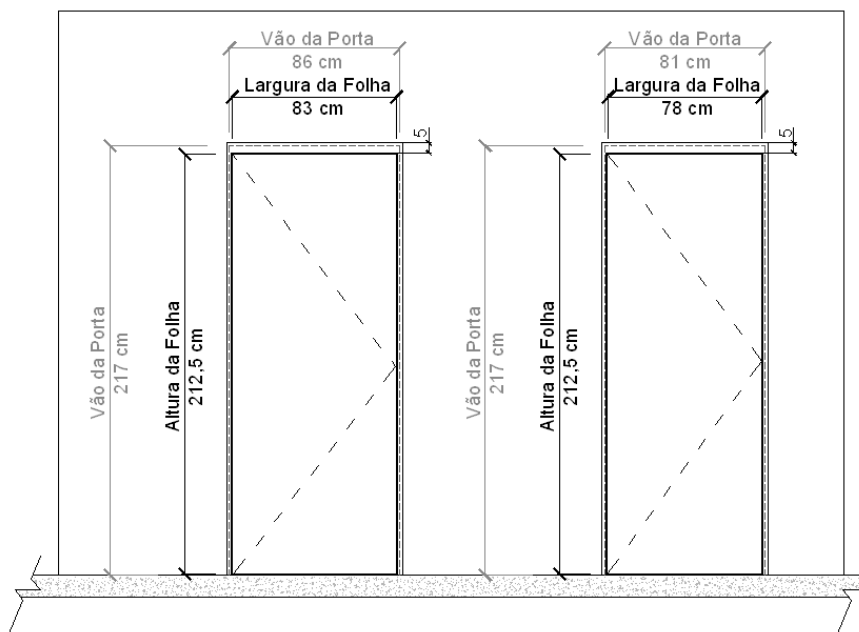


Figura 149 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente e folhas de porta de madeira de 78 e 83 cm de largura por 212,5 cm de altura; em vão de 81 e 86 cm de largura por 217 cm de altura

Há ainda mais uma alternativa, significativamente menos atraente que a anterior, mais que pode se adequar aos padrões de construção de nível alto, levando em consideração o aumento no custo da porta. Trata-se do caso representado na Figura 150, onde todo o batente passa a ter 5 cm de espessura, porém nas laterais passando a envolver em 4 cm a alvenaria ao invés de 1,5 cm como até então padronizado.

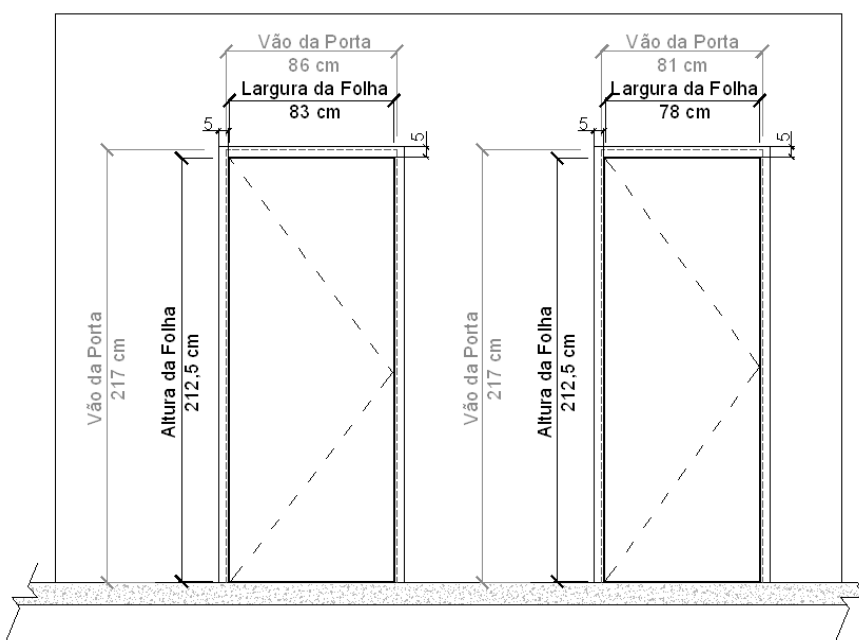


Figura 150 – Dimensões de portas mistas; batente metálico envolvente de 5 cm de espessura e folhas de porta de madeira de 78 e 83 cm de largura por 212,5 cm de altura; em vão de 81 e 86 cm de largura por 217 cm de altura

Resumindo, diagnosticou-se como solução viável, na tentativa de se utilizar as folhas das portas de madeira disponíveis no mercado, a combinação de folhas de final 0 (zero) e 2 (dois) de largura com vãos de final 6 (seis), resultando em batentes de 4 e 3 cm de espessura (parte com rebaixo), respectivamente, sendo necessário trabalhar na altura com batente de 7,5 cm (travessa horizontal) de forma a possibilitar compatibilizar a folha 210 cm de altura disponível no mercado.

Quando analisado o conjunto da porta resultante do uso das folhas diagnosticadas de dimensões ideais, item 8.2, de final 3 e 8 na largura (múltiplos de 5 cm), verificou-se a possibilidade de criar um padrão dimensional de batente metálico envolvente, com 2,5 cm de espessura, compatibilizado com vãos de final 1 e 6 (também múltiplos de 5 cm).

Na altura verificou-se a necessidade de aumentar a largura da travessa de forma a aceitar a altura da folha de madeira diagnosticada no item 8.2, 212,5 cm de altura, diferença admitida e compreendida como necessária visto as vantagens da criação de um padrão dimensional de folhas de portas de madeira. Diagnosticando esta solução como a mais adequada a projetos de alvenaria estrutural.

8.4 PORTAS METÁLICAS

Este é um estudo de porta peculiar, conforme diagnosticado no Capítulo 7, item 7.6, pois existem dois segmentos diferentes de produção e comercialização de portas de aço e de alumínio, o de esquadrias especiais e o de esquadrias padronizadas. As esquadrias especiais são produzidas de acordo com a necessidade do cliente, solicitadas através de projeto específico. Por outro lado as esquadrias de dimensões padronizadas são aquelas produzidas em série comercializadas por todo o território brasileiro, podendo apresentar variações dimensionais conforme o fabricante, disponíveis em lojas de materiais de construção ou através de representantes regionais. Além disso, uma questão peculiar deste tipo de porta envolve o fato de serem comercializadas com base na dimensão da porta, como conjunto, não com base na dimensão da folha como no caso de portas de madeira.

No caso das esquadrias padronizadas de aço diagnosticou-se dezesseis padrões dimensionais distintos na largura e dois na altura. Já no caso das esquadrias de alumínio, nove padrões dimensionais distintos na largura e três distintos na altura, conforme Quadro 45. Esta variação dimensional aponta para “padrões dimensionais” específicos de cada fabricante, não havendo padrão dimensional no que diz respeito às esquadrias disponíveis no mercado (como pode ser constatado através do Quadro 32, portas de aço, e Quadro 33, portas de alumínio).

Padrões dimensionais comercializados de Porta de Aço e Alumínio																			
H = altura																			
Material	Largura																	H	
Padrões dimensionais comercializados																			
Aço	65	66	67	68	75	76	77	78	85	86	87	88	89	90	-	-	99	100	215 217
Alumínio	-	-	-	68	-	-	77	78		86	87	88	-	90	96	98	-	-	215 216 217

Quadro 45 – Padrões dimensionais comercializados de portas de aço e alumínio (medidas em centímetros)

Apesar da variação dimensional diagnosticada, principalmente na largura, verificou-se que a forma e o material de instalação deste tipo de porta admite uma variação dimensional maior, ou seja, pequenas diferenças são absorvidas pela folga de instalação (material de união), entre vão (alvenaria) e porta (batente), podendo até quatro dimensões de porta caber no mesmo vão da alvenaria.

Lembrando que o material de fixação desta porta é a argamassa, proporcionando, na largura, uma tolerância dimensional maior que a espuma de poliuretano expandido (utilizada em batentes de madeira). Sendo recomendado de folga mínima 3 cm a mais que a porta na largura e 2 cm a mais na altura, e, de folga máxima 6 cm na largura e 3 cm na altura.

Sabendo que o vão da alvenaria apresenta final 1 ou 6 na largura e na altura 217 cm quando considerado contrapiso, e 220 cm sem contrapiso (conforme item 8.1), é possível diagnosticar se as portas disponíveis atualmente no mercado são adequadas a vãos modulares. Pensando nisso o Quadro 46 foi preenchido com as larguras de portas de aço disponíveis no mercado e, quando possível, com o respectivo vão adequado a projetos de alvenaria estrutural (modular). Assim como o Quadro 47 no que diz respeito a portas de alumínio.

Larguras de portas de <u>aço</u> comercializadas combinadas ao respectivo vão adequado a projetos de alvenaria estrutural																	
	Largura																
Porta Aço	65	66	67	68	75	76	77	78	85	86	87	88	89	90	99	100	
Vão	71			81				91			-	96	-	106			

Quadro 46 – Larguras de portas de aço comercializadas combinadas ao respectivo vão adequado a projetos de alvenaria estrutural (modular) (medidas em centímetros)

Percebe-se, no Quadro 46, que na largura é possível adequar quase todas as dimensões de portas de aço a vãos modulares da alvenaria, prevalecendo vãos de final 1 para doze dos

dezesseis casos diagnosticados. Nos casos das portas de 90 e 100 cm sendo adequadas a vãos de final 6, descartando somente duas larguras, a de 89 cm necessitando de vãos entre 92 a 95 cm, não compatíveis, e 99 cm necessitando de vãos entre 102 a 105 cm, também não compatíveis.

O Quadro 47 mostra que apesar das variações dimensionais encontradas todas as larguras de portas de alumínio se mostram adequadas.

Larguras de portas de <u>alumínio</u> comercializadas combinadas ao respectivo vão adequado a projetos de alvenaria estrutural									
	Largura								
Porta Alumínio	68	77	78	86	87	88	90	96	98
Vão	71	81		91			96	101	

Quadro 47 – Larguras de portas de alumínio comercializadas combinadas ao respectivo vão adequado a projetos de alvenaria estrutural (modular) (medidas em centímetros)

Na altura o estudo é mais complexo uma vez que a porta metálica, aço ou alumínio, é instalada antes da execução do piso e do contrapiso, portanto tendo como base o vão de 221 cm de altura. Deve-se levar em consideração também, conforme diagnosticado no item 7.6 da pesquisa, outros fatores de influência como a espessura do batente e principalmente a altura da travessa horizontal de embutir no piso, ambos componentes que apresentam variações dimensionais.

Tendo em mente a possível variação dimensional que estes componentes podem apresentar (travessa de embutir), a melhor forma de se diagnosticar a adequação dimensional destas portas na altura é levando em consideração a altura da folha da porta, esta que deve estar acima do plano do piso, independente de quantos centímetros a travessa vai ser embutida no contrapiso. Portanto devendo se adequar ao vão de 217 cm de altura, considerando contrapiso de 3 cm e piso de 1 cm.

Conforme o Quadro 36, as alturas das folhas de aço variam entre 209 e 210 cm de altura, assim como as folhas de alumínio, Quadro 37. Estes quadros apontam também para espessuras de batente de 2 cm, 2,5 cm e 3 cm. Desta forma, como demonstrado no Quadro 48, a folha de 209 cm de altura, somada a 3 cm de batente (espessura máxima), mais 0,5 cm de folga entre folha e batente, e 0,5 cm de folga entre folha e soleira, resulta em uma porta (parte exposta, acima do piso) de 213 cm, que somada a folga máxima admitida pela argamassa (3 cm) resulta em um vão de 216 cm, um centímetro a menos que o necessário, considerando valores máximos de batente e folga.

Tendo em mente que as dimensões dos batentes e das folgas perimetrais são as mesmas para portas de aço e alumínio, admite-se, portanto, que portas metálicas que possuam folha de 209 cm de altura não são adequadas a projetos de alvenaria estrutural.

Análise dimensional na altura										
Altura da Folha		Batente		Folga folha / batente - soleira		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
209	+	3	+	1 (0,5+0,5)	=	213	+	3	=	216
210	+	3	+	1 (0,5+0,5)	=	214	+	3	=	217

Quadro 48 – Análise dimensional na altura (medidas em centímetros)

No caso da folha de porta de 210 cm, quando somado 3 cm de batente (espessura máxima diagnosticada), mais 0,5 cm de folga entre folha e batente, e 0,5 cm de folga entre folha e piso, resulta em uma porta (parte exposta, acima do piso) de 214 cm, mais 3 cm de folga máxima entre batente e alvenaria para argamassa, resulta em um vão de 217 cm de altura, portanto, apontando este conjunto como adequado a projetos de alvenaria estrutural.

Porém, neste caso combinou-se a folha de 210 cm de altura com batente de 3 cm de espessura, máximo encontrado, e folga máxima de 3 cm entre batente e alvenaria, ou seja, combinações desta folha, 210 cm, com batentes de espessura inferior, como 2 cm e 2,5 cm, resultam em um vão menor que 217 cm, portanto inadequados a projetos de alvenaria estrutural.

Conforme pode ser visto no Quadro 36 e no Quadro 37 há disponível no mercado portas nestas condições, folha de 210 cm de altura combinada a batente de 3 cm de espessura, tanto no aço quanto no alumínio, a porta de 88 cm de largura (folha de 81 cm) por 217 cm de altura (fabricante 1).

Pensando nisso, a dimensão mais adequada para a altura da folha da porta, de forma que combinada a qualquer uma das três dimensões de batente resulte em um conjunto adequado a projetos de alvenaria estrutural é 211 cm, conforme mostra o Quadro 49.

Altura de folha ideal										
Altura de Folha Ideal		Batente		Folga folha / batente - soleira		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
211	+	2	+	1 (0,5+0,5)	=	214	+	3	=	217
211	+	2,5	+	1 (0,5+0,5)	=	214,5	+	2,5	=	217
211	+	3	+	1 (0,5+0,5)	=	215	+	2	=	217

Quadro 49 – Altura de folha ideal de portas de aço e alumínio para projetos de alvenaria estrutural (medidas em centímetros)

A Figura 134 representa as dimensões ideais para portas metálicas com base nos padrões dos componentes diagnosticados, constando a folha de 211 cm de altura sugerida como ideal, e na largura folha de 71 cm em vão de 81 cm. Detalhe executado no capítulo 7, item 7.6, no tópico de esquadrias especiais, ou seja, no caso de uma esquadria modular encomendada sobre medida a projetos de alvenaria estrutural.

A largura de folha de 71 cm (Figura 134) trata-se de um exemplo, pois como visto, várias larguras dentre as comercializadas são adequadas a vãos modulares, no caso de se sugerir uma largura ideal tendo com base o princípio da coordenação modular que visa reduzir a variedade de tamanhos nos quais os componentes devam ser produzidos, tem-se as larguras de folhas de final 1 compreendidas como as ideais (dentre as atualmente comercializadas), pois quando combinadas a batentes de 2 cm, 2,5 cm e 3 cm resultam em folgas dentro dos limites considerados adequados, mantendo o vão de final 1 (nominal), como demonstrado no Quadro 50, e ilustrado na Figura 134.

Largura de folha ideal – Final 1										
Largura de Folha Ideal		Batente		Folga Folha / batente		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
71	+	4 (2+2)	+	1 (0,5+0,5)	=	76	+	5 (2,5+2,5)	=	81
71	+	5 (2,5+2,5)	+	1 (0,5+0,5)	=	77	+	4 (2+2)	=	81
71	+	6 (3+3)	+	1 (0,5+0,5)	=	78	+	3 (1,5+1,5)	=	81

Quadro 50 – Largura de folha ideal de portas de aço e alumínio para projetos de alvenaria estrutural (medidas em centímetros)

Porém, uma proposta totalmente inovadora pode ser considerada. Portas de abrir com uma folha são trabalhadas de forma semelhante, com dobradiças que fixam a porta ao batente. Pensando nisso, seria interessante considerar a hipótese de se poder intercambiar tipologias de folhas de porta, de madeira e metal, conforme a necessidade do cliente e fase da edificação, construção ou reforma, possibilitando transformar uma porta totalmente metálica em uma porta mista, de batente metálico e folha de porta de madeira, e vice-versa.

Essa possibilidade se mostra atraente visto que o batente é a parte da porta que é fixada na alvenaria, ou seja, possibilitando trocar a folha da porta (fazer manutenção) sem danificar a edificação, se mostrando uma solução racionalizada que ao mesmo tempo promove a manutenibilidade da edificação e certa sustentabilidade, visto que reduz desperdícios no caso de se ter avaria na folha e se desejar trocar somente a folha e não o conjunto inteiro da porta.

Neste sentido, na altura, a folha de porta de madeira ideal diagnosticada tem 212,5 cm. No caso da adoção deste padrão dimensional em folhas de porta metálica, aço e alumínio, seria necessário padronizar também os batentes em 1,5 cm de espessura (parte com rebaixo), conforme demonstra o Quadro 51, sem variações de espessura de batente, considerando uma folga de 2 cm entre alvenaria e batente para instalação.

Na largura, foram diagnosticados adequados os padrões de final 3 e 8 no material madeira. Tendo como exemplo uma folha de 83 cm de largura, que ao somar-se 3 cm de batente (1,5 cm de cada lado), mais a folga entre folha e batente de 1 cm (0,5 cm de cada lado), resulta em um conjunto de 87 cm de largura, como pode ser visto no Quadro 51. Sabendo que o vão modular mais próximo possui 91 cm de largura, resulta em uma diferença de 4 cm, 2 cm de cada lado para instalação, acima do mínimo considerado (1,5 cm de cada lado). Apontando esta como uma solução possível.

Análise dimensional do padrão de folha de porta de madeira aplicada a porta metálica											
	Folha Ideal		Batente		Folga folha / batente - soleira		Conjunto porta		Folga instalação		Vão
Largura	83	+	3 (1,5+1,5)	+	1 (0,5+0,5)	=	87	+	4 (2+2)	=	91
Largura	88	+	3 (1,5+1,5)	+	1 (0,5+0,5)	=	92	+	4 (2+2)	=	96
Altura	212,5	+	1,5	+	1 (0,5+0,5)	=	215	+	2	=	217

Quadro 51 – Padrão dimensional de folha de porta metálica igual à folha de porta de madeira

O mesmo ocorre com a folha de porta de final 8, que por ser um valor múltiplo de 5 cm em relação a folha de final 3, apresenta os mesmos resultados, contribuindo para este fato, destacam-se os vãos de final 1 e 6 também múltiplos de 5 cm. Um contexto dimensional que possibilita a padronização dimensional da folha, do batente, e, inclusive, da folga de instalação.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Através da pesquisa pode-se perceber a complexidade do tema, que envolve inúmeros fatores, por assim dizer. Abrangendo estudos dimensionais minuciosos, pesquisas com especialistas da área, investigação junto a fabricantes, entre outros. Ganhando destaque pelo fato de desmistificar uma série de questões presentes atualmente no cotidiano de muitos profissionais que tem contato com projetos de alvenaria estrutural e sua interface com portas.

Todos os profissionais contatados apresentaram queixas com relação a este assunto, porém poucos sabem pontuar a razão específica dos problemas, principalmente no âmbito dimensional. Fato que reflete a falta de estudos sobre o assunto. Um tema até então pouco explorado, apontando à lacuna de conhecimento com a qual se pretende contribuir.

Contudo, esta pesquisa vem no sentido de abrir as portas para o assunto, pode não responder todas as perguntas do setor, mas certamente serve de chave para uma longa discussão.

Cabe ressaltar que os estudos desenvolvidos e as conclusões obtidas podem se estender a outros projetos dimensionalmente semelhantes aos de alvenaria estrutural, em outras palavras, servindo também para projetos que trabalham com a mesma modulação de parede e vãos.

9.1 VÃOS MODULARES DE PORTAS NA ALVENARIA

Através do estudo verificou-se que os vãos modulares possíveis das alvenarias estruturais, resultam em padrões dimensionais iguais:

- Na largura final 1 (exemplo 71, 81, 91 e 101 cm) e 6 (exemplo 76, 86, 96 e 106 cm) nominal, 0 (exemplo 70, 80, 90 e 100 cm) e 5 (exemplo 75, 85, 95 e 105 cm) modular, múltiplos de 5 cm; e
- Na altura 221 cm bruto, e 217 cm admitindo para o contrapiso a espessura racionalizada de 3 cm e para o conjunto do piso a espessura de 1 cm, considerando placa cerâmica e argamassa colante (capítulo 6, item 6.3 e 6.4).

A altura de 217 cm foi adotada como padrão para as demais análises, uma vez que, conforme estudos realizados observou-se que mesmo em obras de “contrapiso zero” é comum a execução de contrapiso. As soluções de padronização aqui discutidas seguem essa premissa.

Para o caso considerado raro atualmente de contrapiso realmente igual a zero existe a opção de execução de verga pré-moldada de porta para compensar a diferença de 3 cm. Esta verga não seria necessária com execução comum de contrapiso, conforme soluções aqui discutidas.

Na opção de piso elevado, possibilidade levantada nas entrevistas realizadas, a sugestão é de admitir que a altura do conjunto do piso elevado siga a modulação do bloco, ou seja, 2M (20 cm), trabalhando na altura com vão bruto de 241 cm ao invés de 221 cm, de forma ao vão final resultar em 217 cm de altura após descontar o piso elevado.

9.2 PORTA DE MADEIRA (FOLHA E BATENTE DE MESMO MATERIAL)

As portas de madeira são comercializadas com base nas dimensões da folha da porta, disponíveis no mercado nos seguintes padrões dimensionais (capítulo 7, item 7.4):

- Na largura folhas de porta de final 0 (60, 70, 80, 90, 100, 120 cm) e 2 (62, 72, 82, 92, 102 cm); e
- Na altura folhas de 210 cm.

A análise desses padrões dimensionais de porta em relação aos vãos modulares da alvenaria estrutural e geometrias usuais de batentes leva às seguintes conclusões (capítulo 8, item 8.2):

- Na largura duas combinações foram consideradas adequadas, folha de final 2 combinada ao batente de 2,5 cm, e folha de final 0 combinada ao batente de 2 cm; e
- Na altura a folha de 210 cm se mostrou inadequada a projetos de alvenaria estrutural.

Como sugestão para padronização indica-se duas possibilidades:

- Alterar o padrão de altura da folha de 210 cm para 212,5 cm, mantendo-se os padrões de largura atuais; ou
- Alterar o padrão de altura da folha de 210 cm para 212,5 cm, e alterar o padrão de largura das folhas de final 2 para final 3 (63, 73, 83, ... cm), e final 0 para final 8 (68, 78, 88, ... cm), de forma a possibilitar tanto o uso do batente de 2 cm, quanto o de 2,5 cm em ambos os casos (Figura 151).

A primeira sugestão tem menor impacto no setor, pois propõe alteração apenas na altura.

A segunda sugestão tem maior impacto, pois seria necessário alterar completamente os padrões dimensionais atuais.

Em entrevistas realizadas com cinco fabricantes de âmbito nacional, três deles afirmaram ser possível produzir portas sobre medida com acréscimo de custo e no mínimo de 100 unidades. Entende-se que provavelmente esse custo seria muito diluído caso o padrão fosse alterado para todas as portas.

9.3 PORTA MISTA (BATENTE METÁLICO ENVOLVENTE E FOLHA DE MADEIRA)

O batente metálico é usualmente fabricado com base em especificações e projetos fornecidos pelo cliente (estudo específico capítulo 7, item 7.5), porém a folha da porta de madeira possui dimensões padrões para comercialização. Portanto, nesta pesquisa inicialmente foi verificada a possibilidade de se trabalhar com os padrões dimensionais atualmente disponíveis no mercado de folhas de porta de madeira, final 0 e 2 na largura por 210 cm de altura (capítulo 8, item 8.3). O resultado dessa análise indica dimensões de batente distintas para cada caso:

- Na largura a folha de madeira de final 2 se destacou como a melhor solução quando aplicada a vãos de final 6 e batente de 3 cm de espessura (parte do batente com rebaixo); e
- Na altura o uso da folha de 210 cm resulta em um batente de 7,5 cm de espessura, um produto de dimensões robustas, não racionalizadas, possíveis, porém não indicado em função do significativo aumento da chapa do batente, elevando o custo da porta.

Posteriormente, foi analisada a possibilidade de se adequar o batente metálico às folhas de portas de madeira de dimensões apontadas como ideais, chegando-se as seguintes conclusões (Figura 151):

- Na largura, as folhas de final 3 e 8 resultam em batentes de 2,5 cm de espessura, dimensão considerada adequada, para vãos de final 6 e 1; e
- Na altura o uso da folha de 212,5 cm de altura resulta em batente de 5 cm de espessura, conseqüentemente, um batente metálico envolvente que tem os montantes verticais (2,5 cm) diferentes da travessa horizontal (5 cm). Alternativa considerada adequada, levando em consideração as vantagens da criação de um padrão dimensional de folhas de portas de madeira.

9.4 PORTA METÁLICA (AÇO E ALUMÍNIO)

As portas metálicas são comercializadas com base na dimensão da porta, conjunto que admite o batente, a folha da porta, a travessa de embutir (quando presente) e as respectivas folgas entre estes componentes, diferente das portas de madeira.

As portas metálicas comercializadas foram diagnosticadas com grande variedade dimensional (capítulo 7, item 7.6).

- Portas de aço de 65, 66, 67, 68, 75, 76, 77, 78, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 99, e 100 cm de largura, por 215 ou 217 cm de altura; e
- Portas de alumínio de 68, 77, 78, 86, 87, 88, 90, 96 e 98 cm de altura, por 215, 216 ou 217 cm de altura.

Porém, depois de um estudo detalhado verificou-se que na largura 88% das portas de aço se mostraram adequadas a projetos de alvenaria estrutural. No caso de portas de alumínio, o resultado foi ainda melhor, constando 100% das portas disponíveis adequadas (capítulo 8, item 8.4). Resultado vinculado ao material de instalação (argamassa) e a respectiva tolerância dimensional admitida (entre alvenaria e batente).

Na altura o padrão comercializado de 217 cm se mostrou adequado a projetos de alvenaria estrutural somente quando combinado a batentes de 3 cm de espessura e folha de porta de 210 cm de altura.

A partir das análises realizadas, sugere-se duas possibilidades de padronização dimensional. A primeira tem pequeno impacto no setor, e visa padronizar dimensionalmente somente as portas metálicas (folha de porta metálica de dimensões distintas a de porta de madeira), e outra de maior impacto, que visa padronizar dimensionalmente as folhas de porta de metal e madeira (padrão dimensional igual).

Solução de pequeno impacto:

- Na largura, padronizar a folha de porta em final 1 (71, 81, 91, ... cm), pois permite ser combinada a batentes de 2 cm, 2,5 cm e 3 cm; e
- Na altura, padronizar a folha de porta em 211 cm, pois assim como a folha de final 1 de largura, permite ser combinada a batentes de 2 cm, 2,5 cm e 3 cm.

Solução de maior impacto (Figura 151):

- Na largura, padronizar a folha de porta em final 3 e 8, combinada a batente de 1,5 cm de espessura; e

- Na altura, padronizar a folha de porta em 212,5 cm, também combinada a batente de 1,5 cm de espessura.

A solução de maior impacto implica em mudança total do padrão dimensional das portas metálicas hoje produzidas, porém tem a vantagem de permitir intercambiar folhas de porta, de madeira e metal. Conforme a necessidade do cliente e fase da edificação, construção ou reforma, é possível transformar uma porta metálica em uma porta mista, de batente metálico e folha de porta de madeira, e vice-versa. Uma solução racionalizada que ao mesmo tempo promove a manutenibilidade da edificação e sustentabilidade, visto que reduz desperdícios no caso de se ter avaria na folha e se desejar trocar somente a folha e não o conjunto inteiro da porta.

9.5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos através da pesquisa exploratória desenvolvida conclui-se que o objetivo de contribuir com a padronização dimensional e industrialização de portas em edificações de alvenaria estrutural foi alcançado.

Especificamente através da identificação dos possíveis vãos modulares para portas em projeto de alvenaria estrutural de concreto e cerâmico, sendo estes os materiais de maior aplicação no Brasil. Assim como através da investigação e diagnóstico dos padrões dimensionais comercializados de portas (de abrir com uma folha) dos materiais madeira, metal ou mista.

Possibilitando verificar a adequação dimensional das portas comercializadas aos possíveis vãos da alvenaria; e propor padrões dimensionais adequados, nos casos diagnosticados em desacordo, para portas de madeira, metal ou mista.

Como sugestão para a completa padronização de folhas de portas, entende-se ser ideal padronizar a largura em final 3 (63, 73, 83, ... cm) e 8 (68, 78, 88, ... cm), e altura em 212,5 cm, para qualquer tipo (material) de porta (Figura 151).

Uma vez padronizadas dimensionalmente as folhas das portas, sugere-se a padronização da forma de comercialização da porta, independente de seu material, tendo como base a sua dimensão total, ou seja, a sua dimensão como conjunto (montado) incluindo todos os seus componentes. Resultando em uma linguagem unificada entre fabricantes, projetistas, e executores.

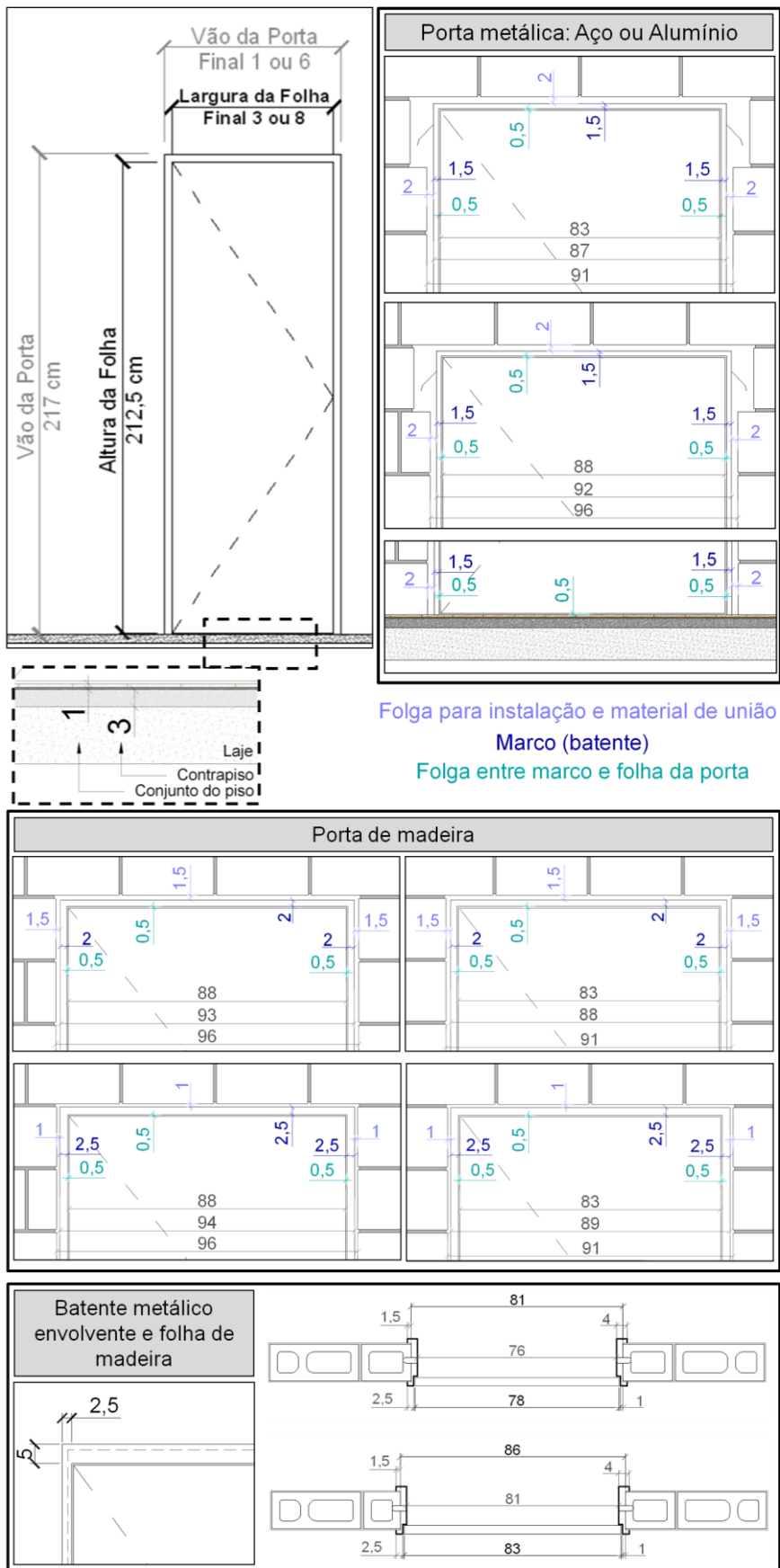


Figura 151 – Padrões dimensionais de portas e vãos. Sugestão da pesquisa

9.6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista o potencial da coordenação modular em modernizar o setor da construção civil, elevando-o a níveis adequados de industrialização e racionalização da construção, compreende-se, portanto, indispensável desenvolver estudos de forma a promover esta ferramenta. Destaca-se a seguir algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Estudos que busquem contribuir para a padronização dimensional de outros elementos e componentes construtivos, como revestimentos de piso e parede, soluções de cobertura, entre outros;
- Estudar normas brasileiras de componentes e elementos construtivos e verificar sua adequação a ABNT NBR 15873:2010 coordenação modular para edificações;
- Estudos experimentais que verifiquem tolerâncias dimensionais adequadas ou que apontem possíveis desvios padrões de componentes e elementos construtivos;
- Estudar níveis de racionalização em projetos com e sem coordenação modular, visando economia de custo, materiais, mão de obra e tempo; e
- Estudar relações de aumento da produtividade em projetos com e sem coordenação modular.

REFERÊNCIAS

ALMEISA, H. S. de; TOLEDO, J. C. de. Qualidade Total do Produto. **PRODUÇÃO**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, out. 1991. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v2n1/v2n1a02.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2011.

ARCELORMITTAL; BEKAERT. **MURFOR®**: Reforço de aço para alvenaria. Disponível em: <https://www.belgo.com.br/produtos/construcao_civil/murfor/pdf/murfor.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (ABCI). **Manual técnico de alvenaria**. Carlos Alberto Tauil (Coord.). São Paulo: ABCI/Projeto/Pw, 1990. 275 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual Técnico para Implementação** – Habitação 1.0 @ Bairro Saudável. População Saudável. São Paulo, 2002. 88 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 6136**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 9050**: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

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

_____. **NBR 15575-1**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 15812-1**: alvenaria estrutural: blocos cerâmicos: parte 1: projetos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15812-2**: alvenaria estrutural: blocos cerâmicos: parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15873**: coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15930-1**: Porta de madeira para edificações: parte 1: terminologia e simbologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15930-2**: Porta de madeira para edificações: parte 2: requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15961-2**: alvenaria estrutural: blocos de concreto: parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES (ANFACER). **Vantagens do Uso da Cerâmica**. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br/site/default.aspx?idConteudo=158&n=Vantagens-do-Uso-da-Cer%C3%A2mica>>. Acesso em: 19 jun. 2012.

AURESCHAOUIA. **plan-timgad2**. 2008. 1 mapa, p&b. Disponível em: <<http://aureschaouia.free.fr/webgalerie/picture.php?/1676/category/36>>. Acesso em: 29 fev. 2012.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da Coordenação Modular da construção no Brasil**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BARROS, M. M. S. B. de; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais**. São Paulo: EPUSP, 1991.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. **Déficit Habitacional no Brasil 2007**. Brasília, 2009. 129 p.

BRUNA, P.J.V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva, 1976. 307 p.

CAMACHO, J. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira: UNESP/NEPAE, 2006. 53 p. Apostila.

CODEX 99. **The Five Orders**. 2009. 5 fotografias, p&b. Disponível em: <<http://www.codex99.com/list/44.html>>. Acesso em: 29 fev. 2012.

DEPARTAMENTO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (DECONCIC); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **ConstruBusiness 2010: Brasil 2022: planejar, construir e crescer**. In: Congresso Brasileiro da Construção, n° 9, 2010. **Caderno Técnico**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/construbusiness/pdf/apresentacoes/ConstBusiness2010Portugues.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2011.

DM2 METALÚRGICA. **Kit porta DM2 (a)**: Apresentação da metodologia do Kit Porta DM2: Batente metálico para porta de madeira [mensagem pessoal]. Slide 7. 1 ilustração, colorida. Mensagem recebida por <regina.cg@hotmail.com> em 29 ago. 2011.

DM2 METALÚRGICA. **Kit porta DM2 (b)**: Apresentação da metodologia do Kit Porta DM2: Batente metálico para porta de madeira [mensagem pessoal]. Slide 8. 1 ilustração, colorida. Mensagem recebida por <regina.cg@hotmail.com> em 29 ago. 2011.

DM2 METALÚRGICA. Batente envolvente assimétrico (com grapa) n°2. **Foto (a)**. 1 ilustração, p&b. Disponível em: <<http://www.dm2.ind.br/images/BATENTE%2003.jpg>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

DM2 METALÚRGICA. Batente envolvente assimétrico (com grapa). **Foto (b)**. 1 ilustração, p&b. Disponível em: <<http://www.dm2.ind.br/images/BATENTE%2001.jpg>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

DM2 METALÚRGICA. Batente envolvente simétrico (com grapa). **Foto (c)**. 1 ilustração, p&b. Disponível em: <<http://www.dm2.ind.br/images/BATENTE%2005.jpg>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

DM2 METALÚRGICA. Batente meia alvenaria (com grapa). **Foto (d)**. 1 ilustração, p&b. Disponível em: <<http://www.dm2.ind.br/images/BATENTE%2002.jpg>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

DM2 METALÚRGICA. Batente corredor (com parafuso). **Foto (e)**. 1 ilustração, p&b. Disponível em: <<http://www.dm2.ind.br/images/BATENTE%2004.jpg>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

EQUIPAOBRA. **Balde para graute**. 1 fotografia, colorida. Disponível em: <<http://www.equipaobra.com.br/baldegraute.htm>>. Acesso em: 26 mar. 2011.

EYCK, R. T. **Maximize Modular Construction Benefits through Total Project Coordination**. DeLuxe Building Systems inc., 2010. 1 ilustração, colorida. Disponível em: <<http://www.deluxebuildingsystems.com/blog/post/2010/08/26/Maximize-Modular-Construction-Benefits-through-Total-Project-Coordination.aspx>>. Acesso em: 27 jan. 2012.

FABRÍCIO, M. M. **Industrialização das Construções**: Uma abordagem contemporânea. 2008. 117 f. Texto (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **Coordenação modular (CM) para a construção civil**. 2010. Apresentação impressa.

FERREIRA, A. B. de H. **Miniaurélio**: minidicionário da língua portuguesa. 6 ed. Curitiba: Positivo, 2004. 896 p.

FIESS, J. R. de F. Regularização de laje: Qual deve ser a espessura mínima da camada de regularização de laje que vai receber revestimento? Qual deve ser o traço da argamassa e consumo por metro quadrado?. IPT Responde. **Revista Técnica**. [2012?]. Disponível em <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/114/imprime29082.asp>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

FUNDAÇÃO EUCLIDES DA CUNHA (FEC). AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Relatório N°2**: Relatório analítico e propositivo dos esforços para implantação dos ajustes em termos de adequação de produto, processos produtivos e logística. Jun 2010. <<http://www.construirdesenvolvimento.com.br/wp-content/uploads/2010/10/relatorio-02-ABDI.pdf>>. Acesso em: 07 dez 2010.

FRANTZ, R. A. **Colosseum, Rome**. 2005. 1 fotografia, colorida. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Coliseu14.jpg>>. Acesso em: 18 abr. 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991. 159 p.

GLASSER. Canaletas – vergas: Encontro de paredes. **Fotos**. Disponível em: <<http://www.glasser.com.br/site2008/NBI/per/INI/default.asp>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

GUEDES, M. F. **Caderno de Encargos**. Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP). Editora Pini. [2011?].

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Revestimentos Cerâmicos (pisos e azulejos). Divulgação no Programa Fantástico da Rede Globo de Televisão. 1998. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/revestimentos.asp>>. Acesso em: 07 mar. 2012.

INTERNATIONAL STANDARDS FOR BUSINESS, GOVERNMENT AND SOCIETY (ISO). Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/home.html>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

LIBERATO, R. **All Giza Pyramids in one shot**. 2006. 1 fotografia, colorida. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:All_Gizah_Pyramids.jpg>. Acesso em: 10 jun. 2012.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2001. 101 p.

MAMEDE, F. C. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. 2011. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

NOBREGA, H. R. **Fotos de casa lego**. 2011. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://fotosdecasadelego.blogspot.com/>>. Acesso em: 27 jan. 2012.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. 1 ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010. 238 p.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. São Carlos: EdUFSCar, 2012. 625 p.

PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS. Empresa fabricante de blocos cerâmicos. Obra: Vivare - Goldsztein Cyrela. **Foto**. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/vernorticia.php?id=116&PHPSESSID=tixsxqpaqa>>. Acesso em: 26 mar. 2011.

PÉRON, L. **Facade de la Cathédrale de Reims, prise depuis le parvis**. 2007. 1 fotografia, colorida. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Facade_de_la_Cath%C3%A9drale_de_Reims_-_Parvis.jpg>. Acesso em: 07 jun. 2012.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P.; CATOIA, Thiago; CATOIA, Bruna. **Estruturas de Concreto: Introdução**. Capítulo 1. Apostila Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), 2010. Disponível em <www.set.eesc.usp.br/mdidatico/concreto/Textos/>. Acesso em: 16 jun. 2012.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

RANGEL, D. O.; JORGE, M. **A laje nível zero, em substituição do contrapiso em edifícios residenciais, como alternativa viável**. [2009?]. Disponível em <info.ucs.br/banmon/Arquivos/ART_160109.doc>. Acesso em: 17 jun. 2012.

ROOT, J. W.; BURNHAM, D. H. **Original sketch of Jackson Street elevation, Monadnock Building, Chicago.** 1885. 1 fotografia, colorida. Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jackson_Street_Elevation_1885.jpg?uselang=es>. Acesso em: 02 abr. 2012.

ROOT, J. W.; BURNHAM, D. H. Sketch entitled "**The Monadnock Office Building, Chicago. Burnham and Root, Architects**". 1889. 1 fotografia, colorida. Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monadnock_Sketch_1889.jpg?uselang=es>. Acesso em: 02 abr. 2012.

ROSSO, T. **Teoria e Prática da Coordenação Modular.** 1 ed. São Paulo: FAUUSP, 1976. 223 p.

ROSSO, T. **Racionalização na Construção.** 1 ed. São Paulo: FAUUSP, 1980. 300 p.

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária.** 1984. 298 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. 321 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SANTOS, D. de G.; AMARAL, T. G. Construtibilidade dos Projetos de Alvenaria Estrutural. In: Workshop nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2001, São Carlos. **Anais...** Disponível em: <http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/CONSTRUTIBILIDADE_%20DOS_PROJETOS.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2001.

SASAZAKI. **Catálogo eletrônico.** Disponível em: <<http://www.sasazaki.com.br/catalogos/index.php?cat=12>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

SECIL. **Histórico do cimento.** Disponível em: <http://www.secil.pt/default.asp?pag=historico_cimento>. Acesso em: 18 mar. 2011.

SELECTA BLOCOS. **Fotos.** Disponível em: <http://www.selectablocos.com.br/av_produtos.html>. Acesso em: 23 mar. 2011.

SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto.** 2008. 268 f. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2008.

SITE DE CURIOSIDADES. **Farol de Alexandria.** 1 fotografia, colorida. Disponível em: <<http://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/farol-de-alexandria--maravilha-do-mundo.html>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

SOUZA, A. L. R. **O Projeto para Produção das Lajes Racionalizadas de Concreto Armado de Edifícios.** 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SOUZA, U. E. L de. Argamassa para contrapiso: Como evitar desperdício de argamassa na execução de contrapisos. **PiniWEB**. Edição 12. Jul. 2007. Disponível em <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/12/artigo56461-1.asp>>. Acesso em: 17 jun. 2012.

STAUB, D. K. **The Monadnock Building, 53 West Jackson Boulevard, Chicago, Illinois, seen from the east side of Jackson and Dearborn streets looking south**. 2005. 1 fotografia, colorida. Disponível em: <<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monadnock.jpg?uselang=es>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2010. 183 p.

ZECHMEISTER, D. **Estudo para a padronização das dimensões de unidades de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular**. 2005. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

APÊNDICE 1 – INVESTIGAÇÃO SOBRE O TEMA

As respostas da entrevista foram elaboradas pela pesquisadora sobre conversa gravada onde o entrevistado colocou suas opiniões frente às perguntas realizadas.

Data: 20/10/2010	QUESTIONÁRIO ELABORADO – ENTREVISTA
ENTREVISTADO 	Arquiteto Carlos Alberto Tauil Antigo presidente e atual consultor da BlocoBrasil - Associação Brasileira da Indústria de Bloco de Concreto. Atual Diretor da MÉTRICA - Assessoria e Consultoria em Arquitetura e Construção Civil.
ESPECIALISTA EM	ALVENARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA
QUESTÕES	
1	Como você enxerga a coordenação modular para a construção civil? (vantagens e desvantagens)
<p>A coordenação modular se coloca como excelente promotora da racionalização e da sustentabilidade na construção civil, pois diminui significativamente as perdas de materiais em função da coordenação entre os elementos da edificação, estrutura, vedação, revestimentos, esquadrias, portas, entre outros, refletindo diretamente no quantitativo de materiais para a obra e no volume de entulho gerado e depositado no meio ambiente. Simplifica os processos de execução uma vez que se têm um maior planejamento das etapas de trabalho refletindo em um sistema onde os elementos e componentes construtivos se adaptam a vedação que por sua vez se adapta a estrutura, onde inclusive a indústria mobiliária pode vir a se adaptar as dimensões do edifício coordenado modularmente.</p>	
2	Como você enxerga o sistema construtivo em alvenaria estrutural para a construção civil? (vantagens e desvantagens)

A alvenaria estrutural proporciona vantagens em relação ao custo e tempo de execução sobre o método tradicional no que diz respeito à redução das etapas de trabalho no canteiro de obras, pois se aplica diretamente o azulejo, o gesso, sem chapisco, sem massa. Também promove a racionalização do processo uma vez que é concebida através da modulação, portanto há um maior controle dos processos uma vez que se tem um maior planejamento.

Quanto às desvantagens, em suma estão relacionadas com a falta de mão de obra especializada, o correto seria treinar as equipes, e separá-las por especialidades alavancando domínio pela tarefa.

Atualmente a alvenaria estrutural tem sido utilizada desde casas para empreendimentos sociais até construções de alto padrão, como por exemplo, na cidade de São Paulo algumas das grandes incorporadoras têm adotado esta solução para suas edificações de alto padrão.

3 Qual o papel da industrialização na construção civil para o desenvolvimento da coordenação modular e da alvenaria estrutural?

No geral para se alcançar ganhos reais em relação ao tempo e custo na execução de uma edificação é necessário industrializar o processo, a alvenaria estrutural e a coordenação modular são partes integrantes da industrialização, como também outros elementos como a mecanização, o uso de materiais pré-fabricados e pré-moldados como a laje, a escada, a verga, buscando retirar toda a carpintaria da obra. Além disso o conceito de industrialização engloba tornar o canteiro industrializado, tarefas que vão e não voltam, assim como a linha de montagem dos automóveis, etapas de trabalho bem definidas e seqüenciais sem retomada de tarefas.

4 Qual sua opinião sobre o uso e aplicação da ABNT NBR 15873:2010 na indústria da construção civil?

Toda a vez que houve vontade política de se implantar algo funcionou. Por exemplo, o problema da industrialização da construção no Brasil não tem nada haver com estudos técnicos, na maior parte das vezes está tudo relacionado com investimento e lucro, a indústria, construtores, incorporadores, querem produzir para ganhar, e os impostos atualmente estão se colocando contra a industrialização no setor, portanto deve haver uma isonomia de imposto no Brasil, ou seja, um imposto só no lugar dos dois que temos hoje, o ICMS imposto estadual sobre produto e o ISS imposto sobre serviço, para compreender

melhor este pensamento, quando se leva a areia, o cimento, a brita e se faz o concreto na obra é recolhido o ISS, mas se comprar o material pronto é agregado um valor a este material o ICMS, tornando esta solução mais cara do que a convencional (de execução em canteiro), aproximadamente 10% de diferença, outro exemplo o banheiro pronto e o executado em obra, dentre muitos outros, sendo assim é mais difícil aderir a produtos pré-fabricados (industrializados), principalmente quando o foco é custo e não tempo de execução.

O foco do investimento na coordenação modular é a industrialização do setor, para tanto é necessário criar isonomia no imposto, servindo de incentivo para adoção da mesma por todo setor da construção civil.

5 Qual a importância do arquiteto no projeto de alvenaria estrutural?

O correto envolvimento do arquiteto em um projeto de alvenaria estrutural é fundamental, pois se trata de uma solução onde toda ou parte da vedação tem função estrutural, sendo assim o arquiteto deveria fornecer o projeto já modulado para o calculista estrutural. O arquiteto também tem um importante papel na concepção de um projeto que utiliza deste partido uma vez que a alvenaria estrutural do contrário do que dizem é um ferramenta que permite grande flexibilidade de planta e liberdade de desenho, podendo ser adotadas curvas, chanfros entre outros e além disso nem todas as paredes necessitam ser de alvenaria estrutural, podendo ser combinadas com outras soluções que permitem serem modificadas ao longo tempo como o drywall.

8 Qual o bloco estrutural, dimensão e material, que considera ser o mais adequado para obras em alvenaria estrutural coordenada modularmente?

É difícil apontar um, como tantas coisas, também é uma questão de gosto, costume, enfim. Em relação ao comprimento do bloco tem gente que gosta de usar bloco de 30 cm, mais leve em relação ao de 40 cm, pensando em números o bloco de 30 cm rende 16,6 blocos por metro quadrado e o de 40 cm rende 12,5 blocos por metro quadrado. Para saber qual o melhor bloco em relação ao custo uma construtora executou dois edifícios iguais cada um com um tipo de bloco, de 30 cm e de 40 cm, o de 30 cm ficou mais caro e demorou mais para ser executado, pois em relação ao número de blocos demora mais para assentar, e como a construtora necessita de produtividade passou a optar pelo bloco de 40 cm. O ideal seria a criação de um bloco leve de 60 cm (comp.) feito com agregado leve, no Brasil o agregado leve encontrado é a argila expandida, porém é escassa a produção deste

<p>material.</p> <p>Estou mais acostumado com o bloco de 40 cm (comp.) x 14 cm (larg.), mesmo este apresentando maior dificuldade na amarração de canto. No caso do uso do bloco de 30 cm (comp.) x 15 cm (larg.) tudo da certo, pois é inteiro e meio. Seguindo esta linha de raciocínio o ideal seria utilizar o bloco de 20 cm (larg.) x 40 cm (comp.), onde a modulação daria certo em função da medida ser múltipla.</p> <p>O maior concorrente do bloco de concreto é o bloco cerâmico, pois é mais leve, podendo ganhar no tamanho em relação ao peso, porém ao se diminuir a densidade diminui a resistência. Para casas pode-se usar o bloco cerâmico, também porque este apresenta bons resultados em relação ao conforto térmico.</p> <p>O bloco de 10 cm (9 cm x 19 cm x 39 cm de dois furos) não é comercializado como estrutural, mas para a construção de uma casa pode-se utilizar como estrutural (furação na vertical), desde que se especifique uma resistência mínima de 2 mpa. Quando se fala em casa térrea, não sobrado, se fala em alvenaria estrutural, o bloco pode ser bloco de vedação (9 cm x 19 cm x 39 cm de dois furos), com resistência mínima de 2 mpa, pois uma casa conta com no máximo 1,5 mpa, não passa disso.</p>
<p>Observações:</p>
<p>A ABNT NBR 6136 vai ser revisada, para se corrigir alguns conceitos firmados na ABNT NBR 15873:2010, por exemplo chamava-se de dimensão nominal o 20 cm x 40 cm, o que esta errado, o que se chama de dimensão nominal hoje é 19 cm x 39 cm, e dimensão modular o 2M x 4M (20 cm x 40 cm).</p>
<p>Foto Disponível em: <http://www.portalvgv.com.br/site/alvenaria-estrutural-vantagens-para-o-construtor-e-a-sociedade/>. Acesso em: 18 out. 2010.</p>

Data: 17/11/2010	QUESTIONÁRIO ELABORADO – ENTREVISTA
ENTREVISTADO 	Engenheiro Cláudio Oliveira Silva <p>Engenheiro Civil - pela Universidade de Guarulhos, 1993. Mestre em Engenharia na área de materiais de construção pela Escola Politécnica da USP, 2003. Doutorando em Engenharia na área de materiais pela Escola Politécnica da USP. Especialização em Marketing pela ESPM, 2005. Pós graduação em Administração Industrial - Escola Politécnica da USP – 2009.</p> <p>Gerente da Área da Indústria de pré-fabricação na ABCP – responsável pelo desenvolvimento de produtos à base de cimento, coordenação da ABCP das Associações de fabricantes - ABCIC, BlocoBrasil, ABTC e Anfatecco. Representante da ABCP no Consitra e CBCS. Coordenador da norma de pavimento intertravado da ABNT.</p>
ESPECIALISTA EM	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
QUESTÕES	
1	Como você enxerga a coordenação modular para a construção civil?
<p>A indústria da construção civil esta encarando a norma de coordenação modular com bons olhos visto que a elaboração da mesma contou diretamente com a participação do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Porém para que a coordenação modular pegue realmente é necessário inserir estes conceitos em estudantes de arquitetura e engenharia, mostrar como pensar a coordenação modular em projeto, como realmente otimizar, através de produtividade e da industrialização na construção. A coordenação modular deve nascer no projeto, enquanto continuarmos adequando o projeto ao invés de cobrar adequações por parte do fabricante a coordenação modular vai encontrar resistência.</p> <p>Devemos tomar cuidado quando relacionamos a coordenação modular a uma estratégia rumo a sustentabilidade, relacionada com a mitigação de entulho que este sistema propõe,</p>	

para tal afirmação devem ser desenvolvidos estudos sobre indicadores de entulho, pois, o que vejo acontecer é, construímos edificações e após a ocupação da mesma esta passa por uma fase de adequação por parte do proprietário, gerando grandes volumes de entulho. Será que estamos atingindo nosso objetivo? Acredito que este tipo de entulho, “camuflado”, deva ser incorporado e estudado como um problema, salientando a importância de diagnosticar e atender as necessidades dos clientes.

2 Qual o papel da industrialização na construção civil para o desenvolvimento da coordenação modular e da alvenaria estrutural?

Devemos ter em mente as duas principais etapas do processo de execução de uma edificação, projeto e execução. A industrialização para real otimização me remete a alguns fatores como produtividade, sequência, tudo isso aplicado principalmente na fase de execução, ou seja, no canteiro de obras, não só os materiais industrializados, mas o canteiro deve ser industrializado. O sistema construtivo em alvenaria estrutural para real otimização de recursos físicos e financeiros está ligado à organização, a planejamento e a produtividade, alavancados através da industrialização. Como sabemos neste sistema não se faz uso de vigas e pilares, com isso não tem necessidade de formas, portanto este sistema reduz etapas frente ao sistema tradicional, se mostrando no mercado um sistema competitivo, e como construtoras visam custo este sistema se destaca, inclusive a questão que se falava de desvantagem sobre a flexibilidade de planta hoje foi vencida, a alvenaria estrutural através de um bom projeto pode ser aplicada em edificações onde se deseja ter liberdade de planta em associação com outros sistemas construtivos enfim, basta saber projetar. A coordenação modular tem tudo para alavancar as potencialidades deste sistema tendo em vista o reflexo da industrialização no processo.

3 Qual o bloco estrutural, dimensão e material, que considera ser o mais adequado para coordenada modularmente?

No que diz respeito à dimensão, mais especificamente a espessura da parede deve-se considerar a norma de desempenho térmico ABNT NBR 15220 (conforto), ou seja, deve-se fazer uma análise com base na norma buscando garantir conforto térmico de acordo com a região que se pretende construir.

Dentre as dimensões de blocos existentes no mercado e pensando em aplicar da melhor forma a coordenação modular, em termos de projeto, a discussão tende mais para o bloco de 15 x 30 (cm), que além de modular é mais leve. Em contrapartida quando pensamos o

bloco de 15 x 40 (cm) temos maior produtividade na hora da execução, porém, necessita de maior habilidade por parte do projetista no que diz respeito ao uso dos blocos compensadores, exemplo 15 x 54 (cm). Outra questão a se pensar é a fabricação, o ciclo de fabricação do bloco de 30 cm e de 40 cm é o mesmo, sabendo que o bloco de 40 cm cobre maior área (m²), o bloco de 30 cm pode acabar saindo mais caro, ou seja, em unidade fabrica-se a mesma coisa, e em m² o bloco de 40 cm se destaca, impactando no custo, o fabricante não consegue na máquina melhorar a questão da produção. Muitos fabricantes afirmam que não compensa produzir o bloco de 30 cm, caindo na questão da vantagem econômica. O fabricante é muito reticente a mudar a forma. Temos ainda a questão da ergonomia, o bloco de 30 cm pesa cerca de 15% a 20% menos que o de 40 cm.

Quanto ao material, tanto faz concreto e cerâmico esta questão esta bem relacionada com a disponibilidade do mesmo na região onde se constrói, o que impacta no custo, e o costume da construtora.

Foto Disponível em: <<http://www.forumcoloredconcreteworks.com/palestrantes.asp>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

APÊNDICE 2 – ENTREVISTAS SOBRE ALVENARIA ESTRUTURAL E PORTAS

Entrevistas com especialistas sobre construção civil com foco em procedimentos executivos frente ao sistema construtivo em alvenaria estrutural, instalação e uso de portas.

EMPRESA 1	
Características da Empresa	Escritório de projeto especializado em industrializar e racionalizar a construção. Sistema construtivo mais utilizado em alvenaria estrutural. Mais de 20 anos no mercado. Somando mais de 3 milhões de metros quadrados construídos.
Data: 28/03/2012	Questionário aplicado pessoalmente pela pesquisadora, palavra falada transcrita pela pesquisadora. Incluindo visita as obras da empresa onde se tirou as fotos incluídas no texto. Visita acompanhada pelo dono da empresa.
Questionário sobre alvenaria e portas	
1	Tipo de laje que adota e espessura de contrapiso para a solução adotada?
<p>Moldada in loco (normal): Contrapiso de 3 cm de espessura em função da tubulação de gás.</p> <p>Pré-moldada (nível zero): No mínimo 1 cm de contrapiso dentro da unidade habitacional, pois não trabalha com lazer, desnível de 1 cm entre unidade e hall do elevador em função da escada pré-moldada que necessita estar perfeitamente nivelada com o hall.</p>	
2	Espessura do conjunto do piso considerado em projeto?
<p>Argamassa colante 0,3 cm (3 mm)</p> <p>Soluções de piso (cerâmico ou porcelanato) com espessuras que variam de 0,5 cm até 0,9 cm.</p> <p>Somando no máximo um conjunto de 1,2 cm.</p>	
3	Qual espessura considera em projeto para a junta horizontal da primeira fiada (entre a primeira fiada de bloco e a laje) e qual espessura para as demais?
<p>Primeira junta: 1 cm</p> <p>Demais juntas: 1 cm</p>	
4	Que portas trabalha?
Portas de madeira em kit e batentes metálicos com folha de porta em madeira.	
5	Sua porta cabe perfeitamente no vão? Se não, qual solução adota para preencher este vão?

<p>Não a porta não cabe perfeitamente no vão apresentando-se menor que o vão.</p> <p>Este problema é resolvido com uso de vergas pré-moldadas de concreto variando de 4 a 5 cm de espessura.</p>	
6	Quais blocos estruturais que trabalha?
<p>Utiliza-se tanto blocos de concreto quanto cerâmicos. No caso dos blocos de concreto em edificações de até 20 pavimentos e no caso de blocos cerâmicos em edificações de até 6 pavimentos. Nas dimensões 14 x 19 x 39 ou 29 cm (largura x altura x comprimento), comprimento 39 no concreto e 29 no cerâmico. No concreto utilizando também os blocos de 34, 54 e 4 cm de comprimento permitindo uma modulação múltipla de 5 cm. No cerâmico utilizando também os blocos de 34 e 44 cm de comprimento permitindo uma modulação múltipla de 15 cm.</p> <p>Em paredes não estruturais são utilizados blocos de 9 cm de largura (paredes internas) conectadas as paredes estruturais através de grapa ou grampo.</p>	
PORTAS DE MADEIRA	
7	Tipo de fixação da porta?
<p>A porta é fixada com espuma de poliuretano expandido em função da velocidade, do custo e da qualidade. Espaço livre para aplicação da espuma de 1 a 1,5 cm.</p>	
8	Dimensões da folha da porta que trabalha?
<p>Largura: Vão da porta na alvenaria com final 01 (um) folhas de porta com final 02 (dois), exemplo 72, 82 e 92 cm. Vão da porta na alvenaria com final 06 (seis) folhas de porta com final 0 (zero), exemplo 70, 80 e 90 cm.</p> <p>Altura:</p>	
9	Espessura e largura do batente que utiliza?
<p>De 2 a 2,5 cm na face da folha da porta, do outro lado de 3 a 3,5 cm de espessura.</p> <p>Nas larguras de 9 e 14 cm.</p>	
10	Solução dimensional na altura para laje nível zero?
<p>Vão na alvenaria 221 cm.</p> <p>$221 - 5$ (verga) $- 1$ (regularização) $- 1$ (conj. do piso) = 214 de vão final na alvenaria</p> <p>Como o conjunto da porta varia dimensionalmente entre 213,5 e 214 admite-se neste caso corte na folha da porta para instalação que deve ter uma folga de 1 a 1,5 cm para espuma.</p> <p>Outro caso com verga de 4 cm.</p> <p>$221 - 4$ (verga) $- 1$ (regularização) $- 1$ (conj. do piso) = 215 de vão final na alvenaria</p> <p>Dimensão ideal para instalação da porta sem cortes.</p>	
11	Solução dimensional na altura para laje moldada in loco (regularização de 3 cm)?

<p>Vão na alvenaria 221 cm.</p> <p>$221 - 3$ (regularização) $- 1$ (conj. do piso) = 217 cm</p> <p>Diferença de 3 a 3,5 cm entre o vão e a porta, necessitando de preenchimento para instalação da porta.</p>	
BATENTE METÁLICO ENVOLVENTE	
12	Qual a solução dimensional adotada quando utilizado o batente metálico envolvente?
<p>Este tipo de solução é projetada e encomendada com dimensões peculiares de forma a se encaixar no vão perfeitamente. Soluções diversas foram pensadas para não precisar de boneca, problema comumente enfrentado em encontros de parede em “L”.</p>	
13	Qual a altura e largura do batente que utiliza?
<p>Uma experiência que deu certo foi projetar um batente metálico que se encaixasse no vão de 201 cm na alvenaria ao invés de 221 cm como todos utilizam. Neste caso a altura do batente metálico envolvente tem que ser maior ficando com aproximadamente 202,4 cm.</p> <p>Diminuindo o custo do material e corretamente dentro das normas, resolvendo perfeitamente a modulação.</p> <p>Na largura também deve ser maior que o vão uma vez que é envolvente ficando com aproximadamente 866 cm para um vão na alvenaria de 90,6 cm (91).</p> <p>Desta forma a folha da porta é resultado do desconto do batente menos as folgas perimetrais necessárias para o correto funcionamento.</p>	
14	Espessura e largura do batente que utiliza?
<p>A dimensão mais comum utilizada é:</p> <p>Espessura de 3 cm na face da folha da porta, do outro lado de 4,2 cm.</p> <p>Na largura (espessura da parede) a peça tem 18 cm, em uma parede de espessura de 15 cm, projetada para ter uma folga de 1,5 cm de cada lado.</p>	
15	Dimensões da folha da porta que trabalha?
<p>A folha da porta vem com altura de ± 199 cm fixada de maneira a ficar com um espaço vazio abaixo dela de 1,5 a 2 cm, folga para instalação do piso cerâmico e folga padrão para movimentação da folha.</p> <p>Na largura fica com aproximadamente 79,6 cm.</p>	
OBSERVAÇÕES GERAIS	
<ul style="list-style-type: none"> - Optar por solução na porta aumentando sua dimensão e removendo o uso da verga pré-moldada de concreto, saindo mais barato. - Lembrar que o custo em cortar a porta está embutido na instalação da mesma. - Quando a folha da porta tem 72 cm, por exemplo, o vão livre de passagem fica com aproximadamente 68 cm, muito pouco quando é necessário passar moveis como sofá ou eletrodomésticos como geladeira, não sendo aconselhado para portas de entrada ou se 	

cozinhas. - O bloco “J” e o bloco compensador de H=9 cm são muito frágeis, quebrando facilmente e gerando perdas, também tem um acabamento feio na fachada. Preferindo a canaleta comum H=19 cm na última fiada de blocos, interação laje alvenaria. Ficando com pé-direito de 280 cm. Laje de 10 cm.	
Vantagem econômica com relação ao número de pavimentos e a solução em alvenaria estrutural	
Número de pavimentos	Economia quando adotado alvenaria estrutural
Até 11	20%
12	25%
15	20%
18	15%
20	10%
Acima	0% ou prejuízo

EMPRESA 2	
Características da Empresa	Escritório especializado em projetos executivos e consultoria
Data: 11/05/2012	Questionário aplicado por meio eletrônico.
Questionário sobre alvenaria e portas	
1	Tipo de laje que adota e espessura de contrapiso para a solução adotada?
A laje mais adotada por nossos clientes é a de nível zero, porém utiliza-se uma junta de 3 cm (contrapiso), que é uma folga para as irregularidades da estrutura. Podendo o contrapiso variar sendo o mínimo de 2 cm.	
2	Qual espessura considera em projeto para a junta horizontal da primeira fiada (entre a primeira fiada de bloco e a laje) e qual espessura para as demais?
Primeira junta: 3 cm (Portanto a altura do vão da porta é de 223 cm) Demais juntas: 1 cm	
3	Que portas trabalha?
Portas de madeira em kit e portas de aço.	
4	Sua porta cabe perfeitamente no vão? Se não, qual solução adota para preencher este vão?
Não, espuma de poliuretano.	
5	Quais blocos estruturais que trabalha?
Concreto e cerâmico de dimensões 19 cm de altura, 9/14/19 cm de largura e 39 cm de comprimento.	
PORTAS DE MADEIRA	
6	Tipo de fixação da porta?
A porta é fixada com espuma de poliuretano expandido. Espaço livre para aplicação da espuma de 1,5 cm.	
7	Dimensões da folha da porta que trabalha?
Largura: padrão da construtora. Altura: 210 cm.	
8	Dimensões do vão?
Largura: vão da porta mais 8 cm. Altura: 223 cm.	

9	Solução dimensional na altura para laje nível zero?
PORTAS DE AÇO	
10	Forma de instalação?
Chumbada na alvenaria.	
11	Dimensões da folha da porta que trabalha?
Largura: padrão da construtora. Altura: 210 cm.	
12	Dimensões do vão?
Largura: padrão da construtora. Altura: 223 cm.	
13	Folga para instalação?
Largura: 5 cm. Altura: Variável.	
OBSERVAÇÕES COM RELAÇÃO AOS VÃOS MODULARES	
<ul style="list-style-type: none"> - Prever altura do conjunto do piso, incluindo contrapiso, piso e argamassa colante com 7 cm sempre que possível para evitar folga na instalação da porta (abertura de 223 cm modular). - A largura do vão da porta deverá ter final 1 ou 6, para ser modular com a alvenaria. 	
OBSERVAÇÃO GERAL	
Utiliza-se cinta na alvenaria na 12° fiada coincidindo com a altura da verga.	

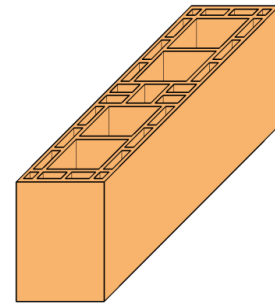
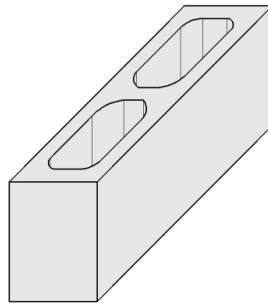
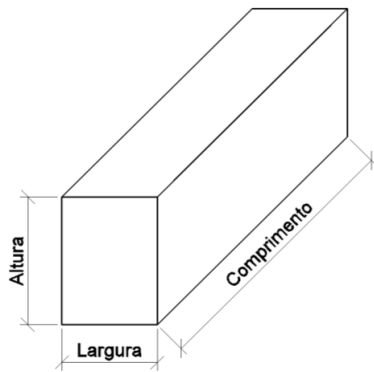
EMPRESA 3	
Características da Empresa	Construtora de grande porte de São Paulo com atuação nacional (6000 unidades produzidas em 2011)
Data: 05/05/2012	Informações obtidas pessoalmente pela pesquisadora, palavra falada transcrita pela pesquisadora. Texto aprovado pelo autor.
Questionário sobre alvenaria e portas	
1	Entre a primeira fiada de blocos e a laje qual é a espessura que adota para argamassa?
1 cm (espessura mínima de assentamento da primeira fiada)	
2	Entre as fiadas de blocos qual é a espessura que adota para argamassa?
1 cm.	
3	Quantos fabricantes de portas de madeira atentem sua solicitação quanto à guarnição de 10 cm?
Quatro.	
4	O serviço de instalação da porta é por conta do fabricante da porta?
Positivo.	
5	Experiência com laje nível zero
<ul style="list-style-type: none"> Realizada com sucesso em edificações de baixo padrão, produzida através de lajes pré-moldadas ou lajes moldadas in loco onde toda instalação elétrica já está embutida na laje. Problemas com a instalação de gás resolvido de duas maneiras: primeira passando a tubulação aparente na fachada também aparente dentro da unidade habitacional, segunda passando a tubulação aparente na fachada e dentro da unidade habitacional dentro de um sulco aberto na laje, posteriormente fechado (vedado) com argamassa. Solução não adotada em edificações de médio e alto padrão. Sendo no médio padrão adotado regularização de 3 cm e no alto padrão adotado contrapiso acústico de 6 cm (medida final). 	
6	Experiência com batente metálico envolvente
<ul style="list-style-type: none"> Solução que já foi bastante adotada em obras passadas, descartada recentemente por duas razões principais. Primeira razão o custo do batente, ficando mais caro que a solução de batente em madeira. Segunda razão, é necessário um rígido controle de execução para que esta solução seja realizada com sucesso, no caso da construção em massa (série) o nível de controle da execução atual não atinge o patamar necessário desta forma o batente metálico instalado junto da execução da alvenaria fica desaprumado (desalinhado) acarretando problemas na fase de instalação da folha da porta, com isso gerando ocasionais falhas na obra, representado falta de racionalização. 	

7	Experiência com kit porta pronta de madeira
<ul style="list-style-type: none"> • Solução atualmente adotada. Em função do custo e por resolver bem a questão da modulação da alvenaria. <p>Solução adotada visando fechar a modulação quando laje nível zero (vão na alvenaria de 221 cm na altura): matem-se a folha da porta com 210 cm porém aumenta o tamanho do alizar superior para 10 cm ficando os demais (das laterais) com 5 cm, sendo a porta fixada somente nas laterais com espuma de poliuretano expandido. Na largura folhas de porta com final 02 (62,72,82 e 92 cm) para vãos com final 01 (71, 81, 91 e 101 cm respectivamente).</p> <p>Trabalha com três fornecedores, que aceitam e não fazem rejeição ao fato de sua porta ser instalada com fixação somente nas laterais, desta forma não perdendo a garantia deste produto. Não se sabe quanto à questão da acústica o quanto isso pode afetar no desempenho da porta.</p>	
Observações	
<ul style="list-style-type: none"> • Está sendo estudada a solução de porta com bandeira até o teto. Uma vez que as empresas de execução de alvenaria estrutural cobra para fazer o vão da porta na alvenaria por metro quadrado, no caso de se interromper a parede no local do vão da porta, ficando duas paredes sem continuidade, a forma de cobrança para execução muda, sendo vista como duas paredes distintas e sem cobrança do vão. Neste sentido está se estudando o quanto este serviço impacta no custo e se sua remoção cobre com folga (reduzindo custos) o custo adicional da bandeira. (não tenho certeza se entendi corretamente este tópico). • Não se utiliza verga pré-moldada de concreto na solução de vãos com laje nível zero em função das dificuldades de fornecimento destas peças e o custo de fornecimento. Se as vergas pré moldadas forem executadas no canteiro de obras, acreditamos na possibilidade de ter um custo competitivo e não ter problema de falta de peças por falha no fornecimento. 	

EMPRESA 4	
Características da Empresa	Escritório de acessoria em racionalização construtiva
Data: 05/05/2012	Informações obtidas pessoalmente pela pesquisadora, palavra falada transcrita pela pesquisadora. Imagens enviadas por e-mail pessoal.
Questionário sobre alvenaria e portas	
1	Experiência com laje nível zero Como soluciona a questão da tubulação de gás?
<p>Realizada com sucesso em edificações de baixo padrão, produzida através de lajes pré-moldadas onde toda instalação elétrica já está embutida na laje.</p> <p>Nos prédios que temos feito, está se abandonando a ideia de embutir o gás no contrapiso. Muito frequentemente essa tubulação vem aparente numa prumada na fachada e entra na área de serviço até a cozinha, também aparente. É mais econômico, racional e seguro.</p>	
2	No eu diz respeito a largura da porta, se no mercado só houvesse portas com final 02 (72, 82 e 92 cm) atenderia sua demanda?
<p>Na grande maioria dos projetos temos usado o final 2 e mesmo em locais como o Rio de Janeiro, onde existe tradição de usar o final 0 para dimensão das folhas, temos convencido as construtoras a usar as folhas com final 2. Assim, acho que essa medida seria suficiente.</p>	
3	Que tipo de porta trabalha e como soluciona a questão da incompatibilidade dimensional entre o vão e a folha da porta?
<p>Porta pronta de madeira.</p> <p>Soluciono a questão dimensional através do uso de verga pré-moldada.</p> <p>A dimensão da verga pode ser 5 cm, isso depende de quanta folga é deixada abaixo da folha da porta e acima do batente, para algum ajuste. Abaixo da folha da porta é interessante o mínimo de 2 cm, acima do batente pode-se deixar + 1,0 cm. Considerando a verga de 5 cm mais o batente de 2,5 cm, 210 cm da folha e 0,5 cm de folga entre folha e batente, chega-se aos 221 cm, que é o vão em osso da alvenaria.</p>	

APÊNDICE 3 – MANUAL TÉCNICO DE VÃOS NA ALVENARIA

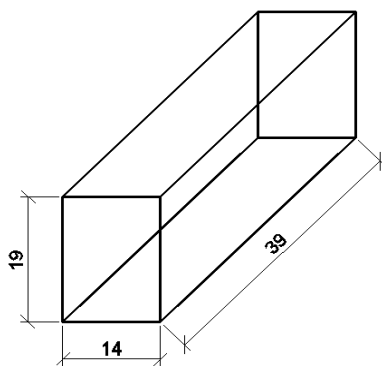
POSSÍVEIS MODULAÇÕES DA ALVENARIA				
Dimensões	Nominal (cm)			
	Coordenada (cm) / Modular (M = 10 cm)			
	Comprimento (C) / Largura (L)			
	Altura (H) = Constante = 19 cm / 20 cm / 2M			
Inteiro – Principal				
L	14 cm 15 cm / 1,5M	19 cm 20 cm / 2M	9 cm 10 cm / 1M	11,5 cm 12,5 cm / 1,25M
C	29 cm 30 cm / 3M	39 cm 40 cm / 4M		24 cm 25 cm / 2,5M



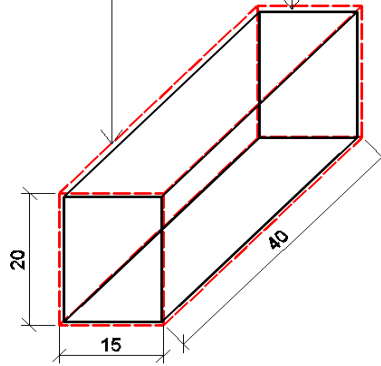
ESPAÇO DE COORDENAÇÃO

AJUSTE DE COORDENAÇÃO

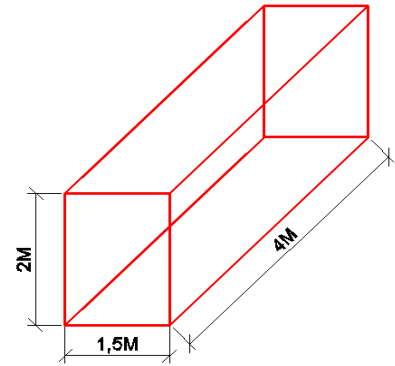
BLOCO = 0,5 cm para cada lado somando 1 cm a dimensão nominal



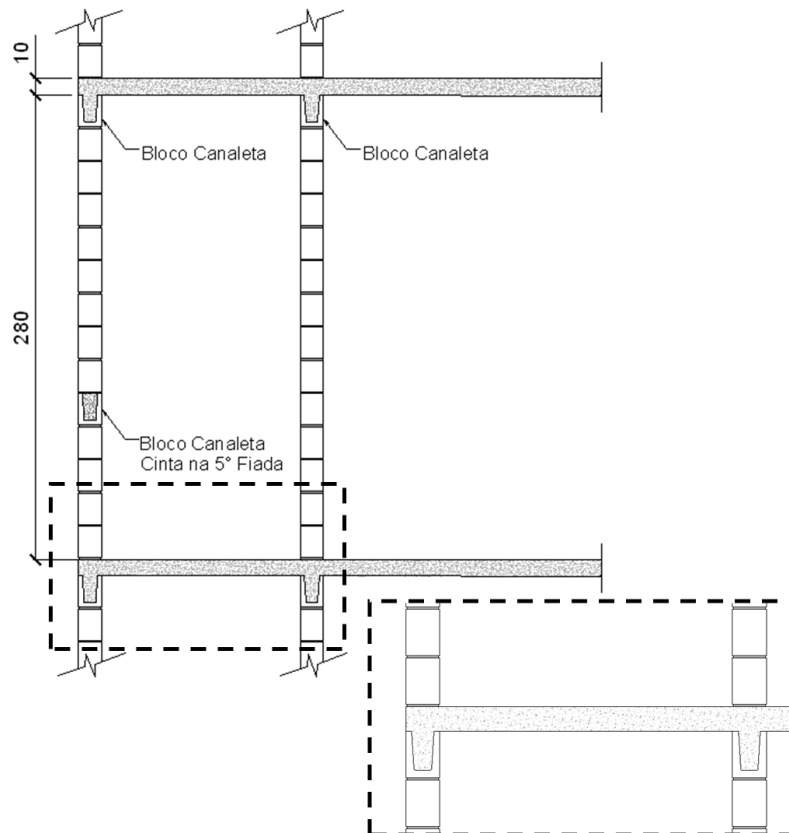
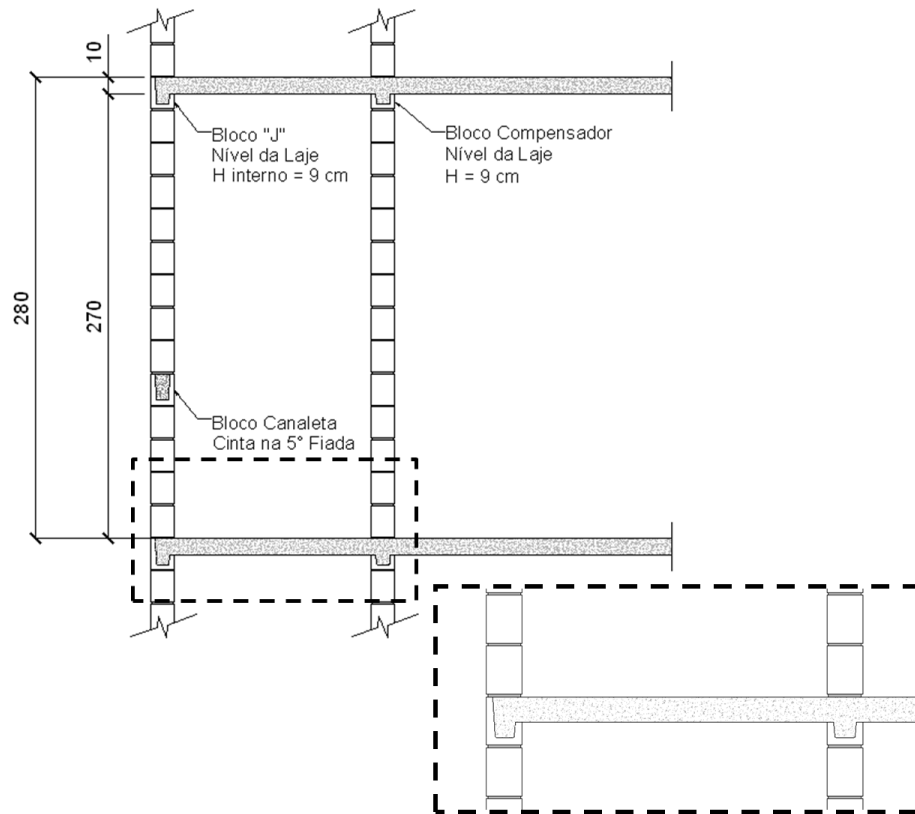
DIMENSÃO NOMINAL (cm)

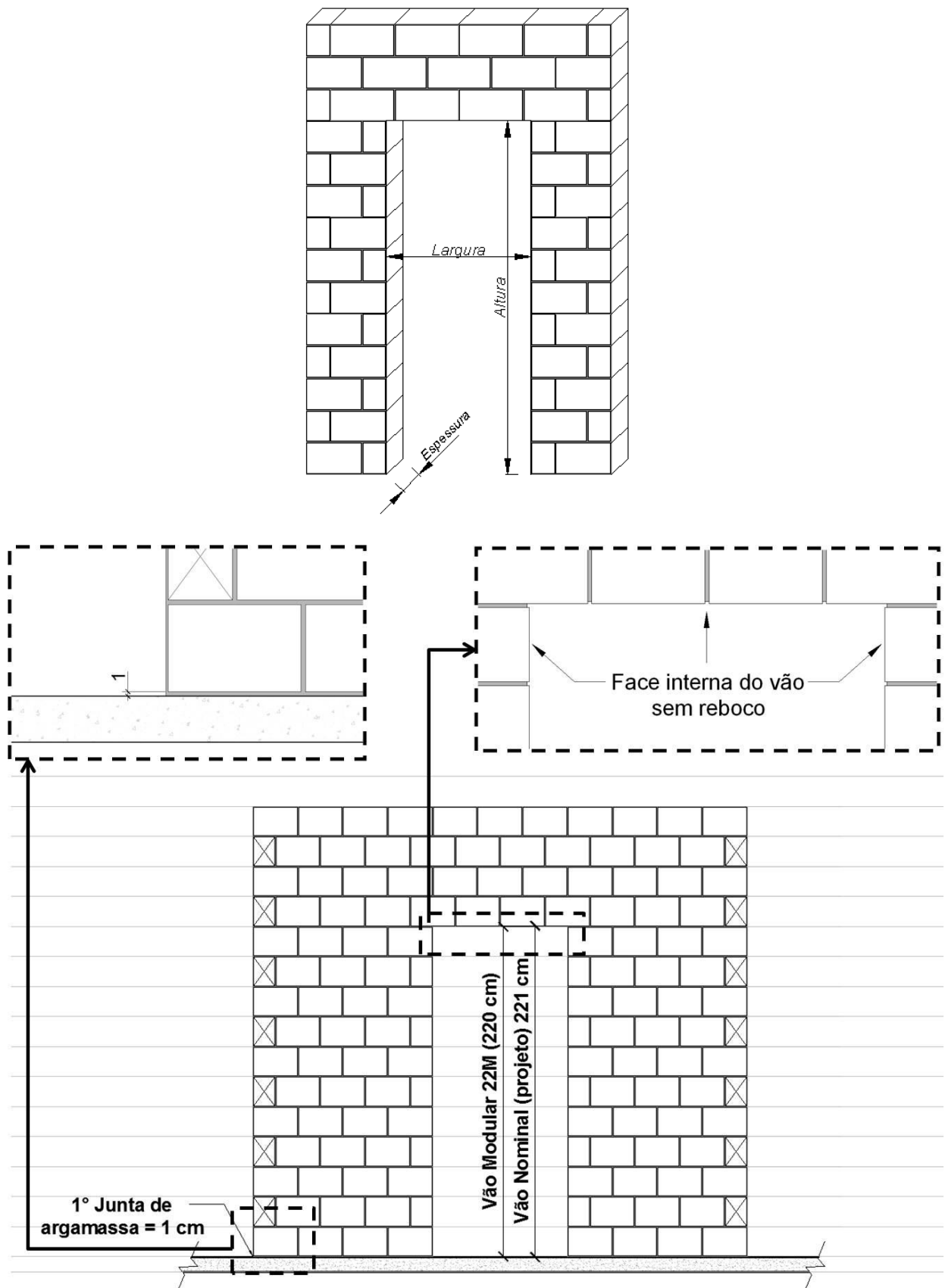


DIMENSÃO COORDENADA (cm)



DIMENSÃO MODULAR (M = 10 cm)



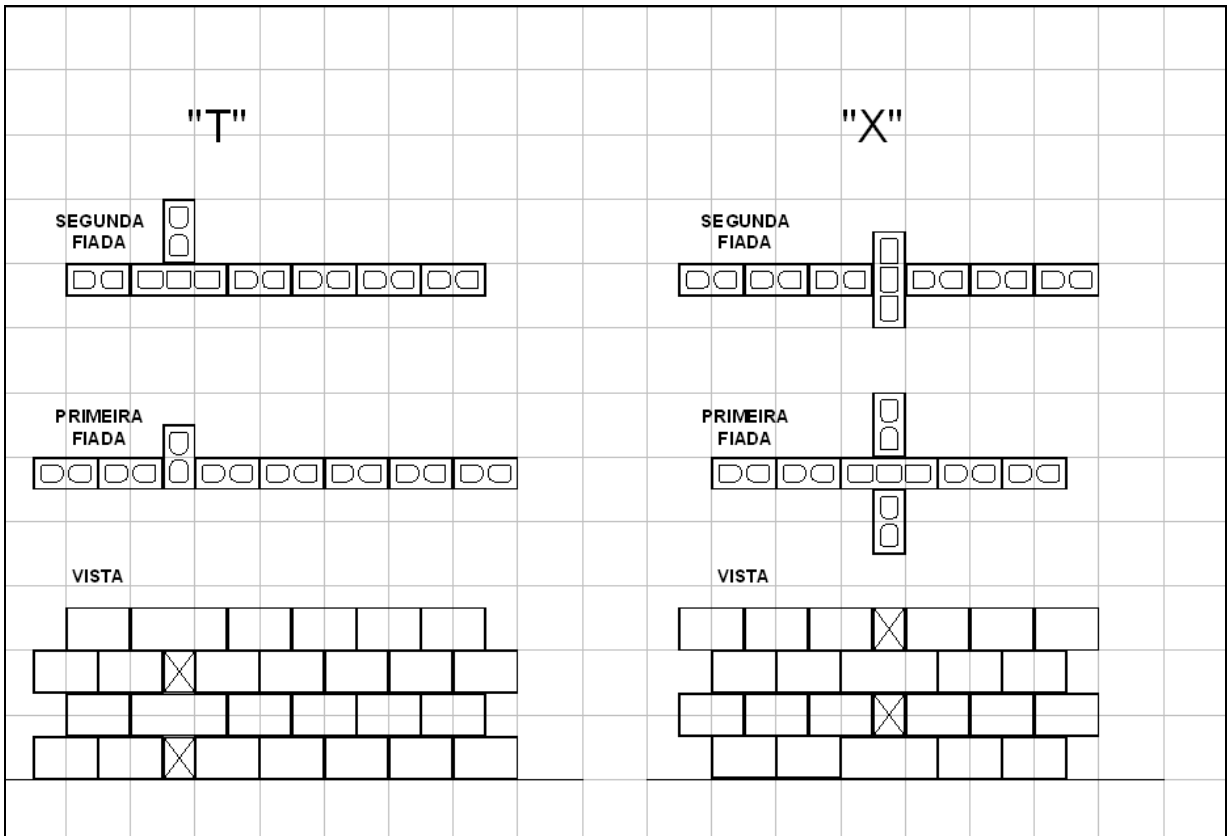
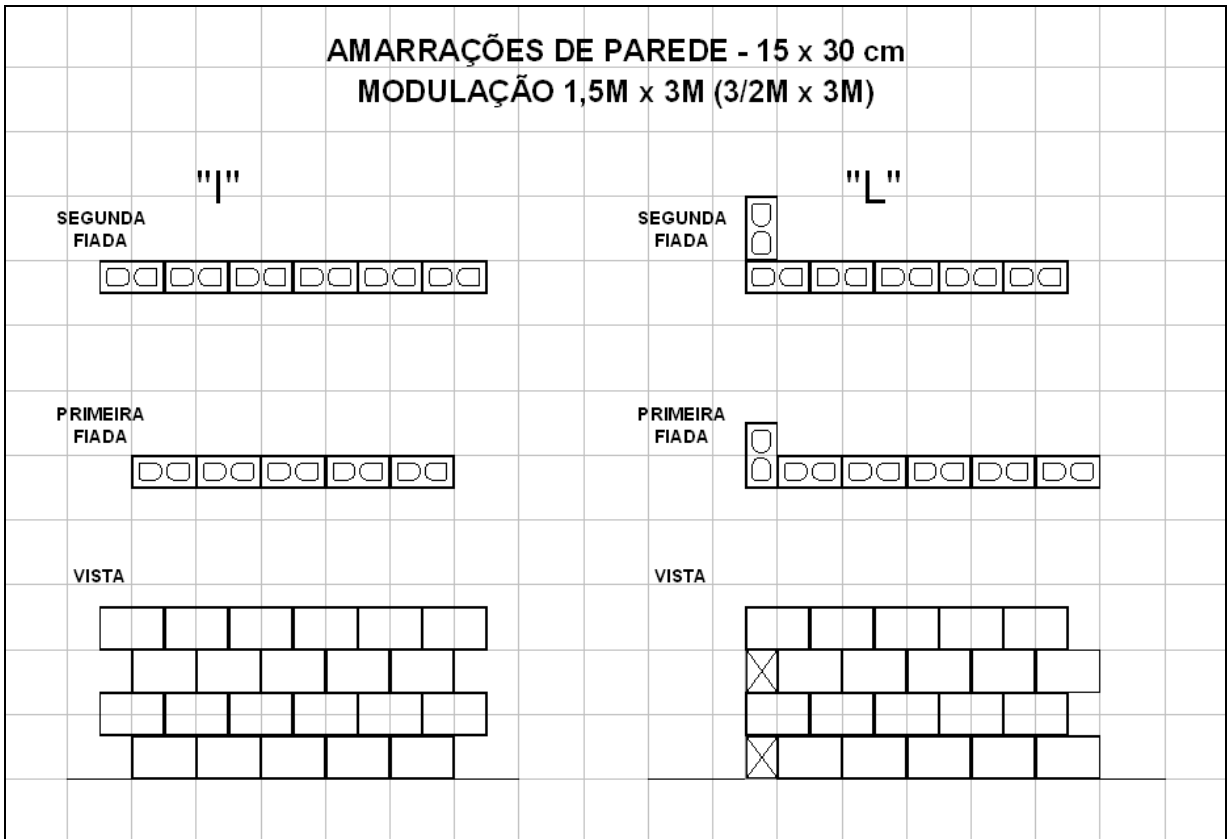


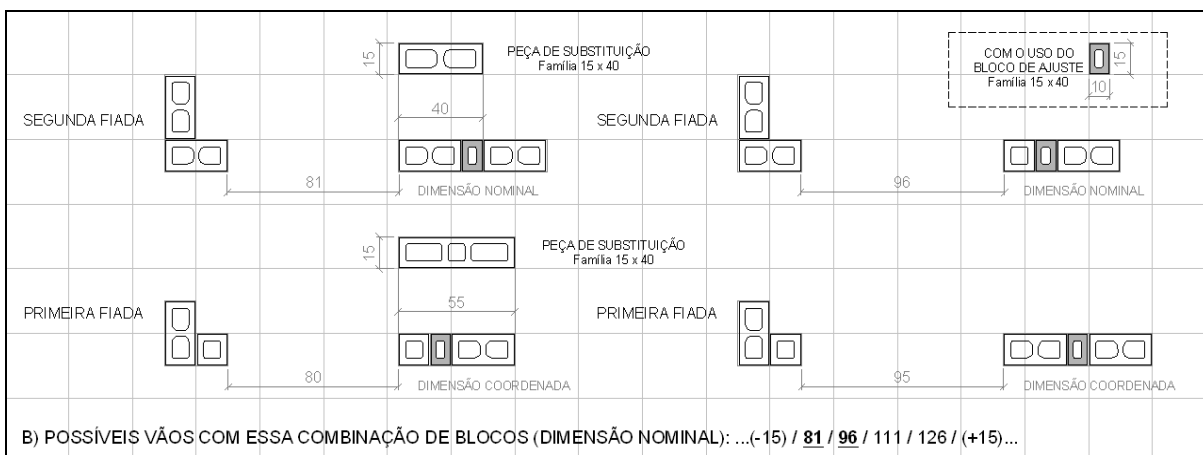
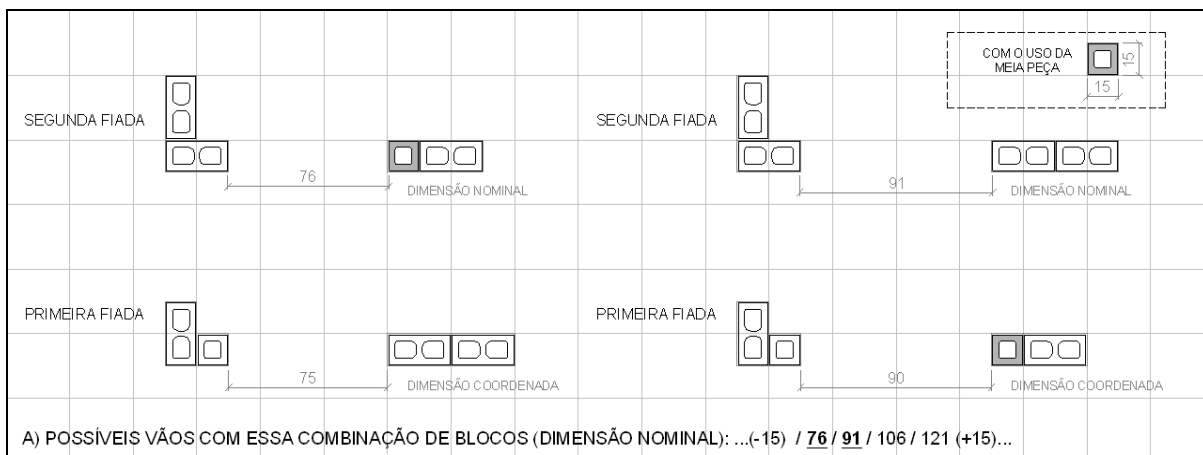
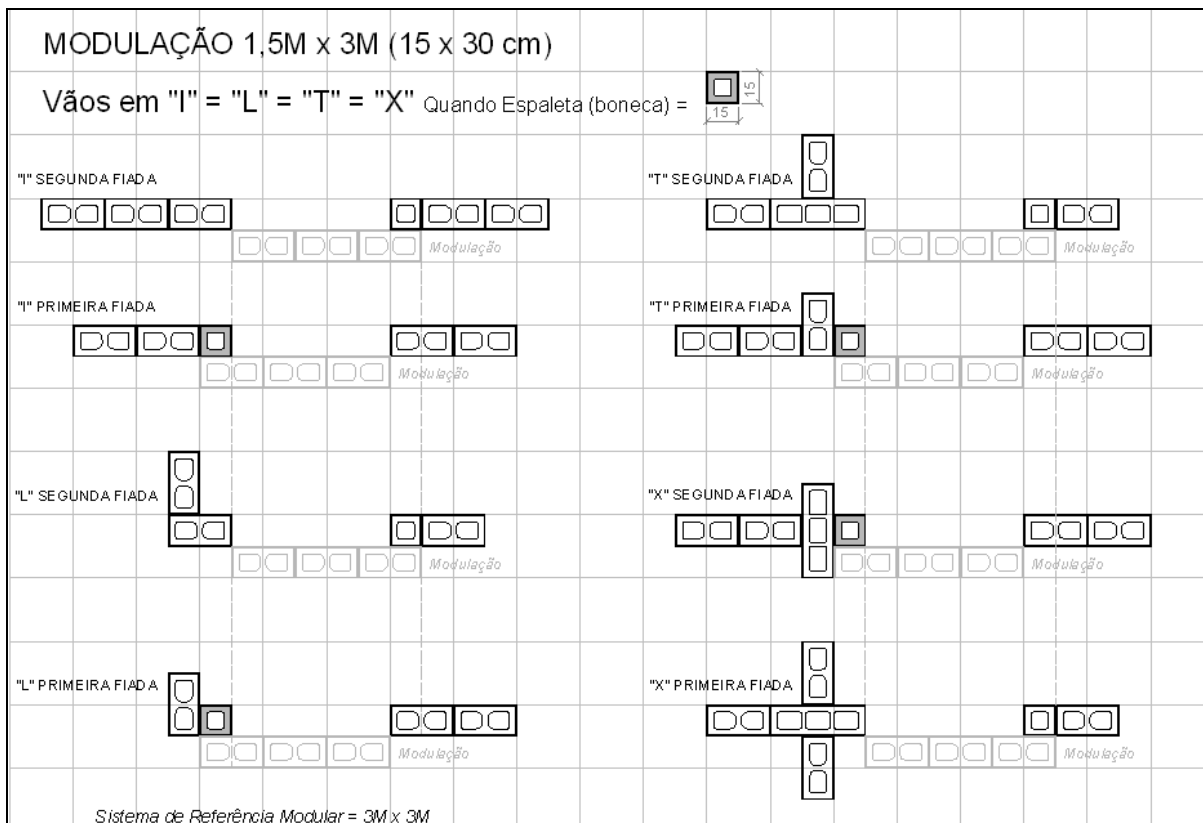
FAMÍLIAS DE BLOCOS DE CONCRETO						
MEDIDA NOMINAL	14 x 29 cm	14 x 39 cm	19 x 39 cm	11,5 x 39 cm	11,5 x 24 cm	9 x 39 cm
MEDIDA DE COORDENAÇÃO	15 x 30 cm	15 x 40 cm	20 x 40 cm	12,5 x 40 cm	12,5 x 25 cm	10 x 40 cm
MEDIDA MODULAR	1,5M x 3M	1,5M x 4M	2M x 4M	1,25M x 4M	1,25M x 2,5M	1M x 4M
AMARRAÇÃO						
<u>INTEIRO</u>						
AMARRAÇÃO L				<i>Não indicado</i>		
1/2 BLOCO						
AJUSTE						
AJUSTE	<i>Não indicado</i>	<i>Não indicado</i>				
AJUSTE						

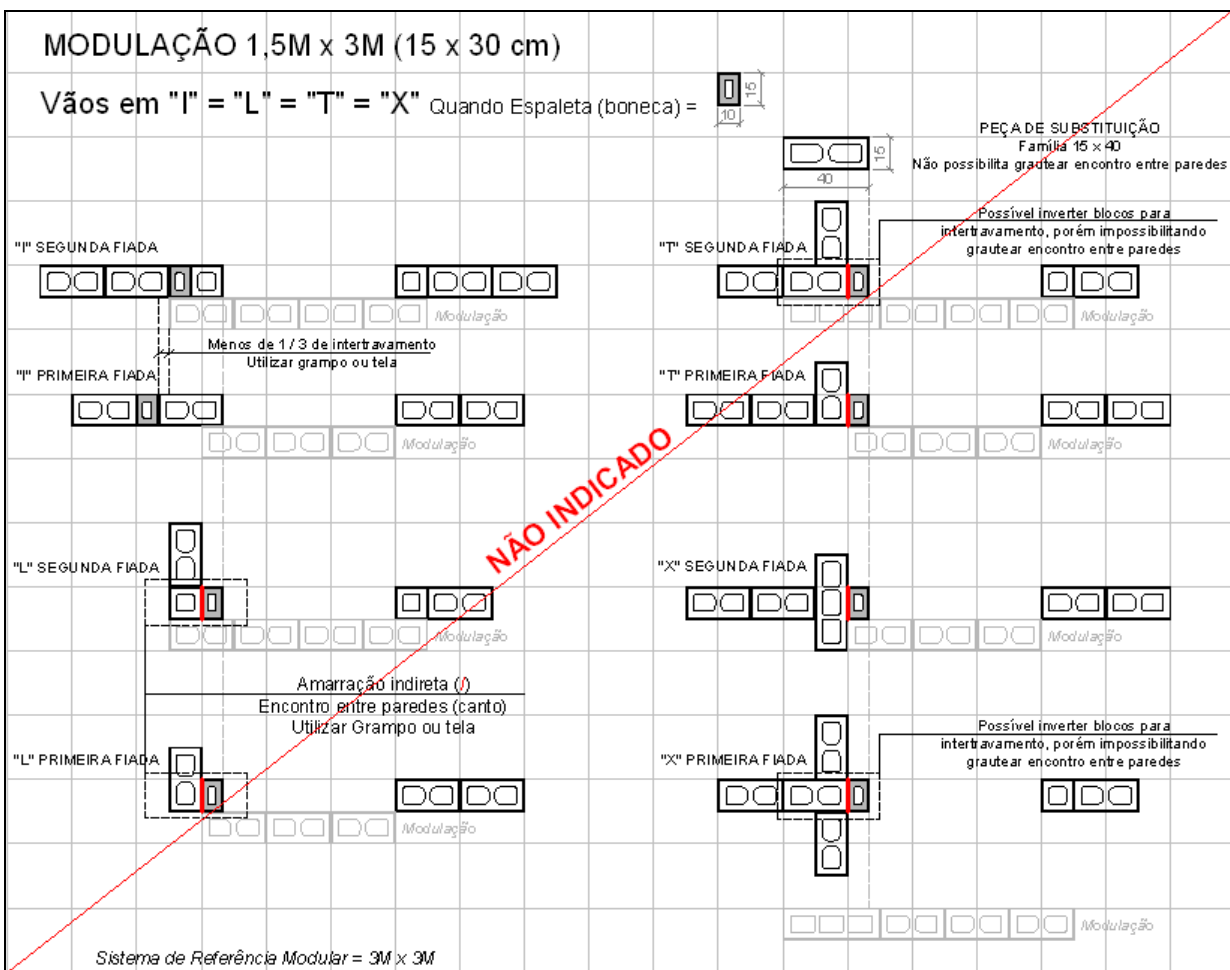
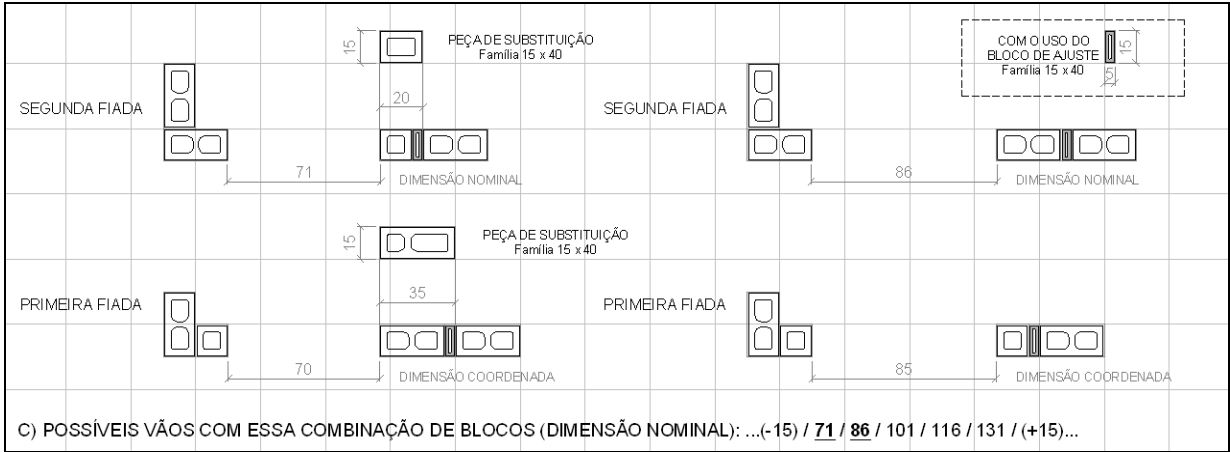
Famílias de blocos de concreto
(*) Blocos de outras famílias

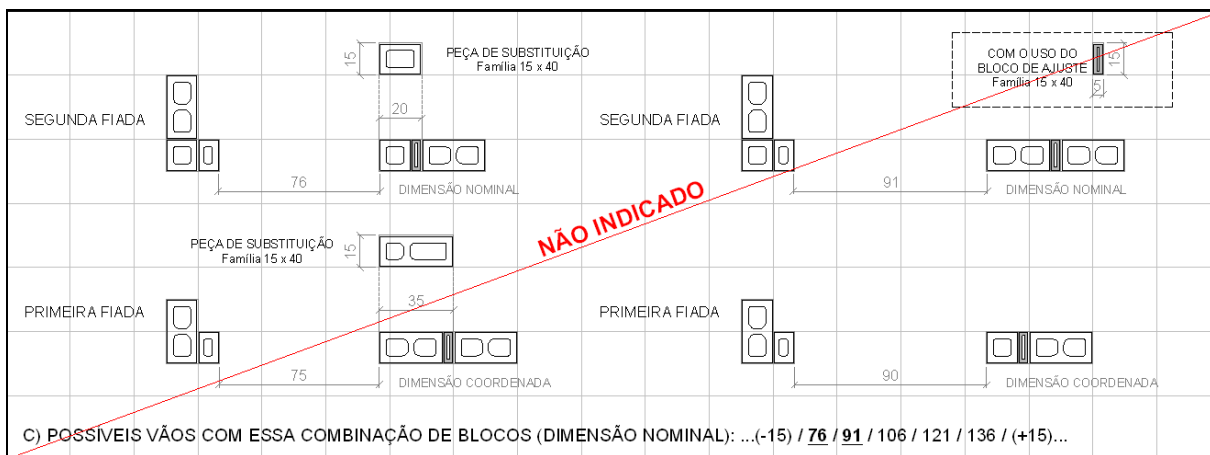
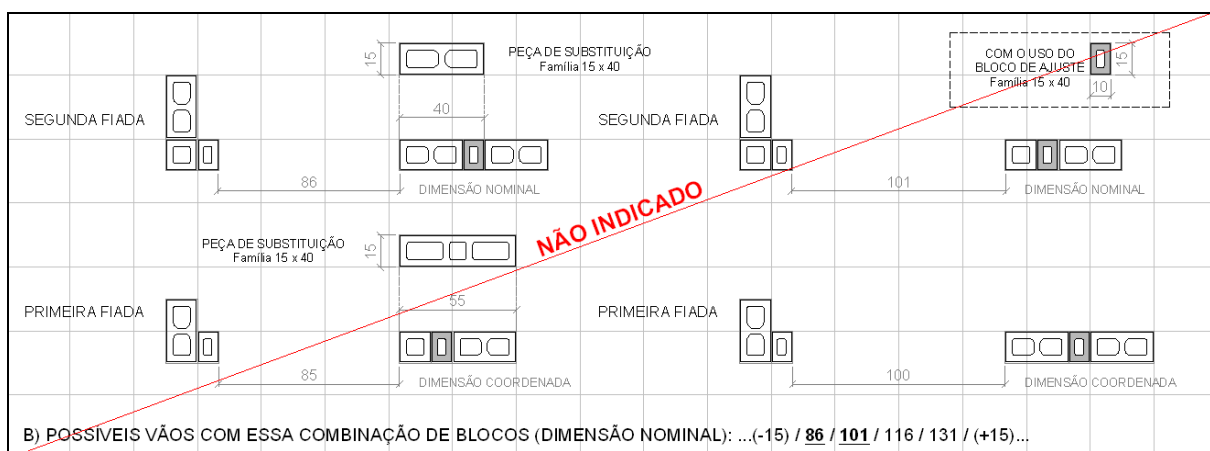
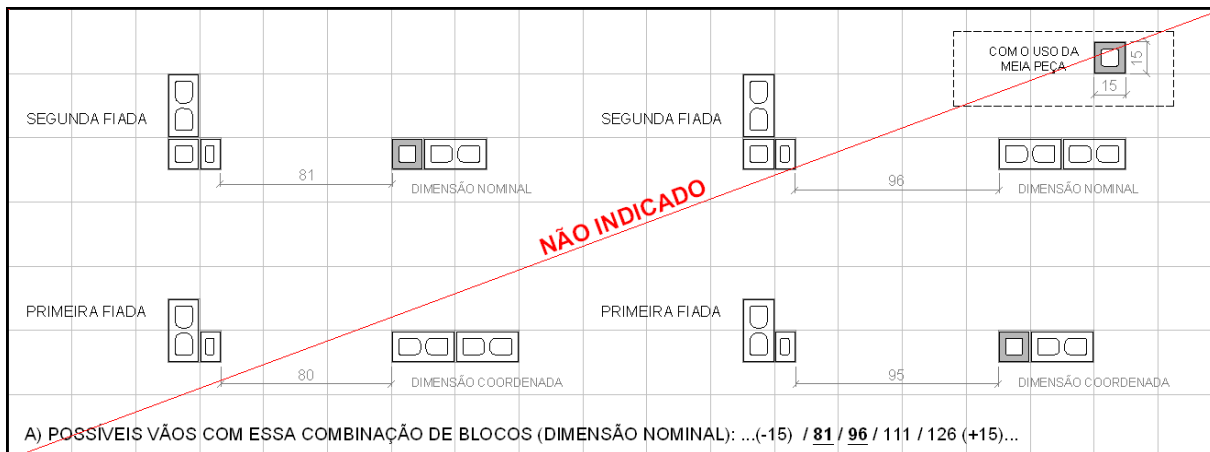
FAMÍLIAS DE BLOCOS CERÂMICOS					
MEDIDA NOMINAL	14 x 29 cm	14 x 39 cm	19 x 39 cm	11,5 x 39 cm	9 x 39 cm
MEDIDA DE COORDENAÇÃO	15 x 30 cm	15 x 40 cm	20 x 40 cm	12,5 x 40 cm	10 x 40 cm
MEDIDA MODULAR	1,5M x 3M	1,5M x 4M	2M x 4M	1,25M x 4M	1M x 4M
AMARRAÇÃO					
<u>INTEIRO</u>					
AMARRAÇÃO L					
1/2 BLOCO					
AJUSTE					
AJUSTE					
AJUSTE	<i>Não indicado</i>	<i>Não indicado</i>			
AJUSTE					

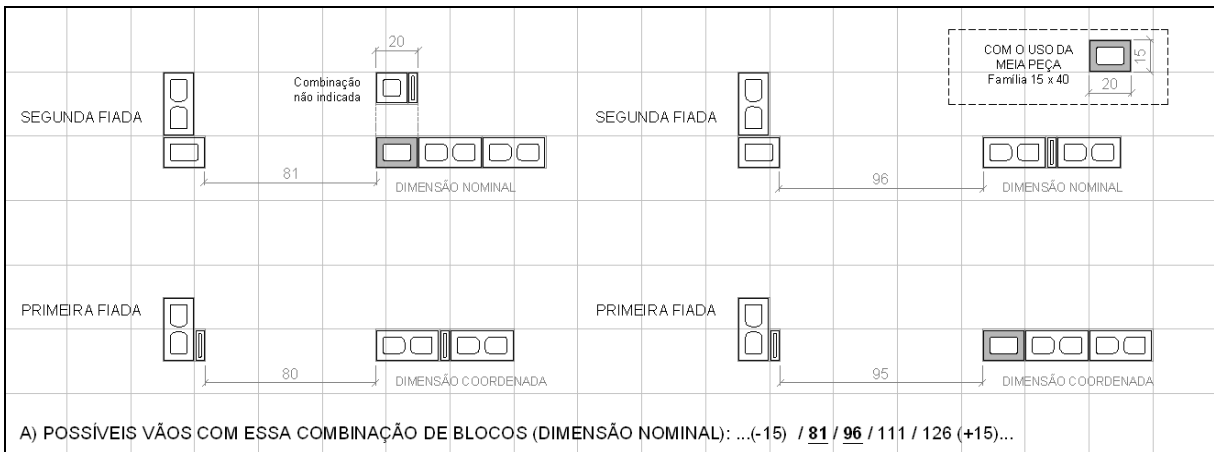
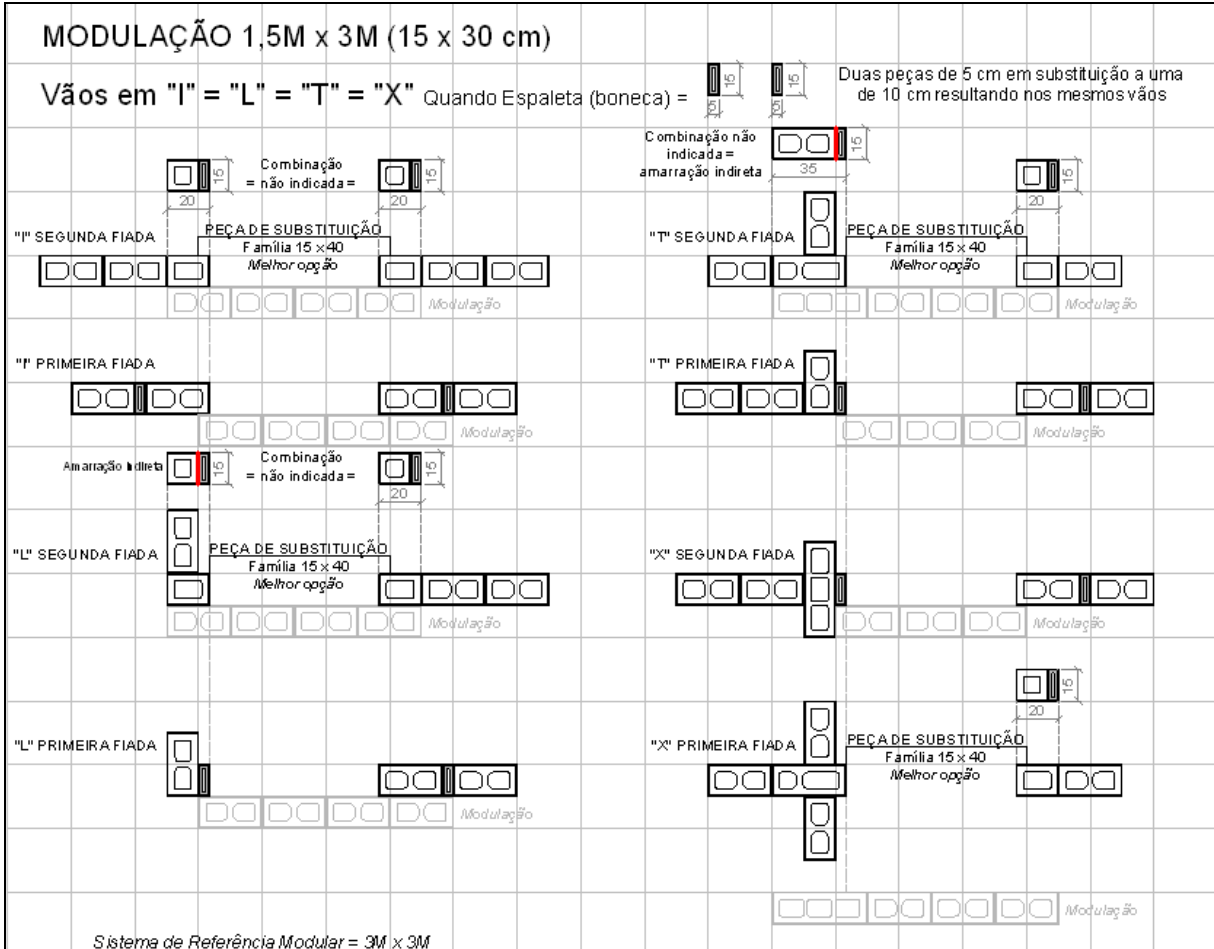
Famílias de blocos de cerâmicos

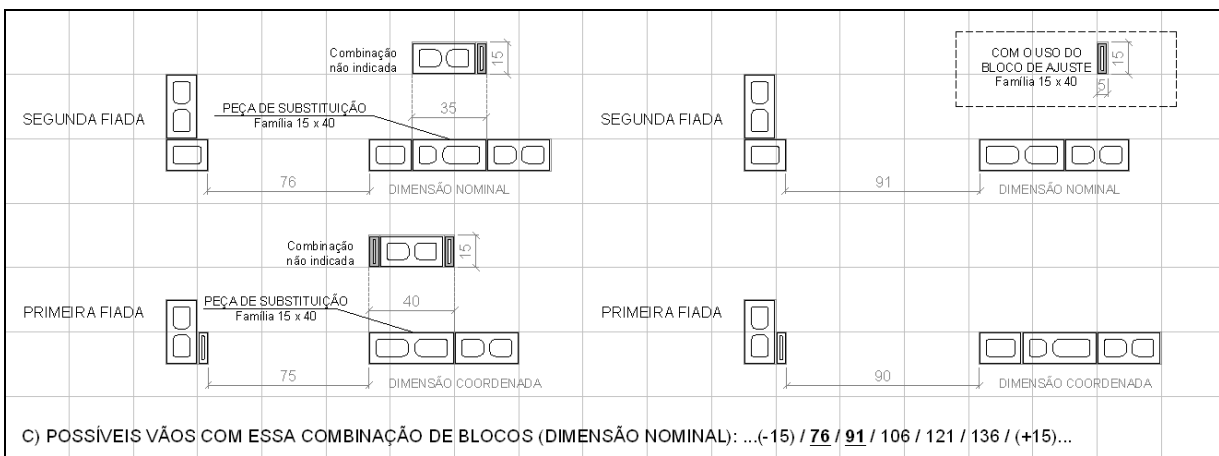
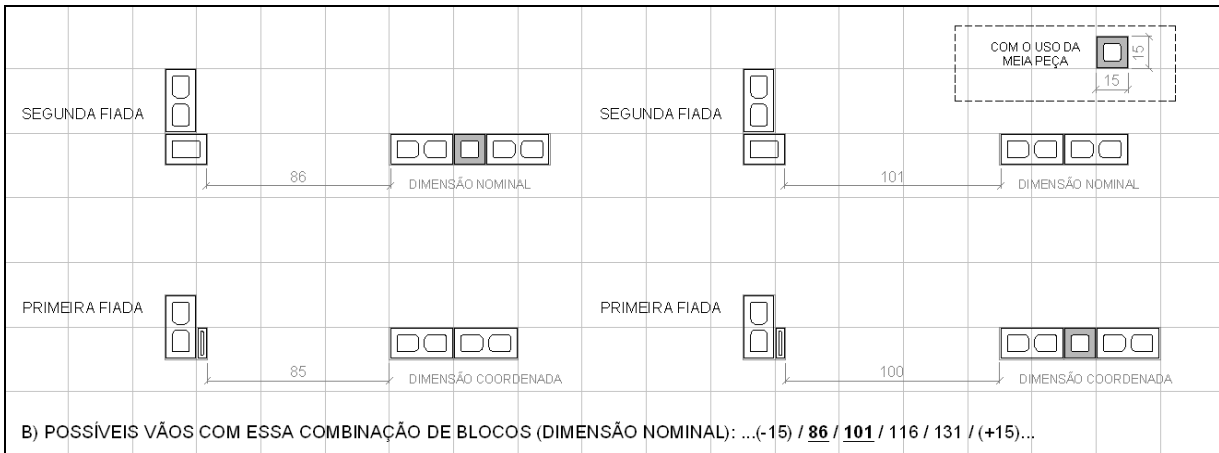


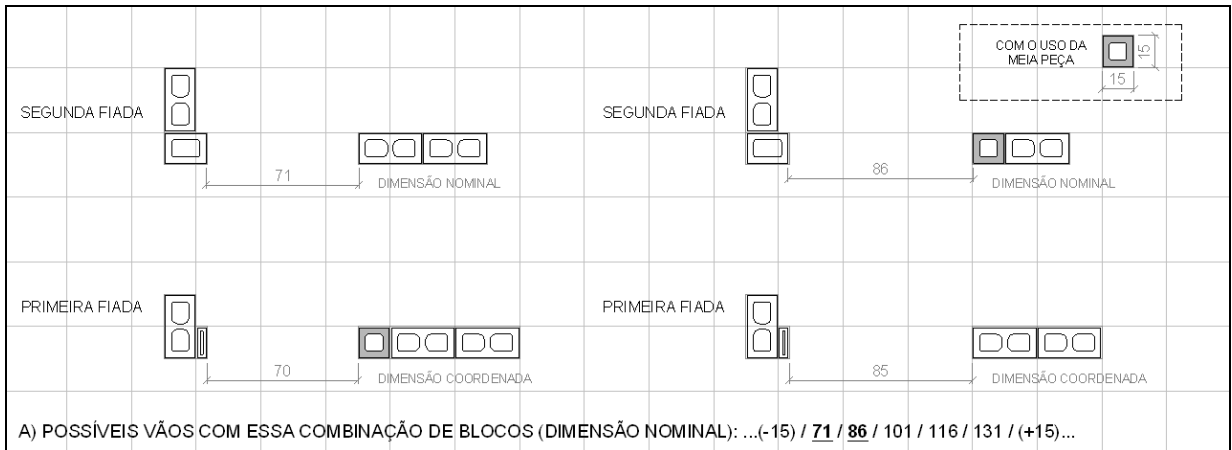
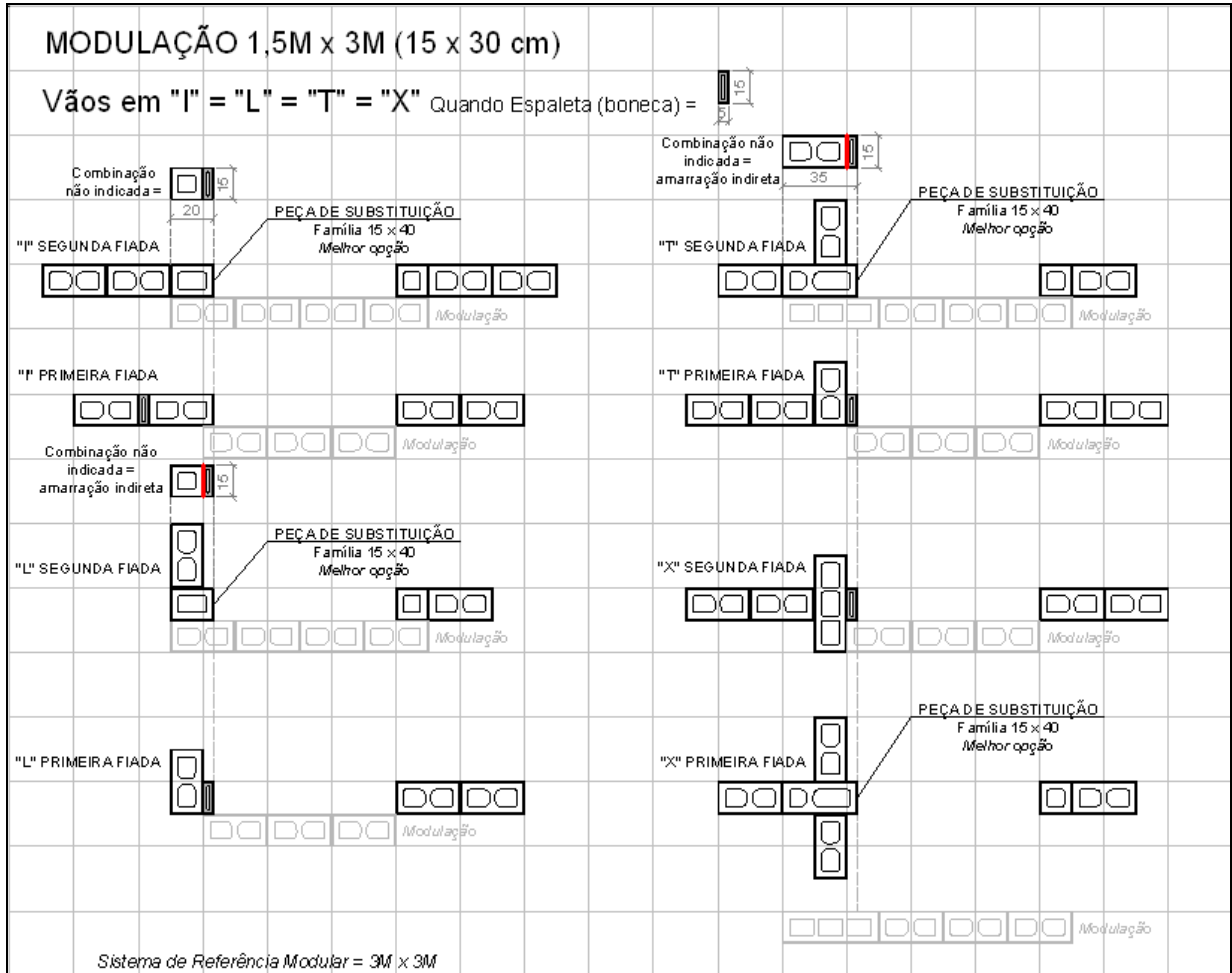


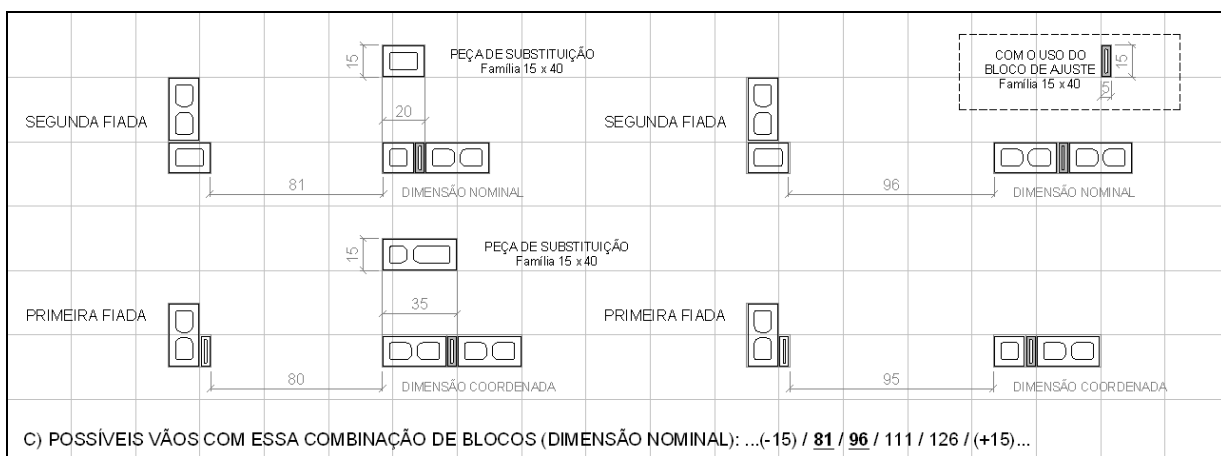
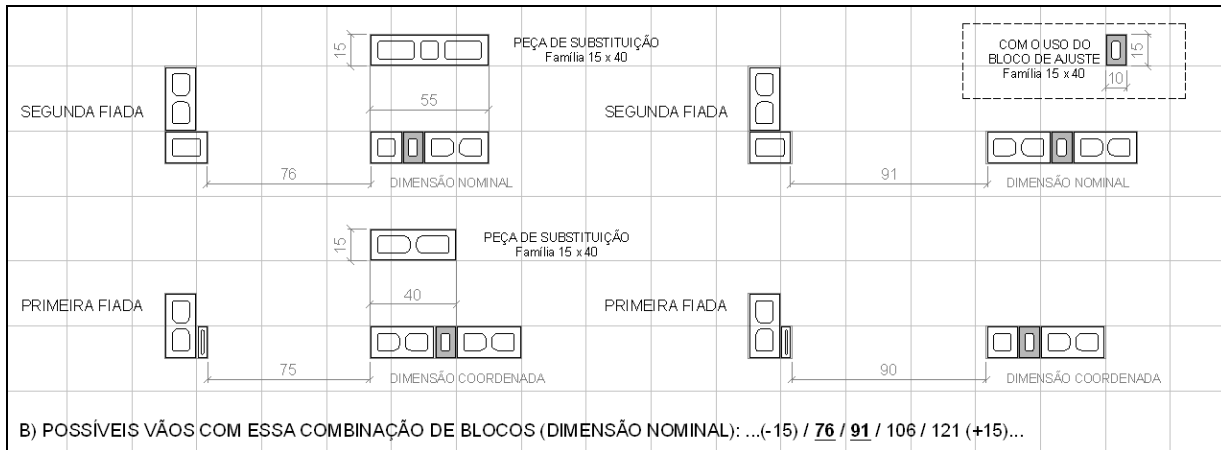


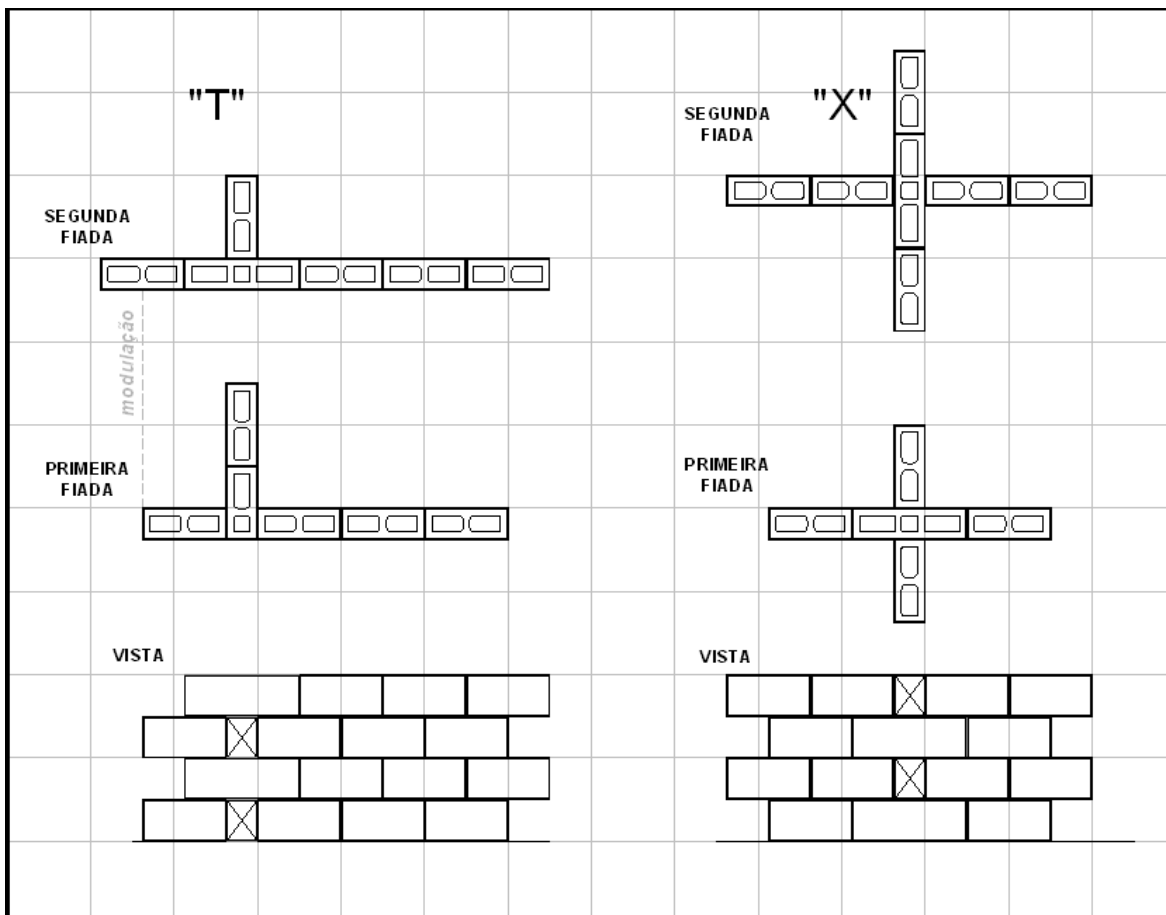
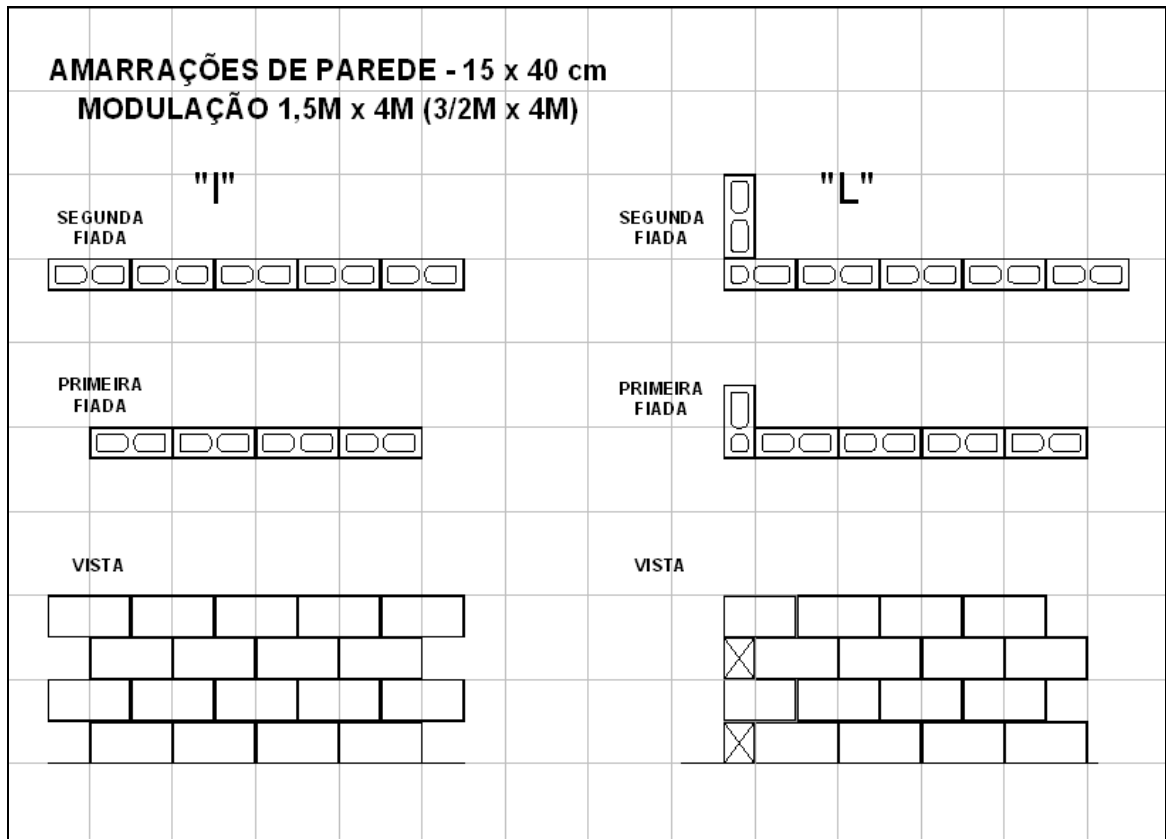


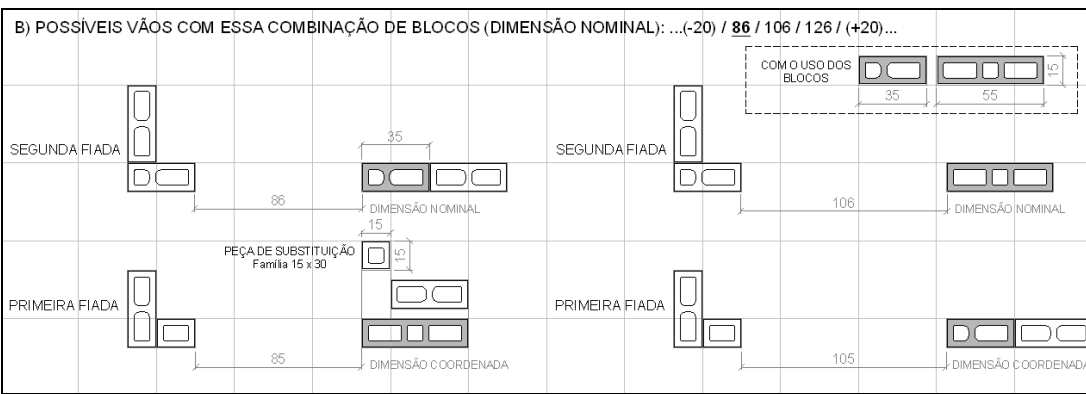
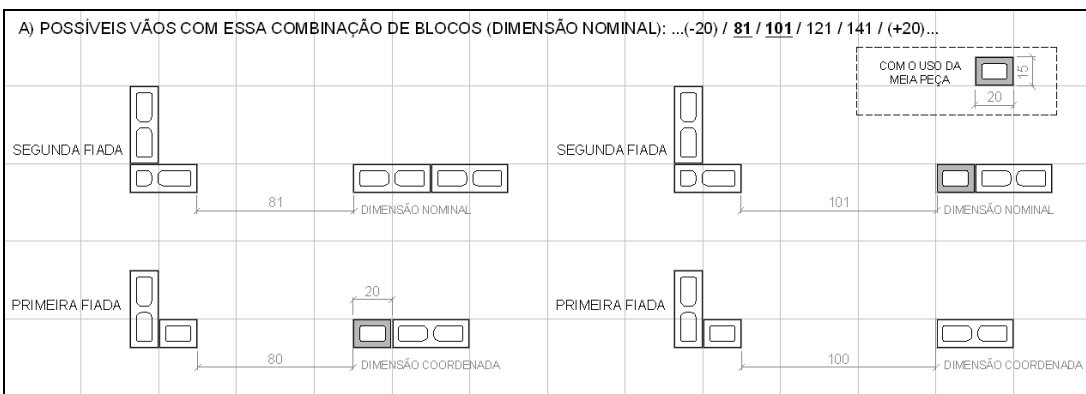
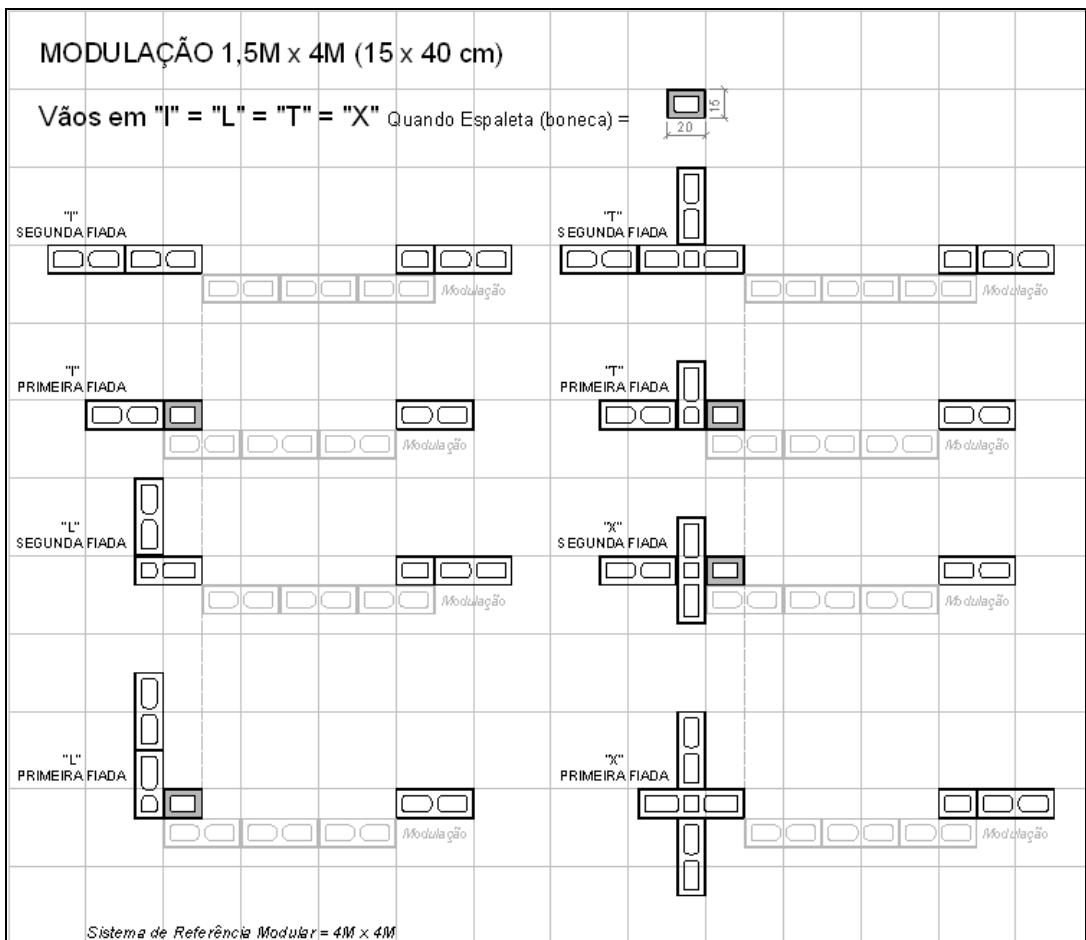


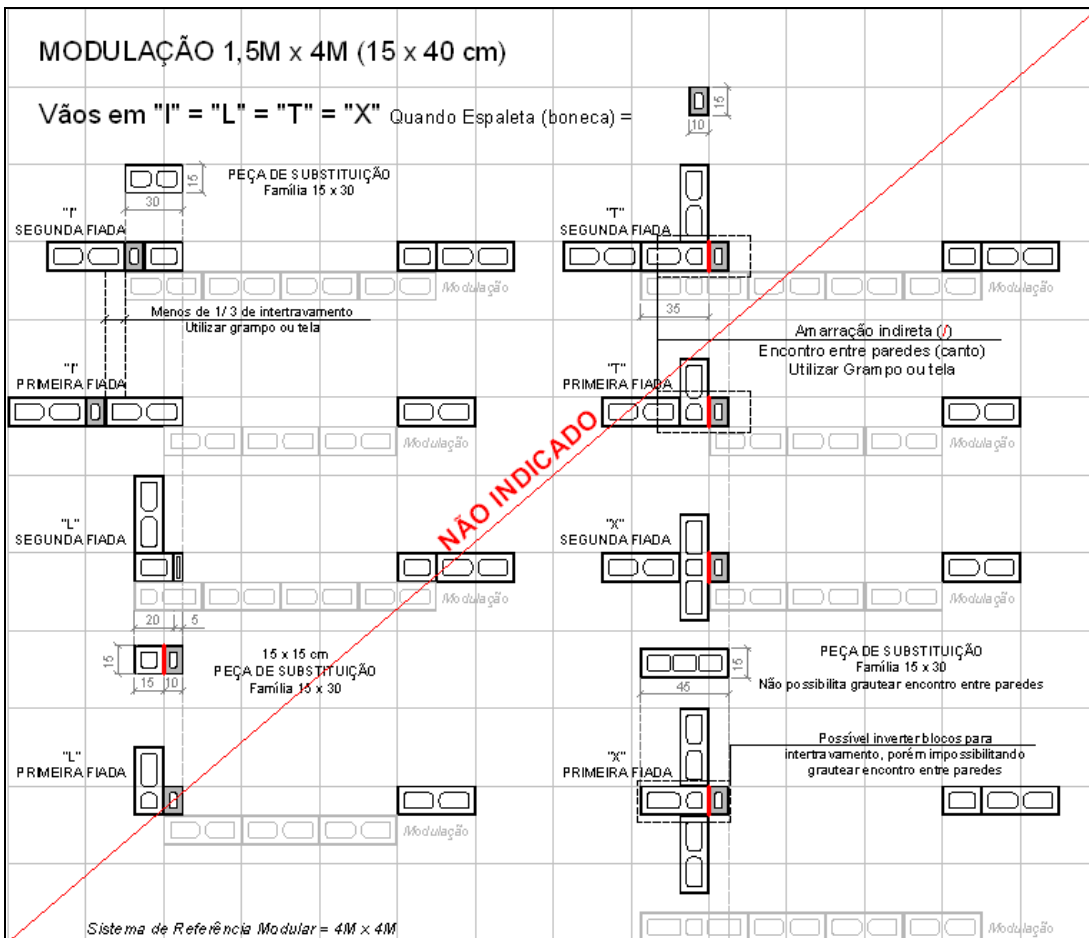
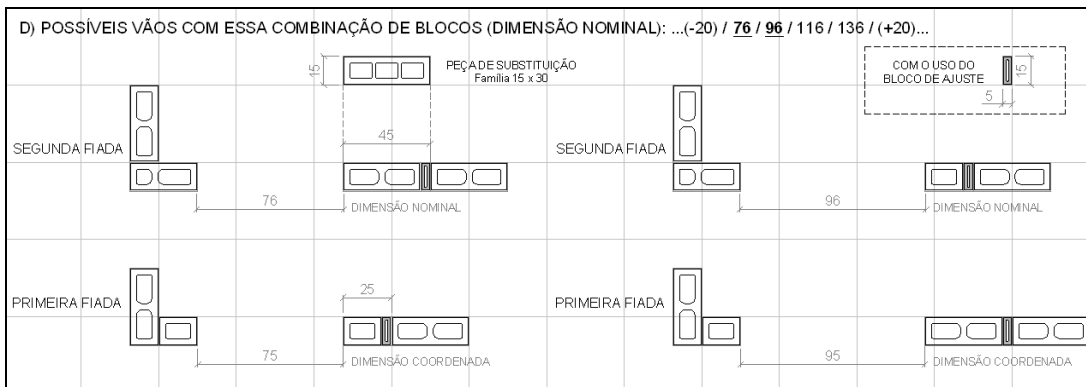
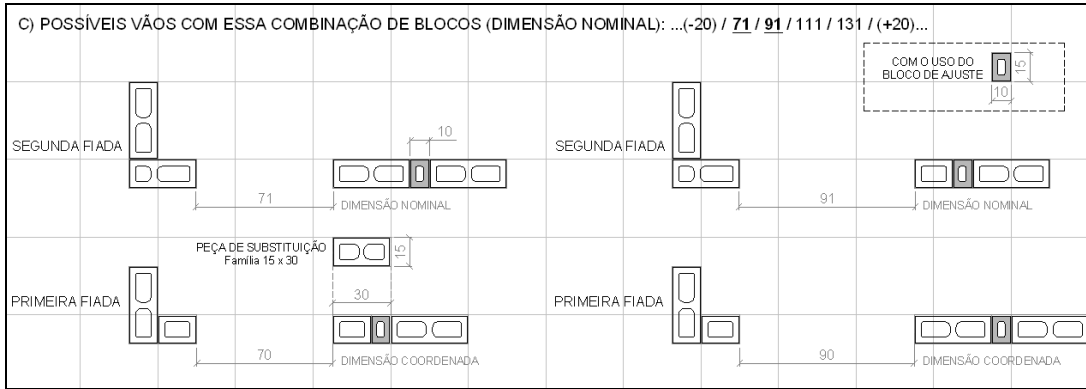


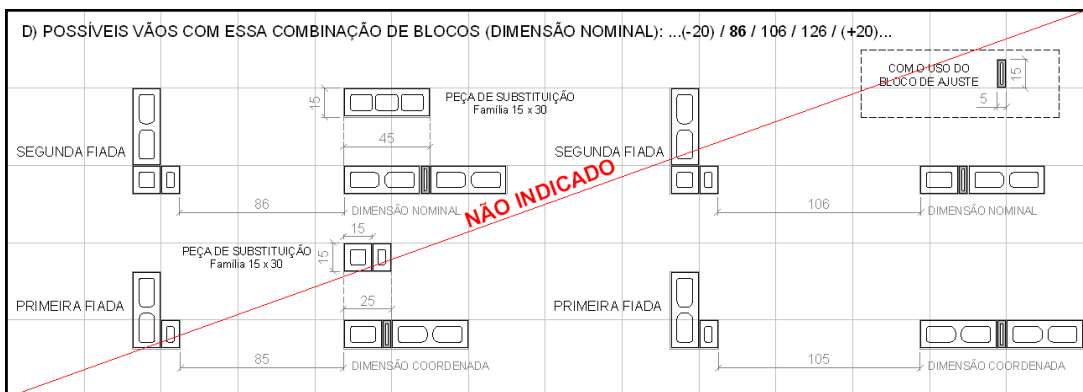
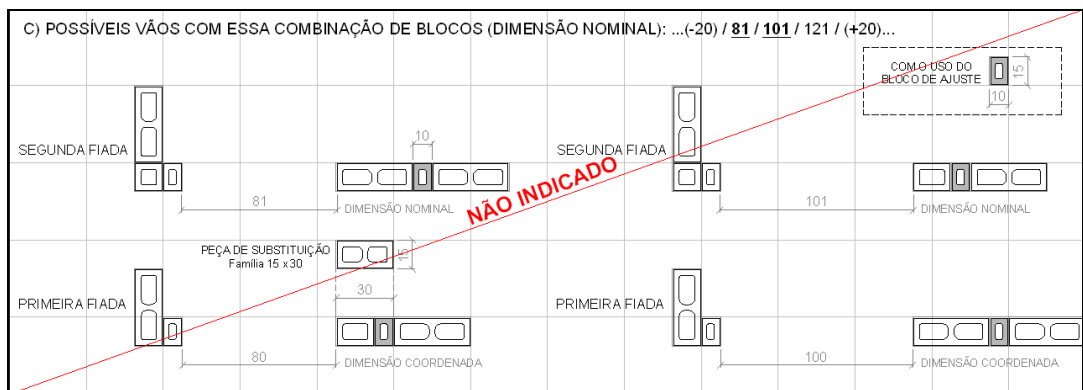
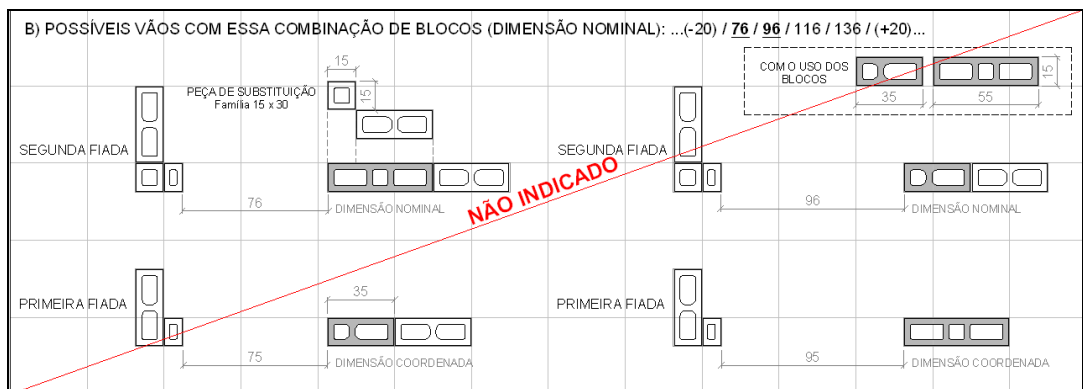
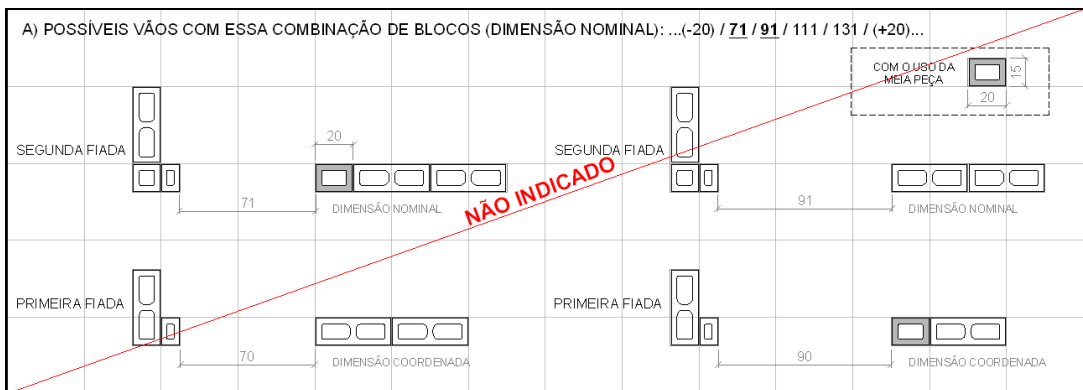


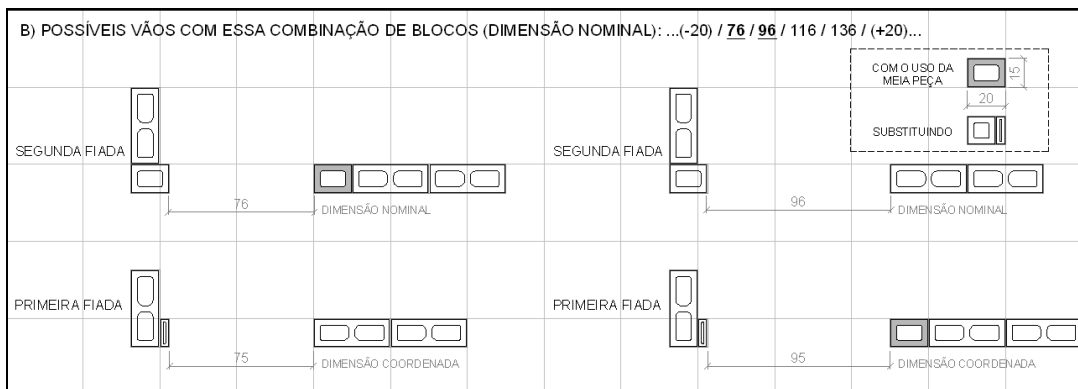
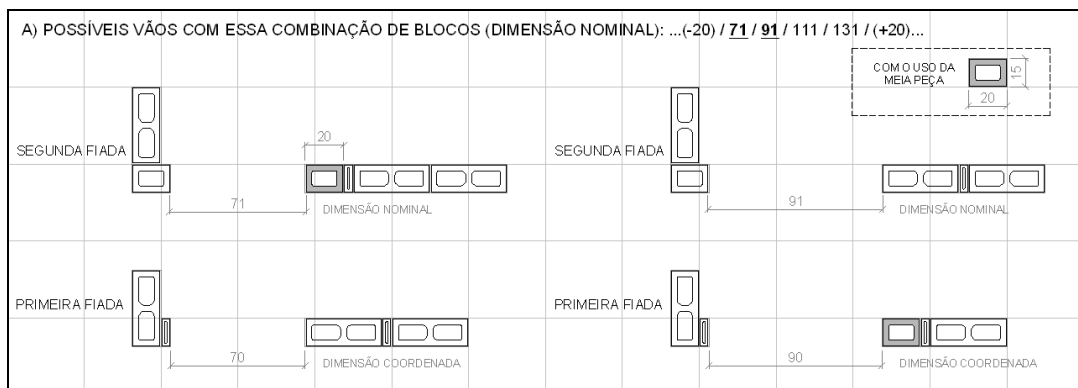
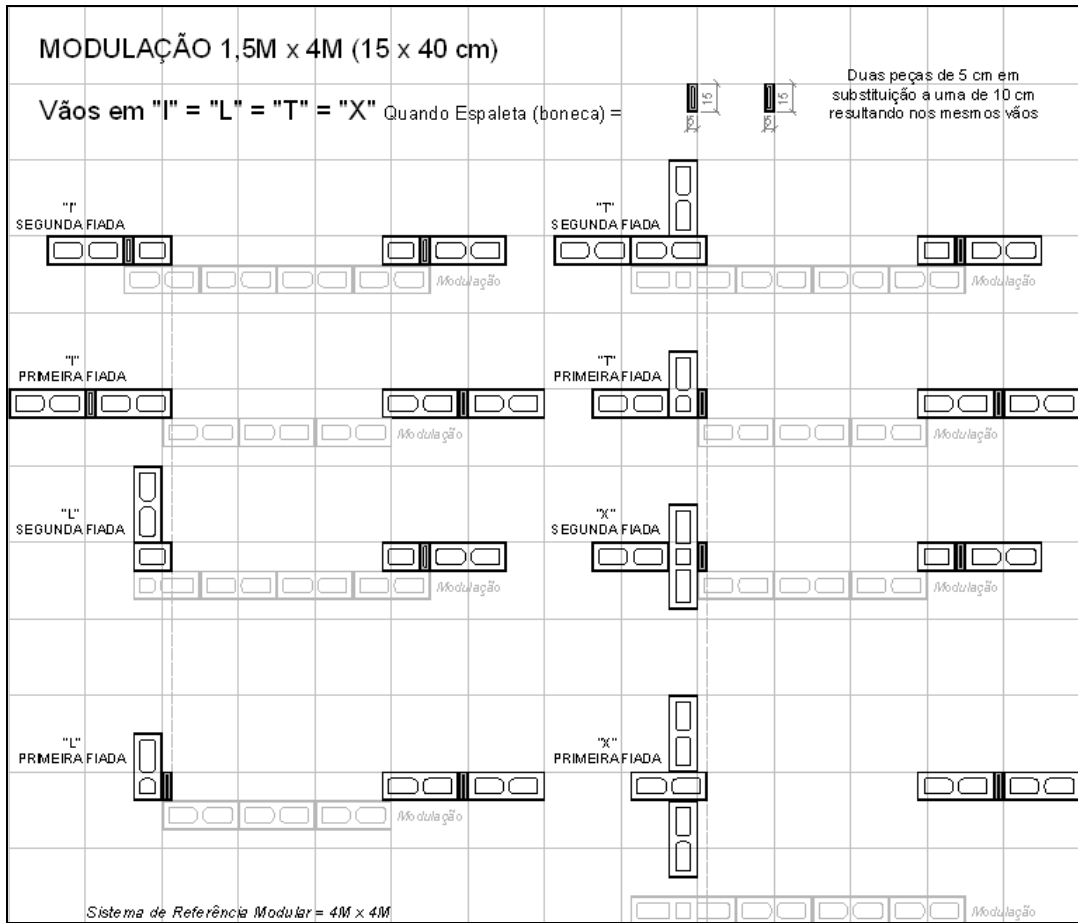


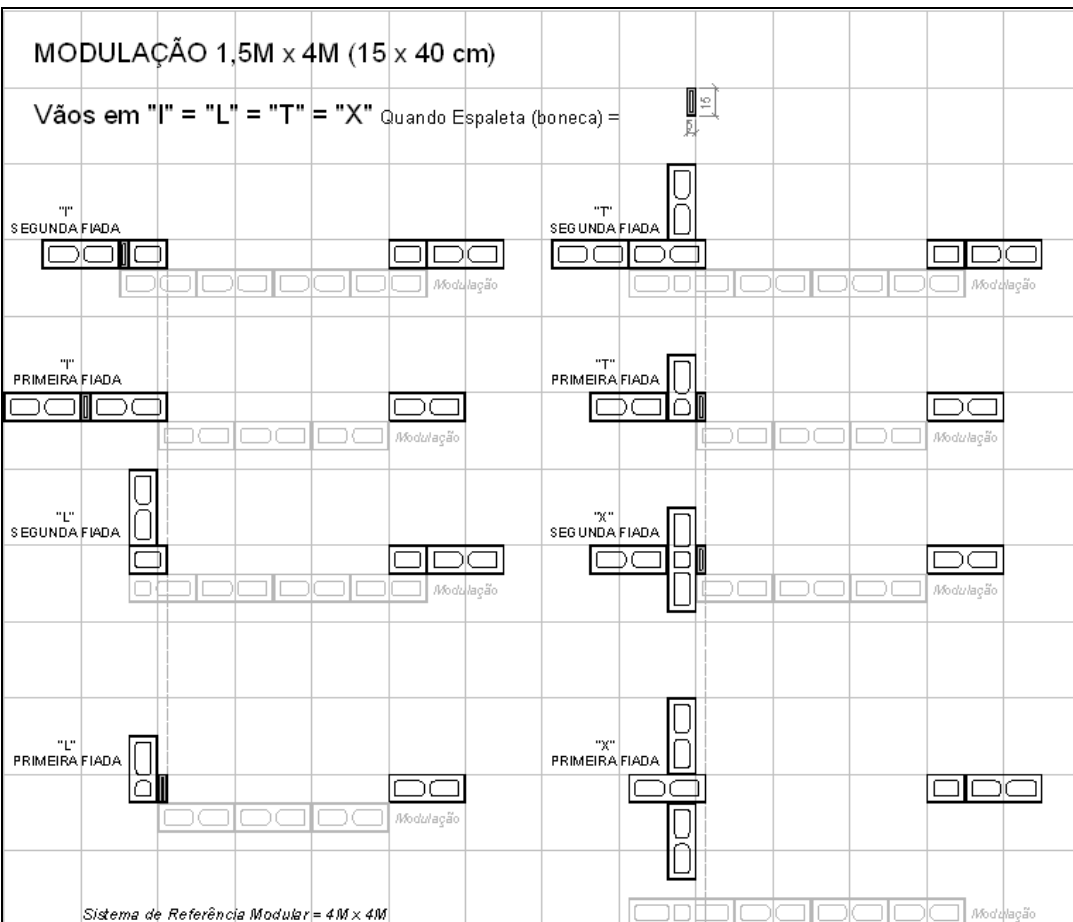
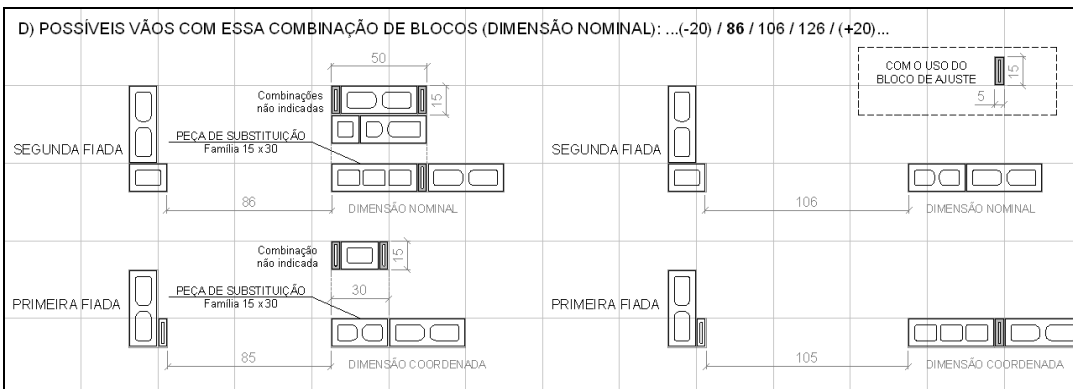
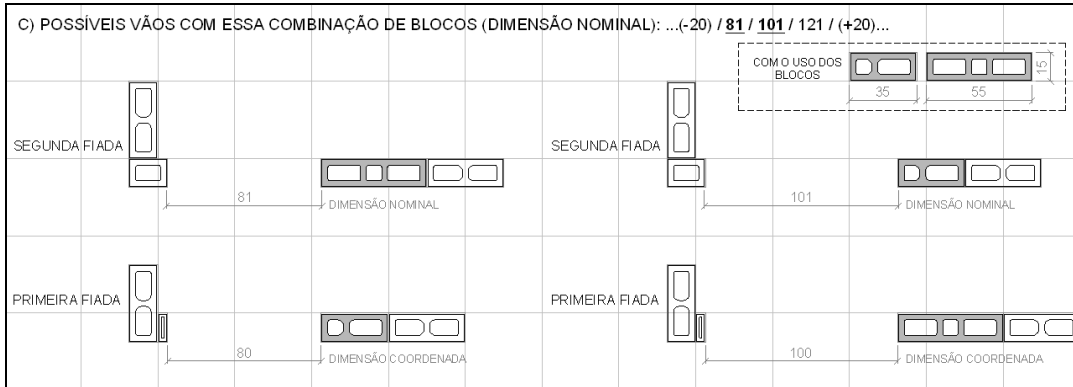


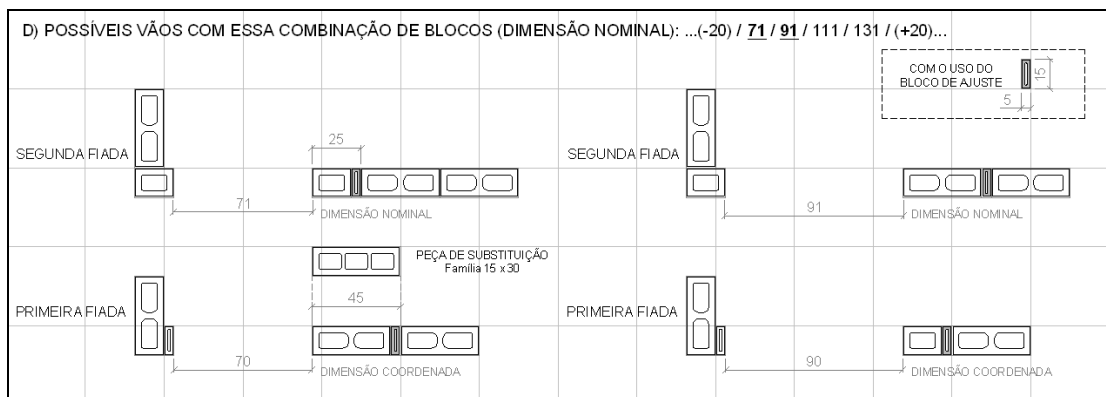
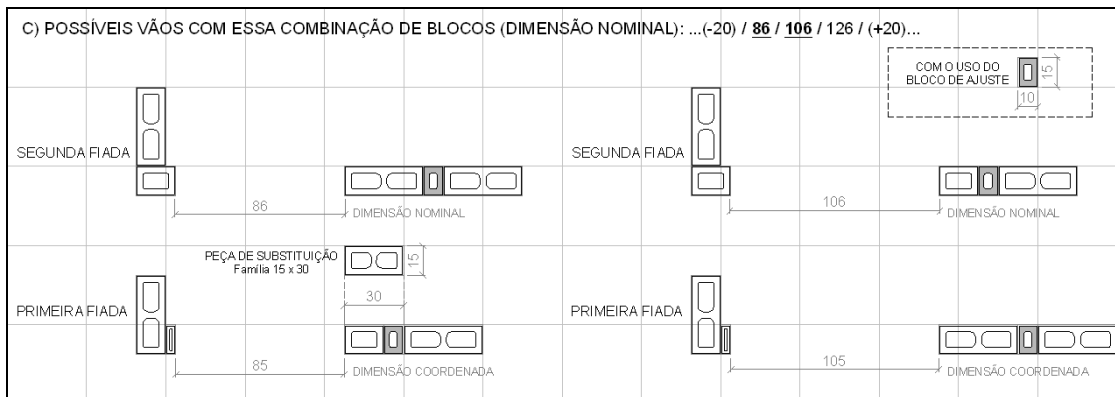
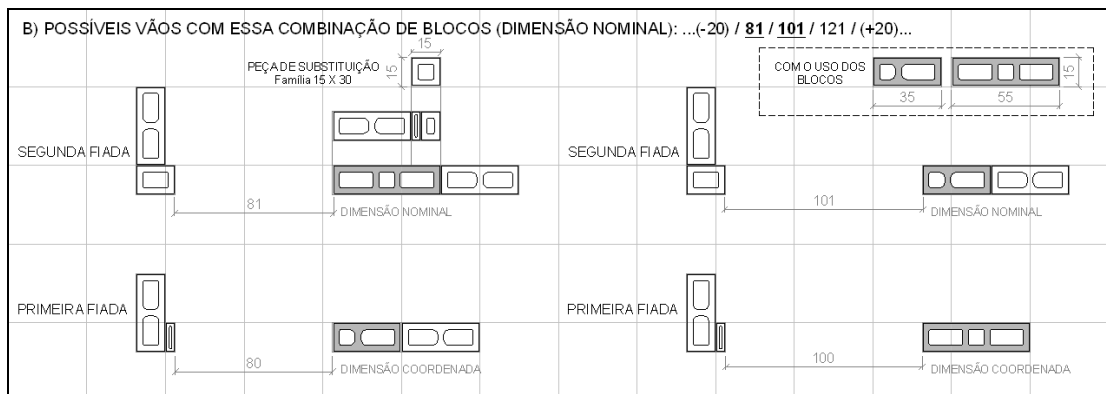
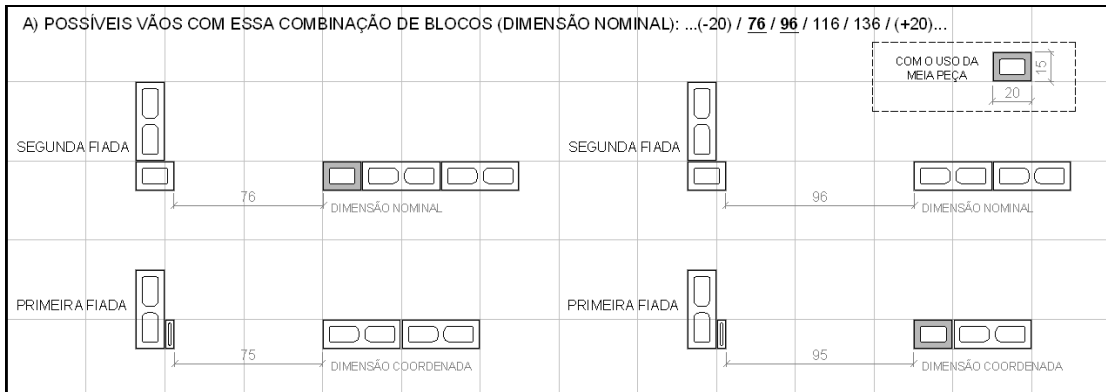


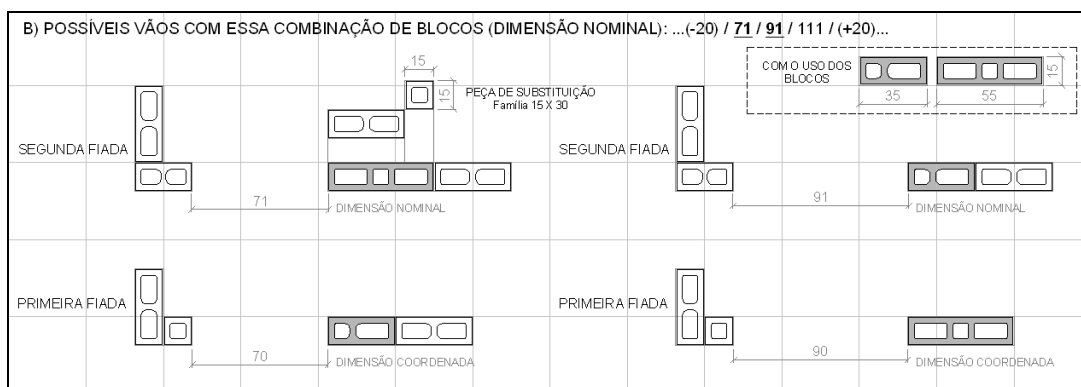
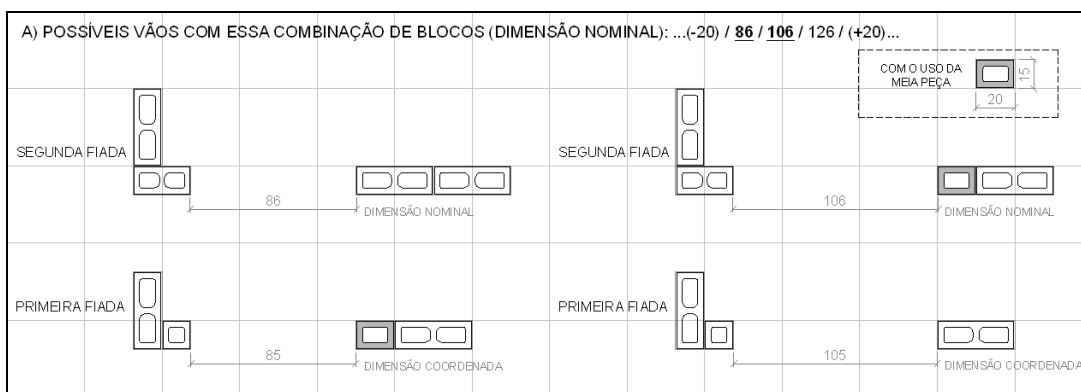
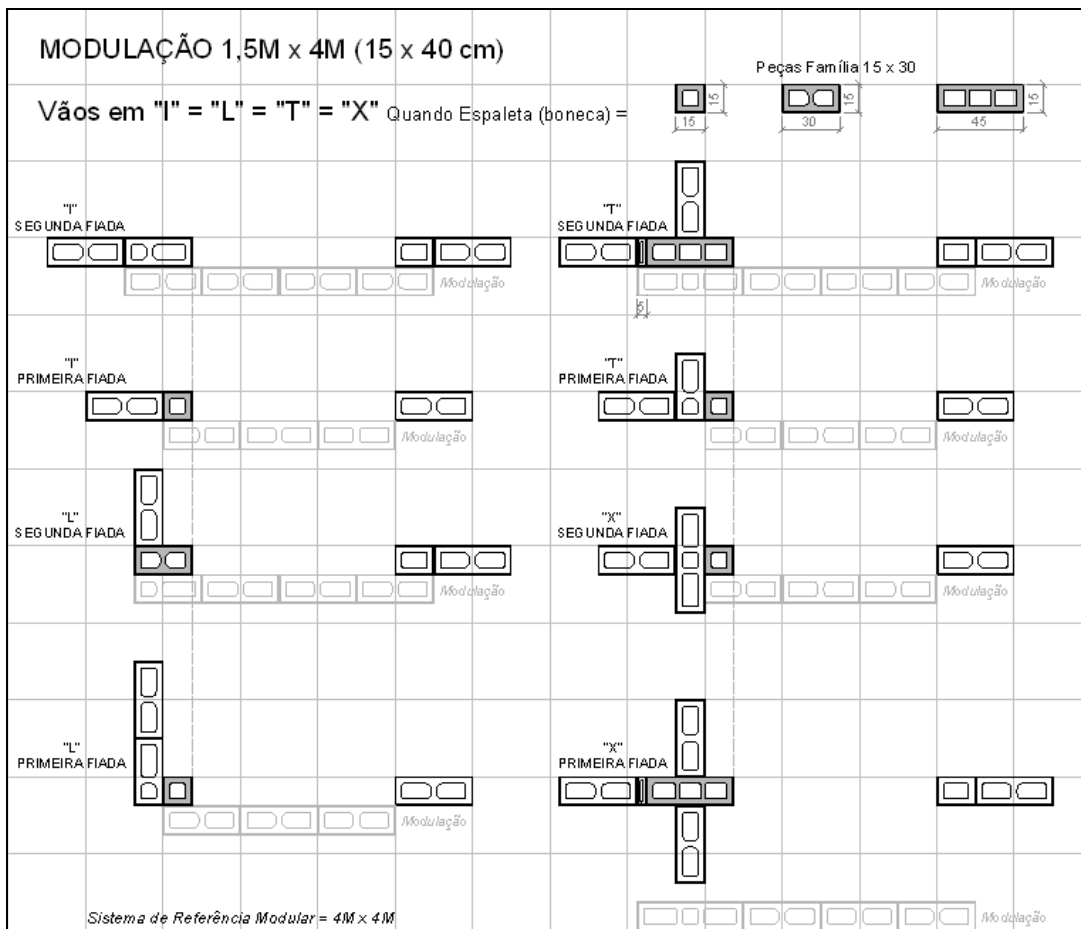


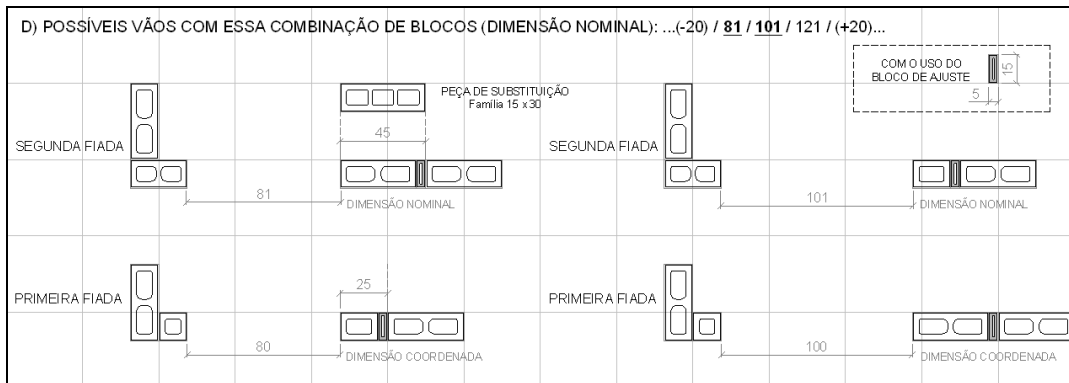
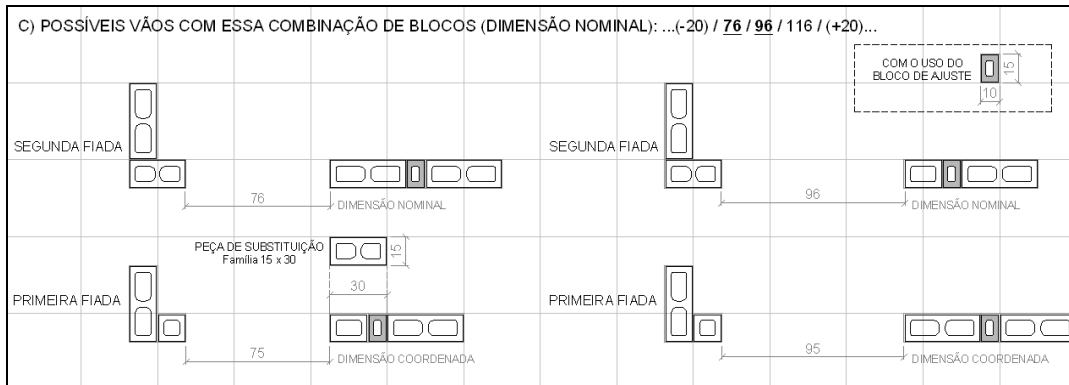


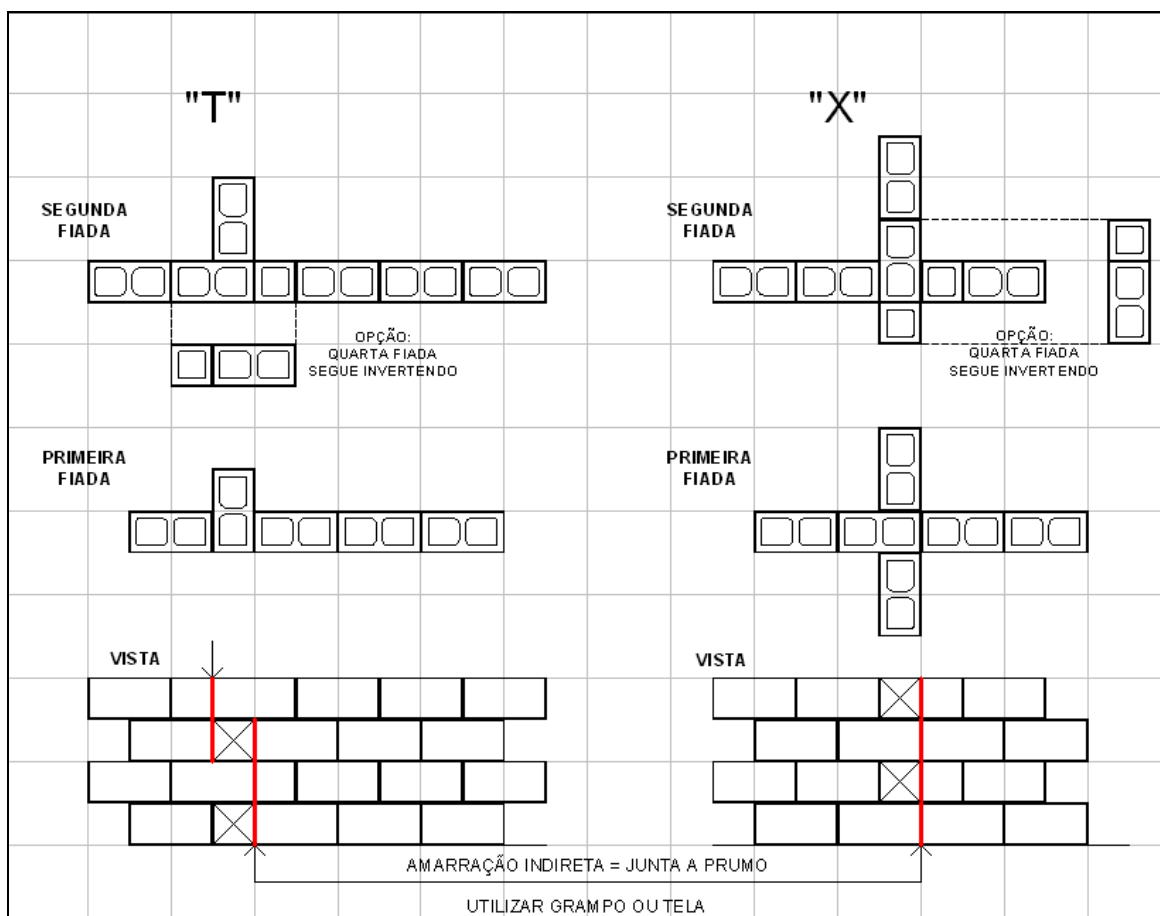
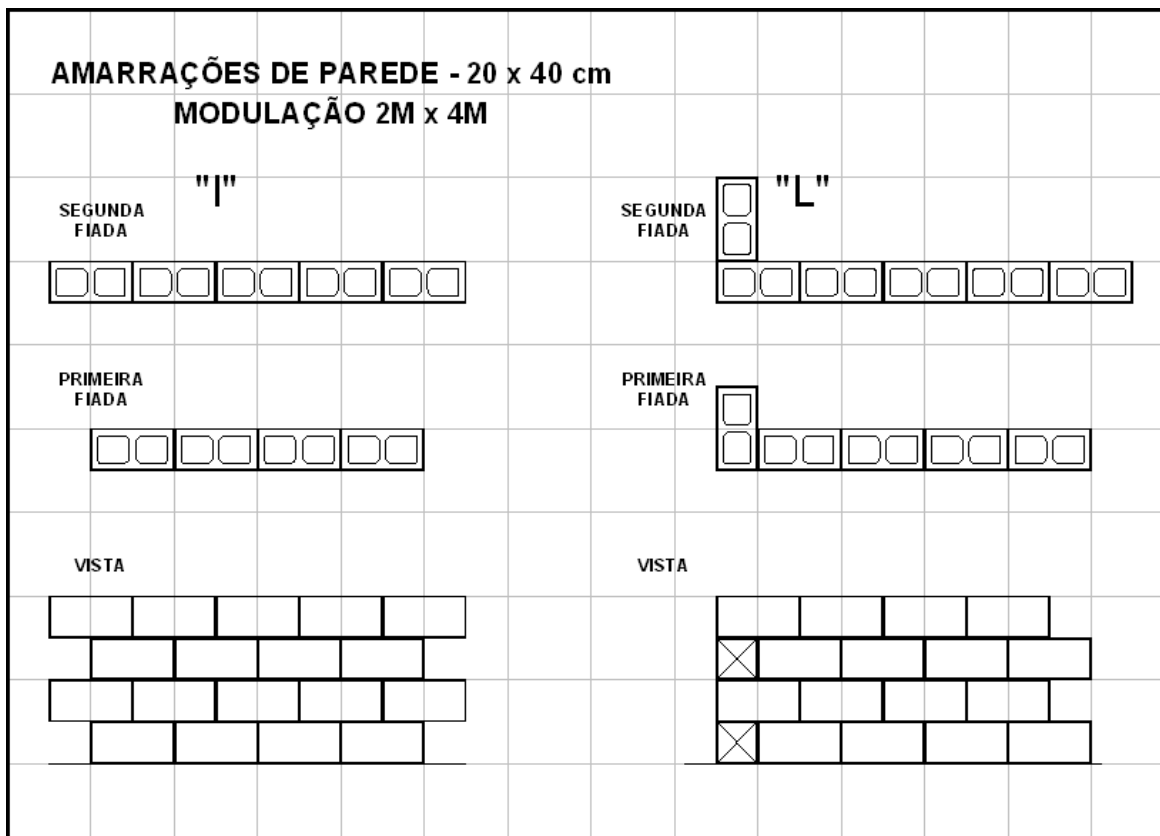


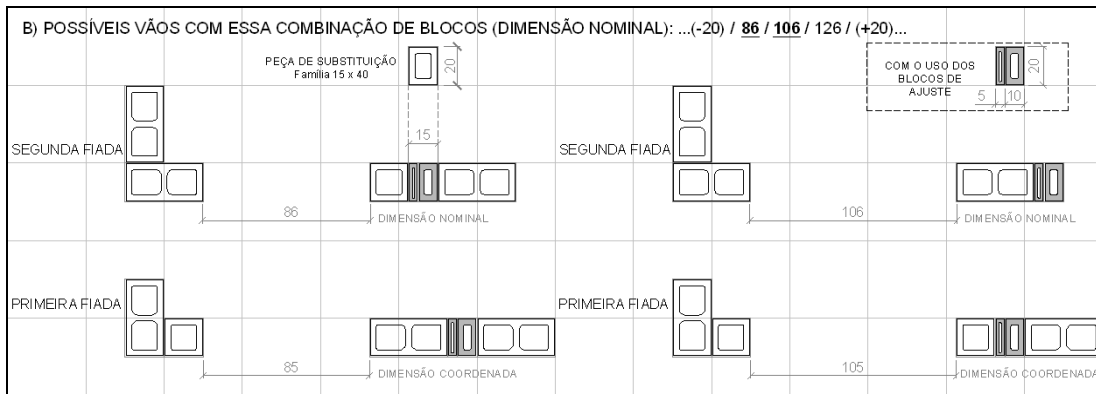
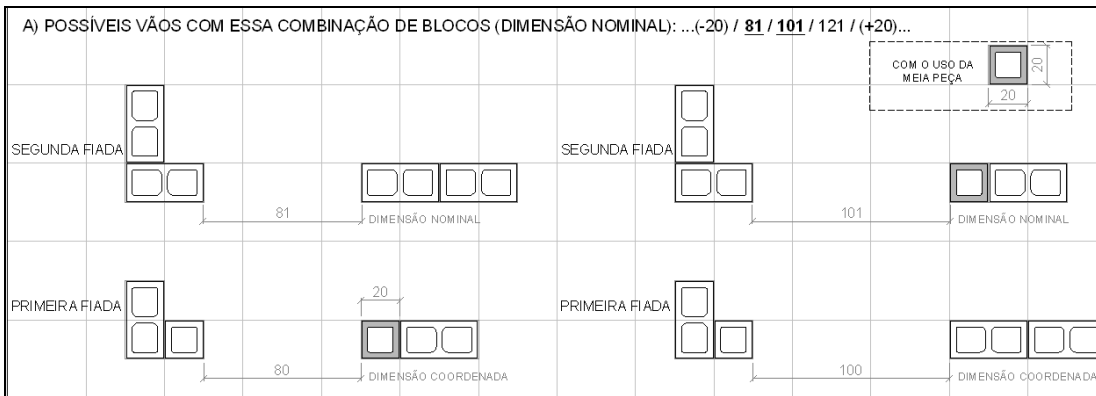
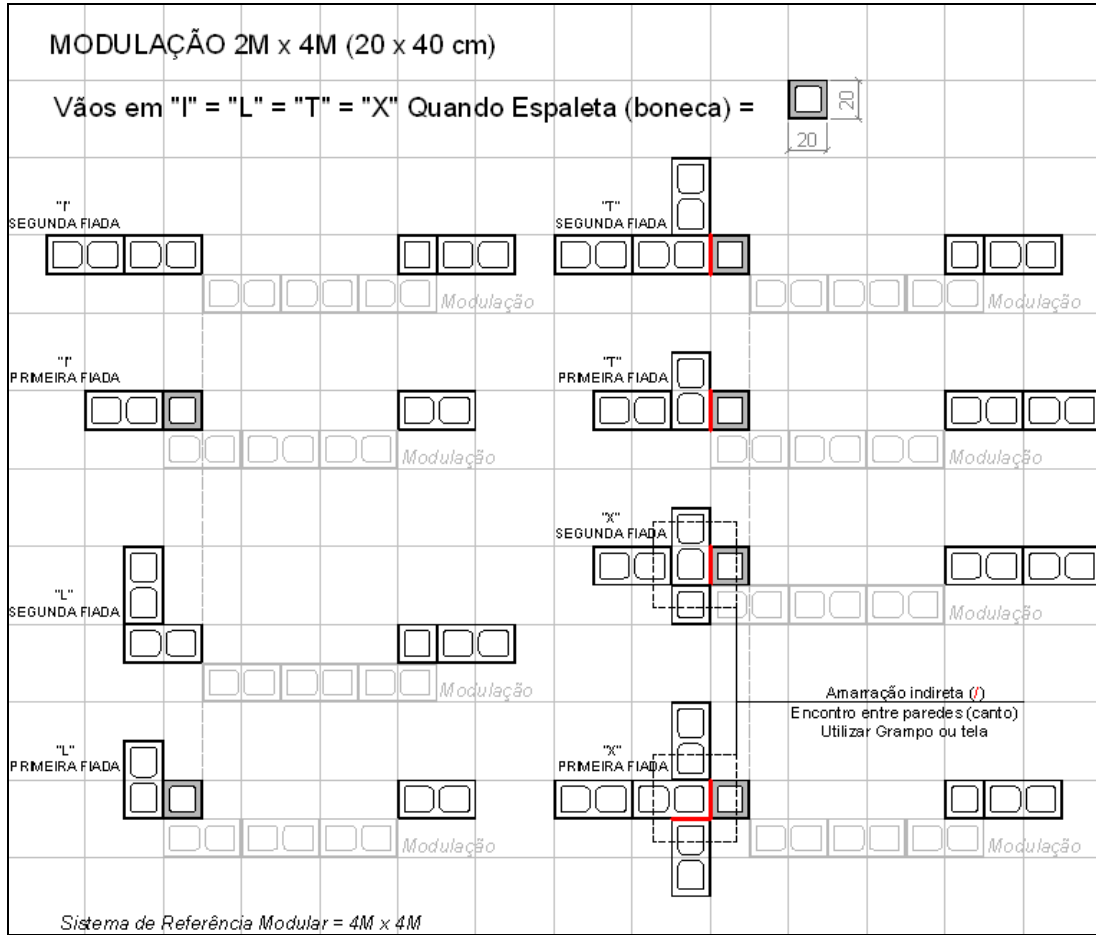


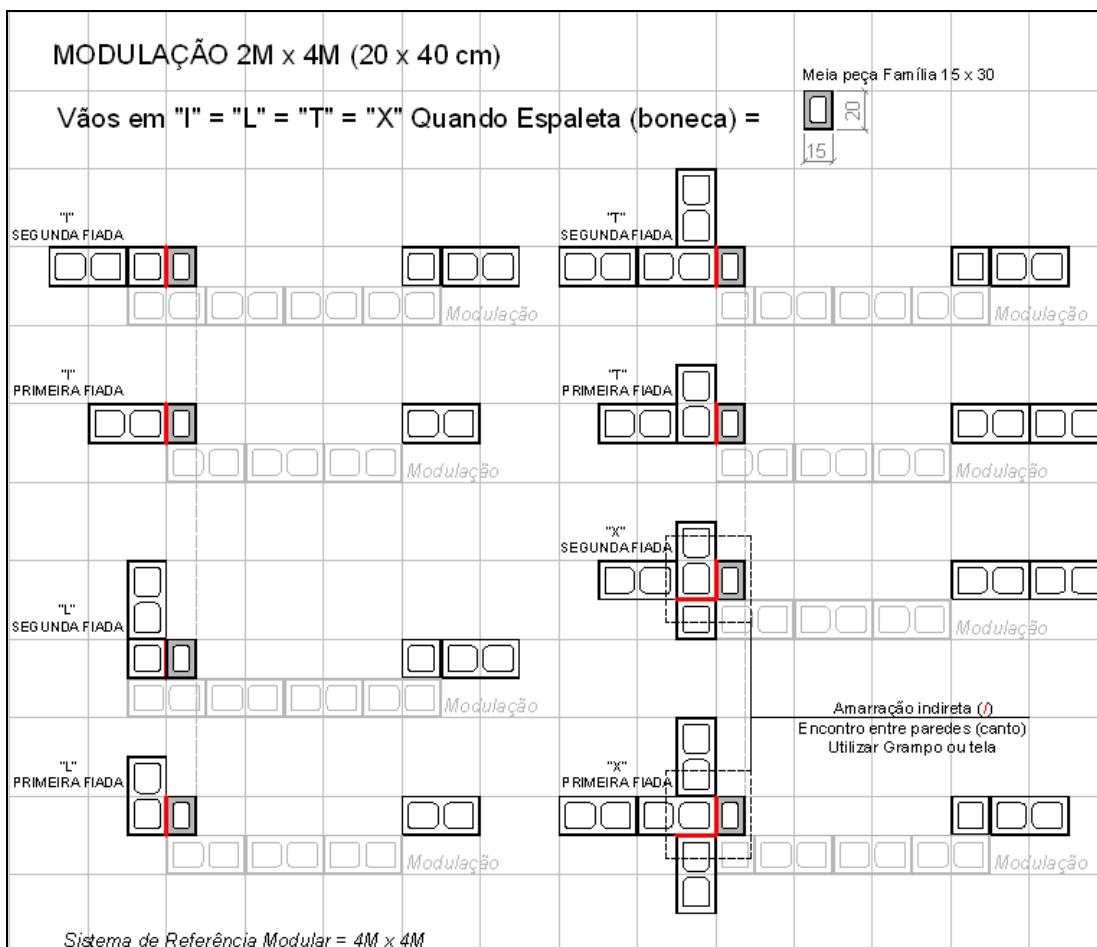
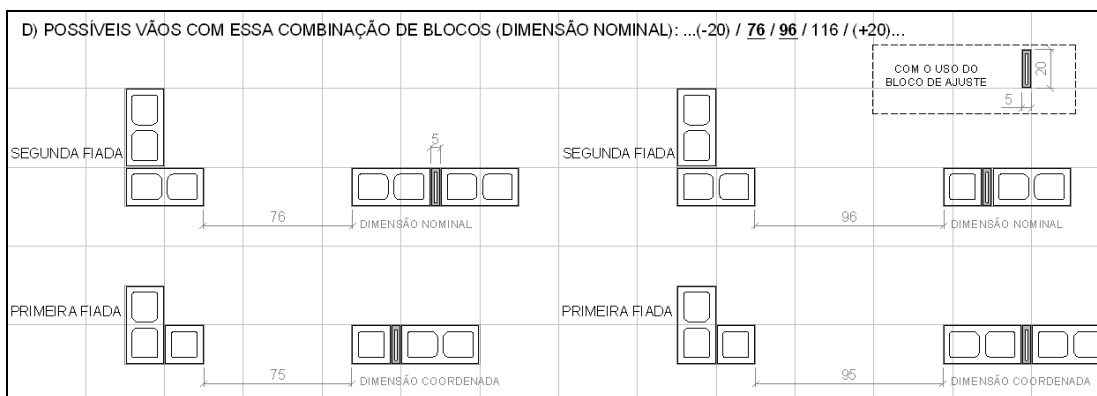
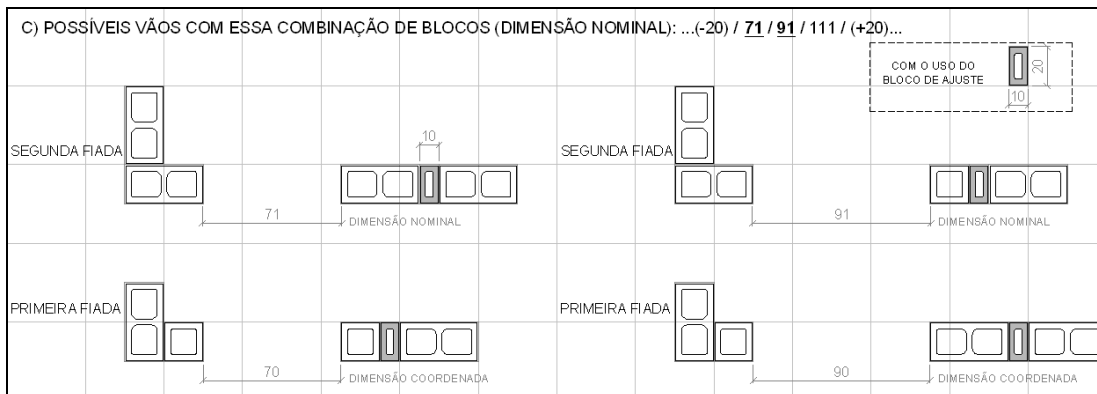


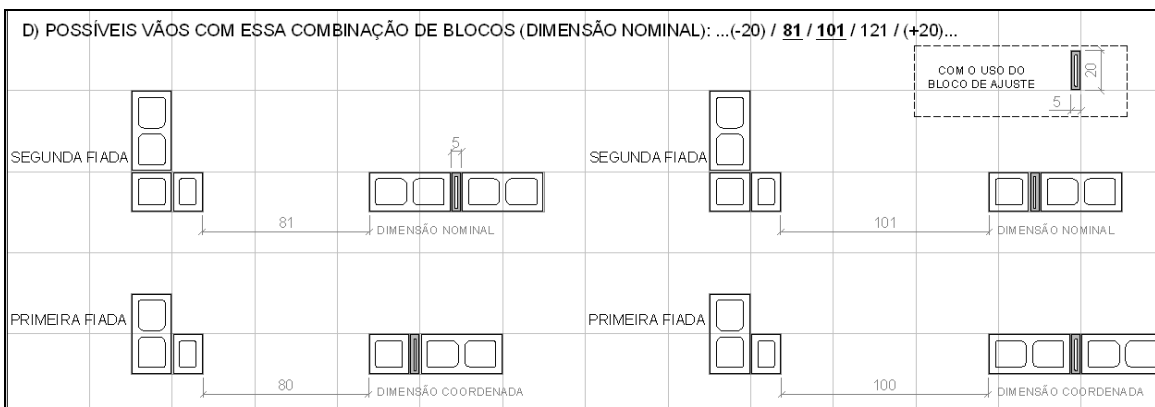
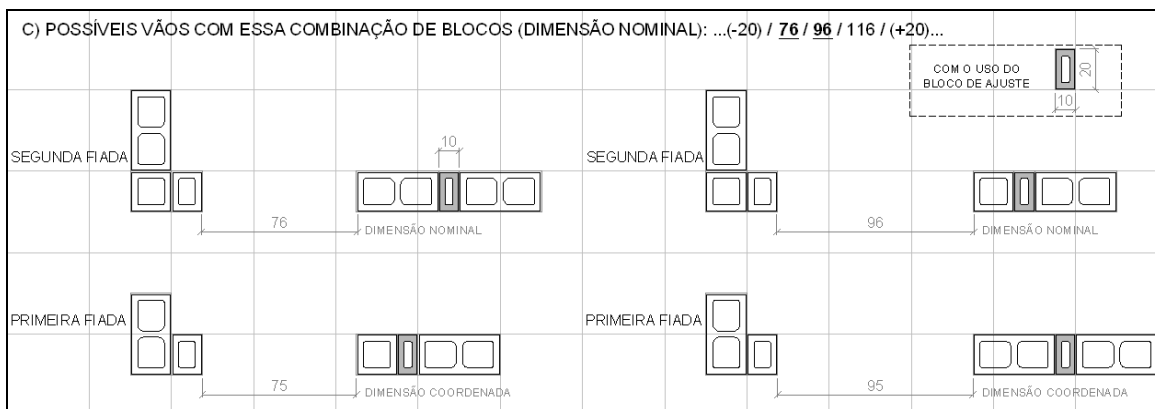
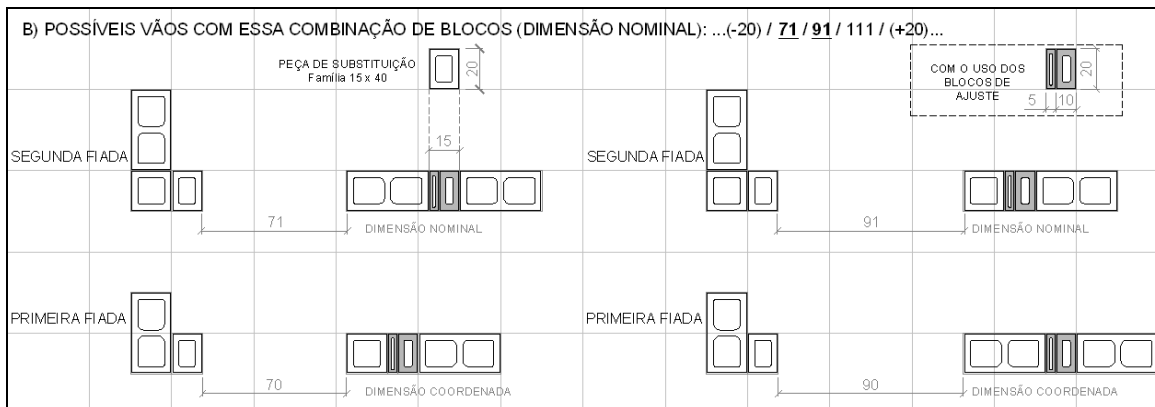
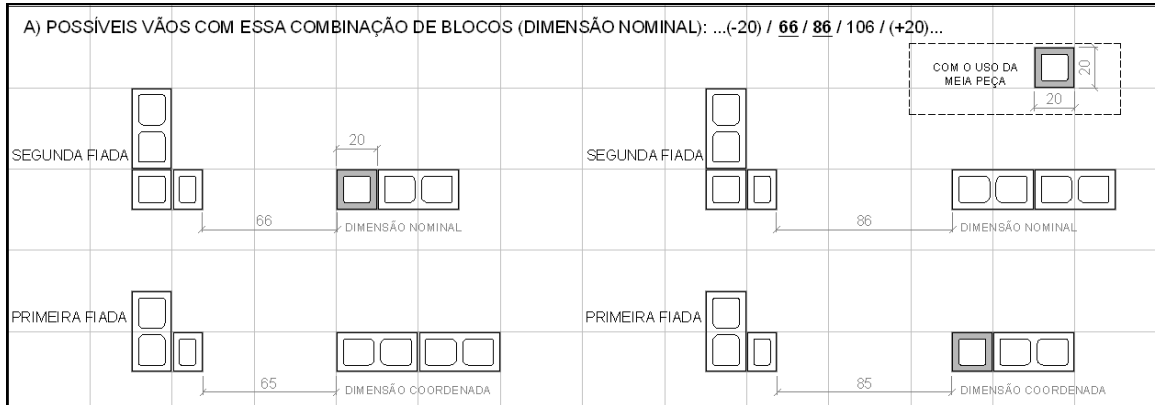


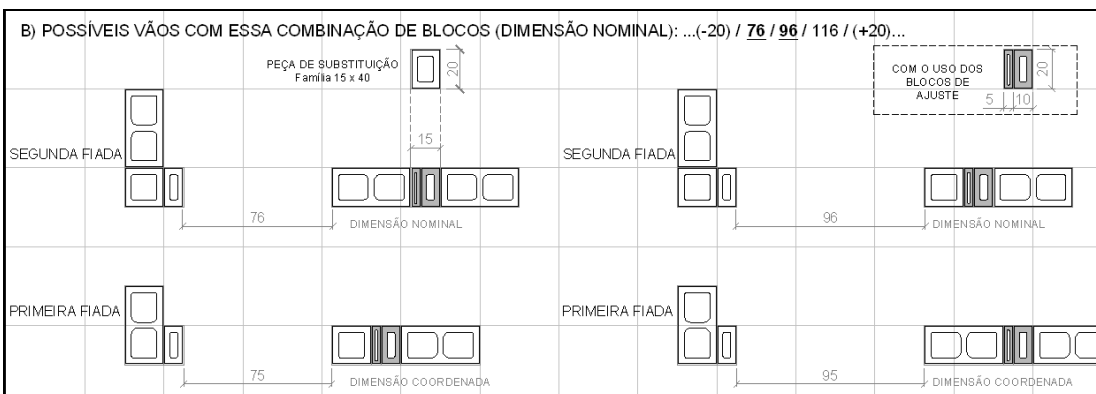
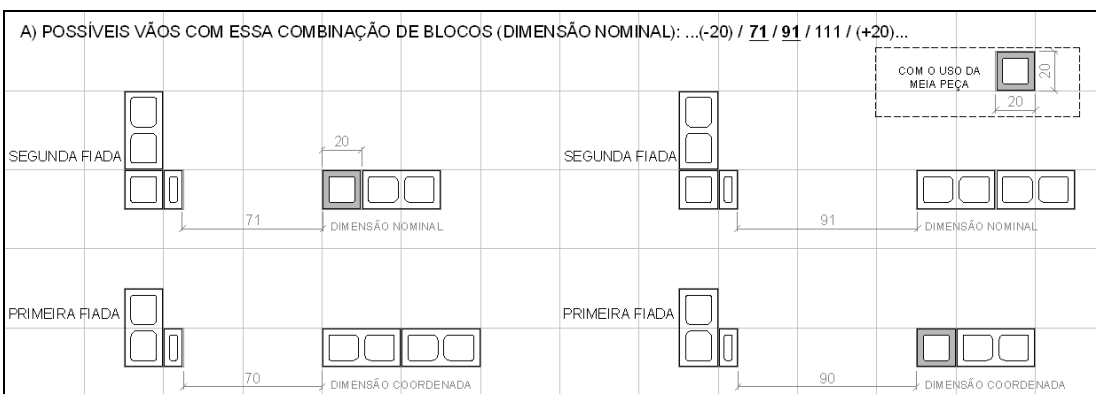
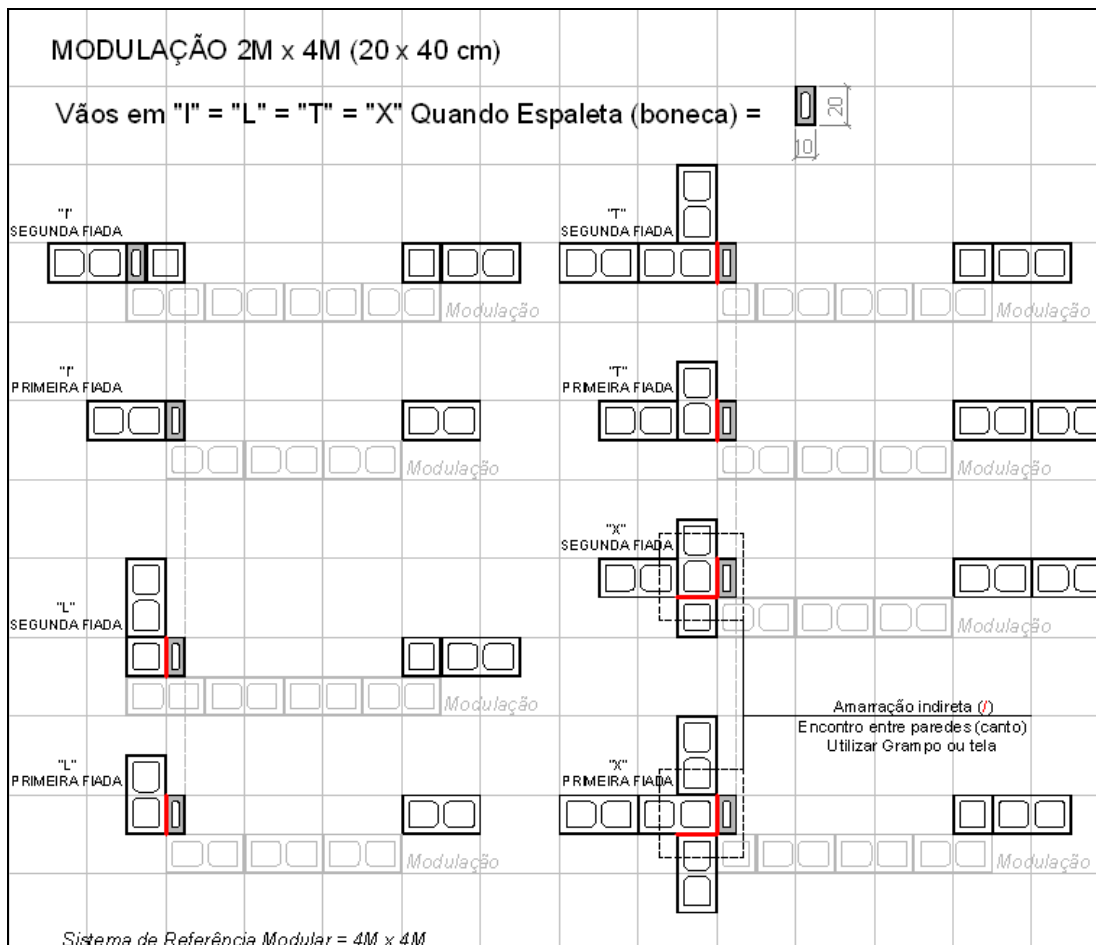


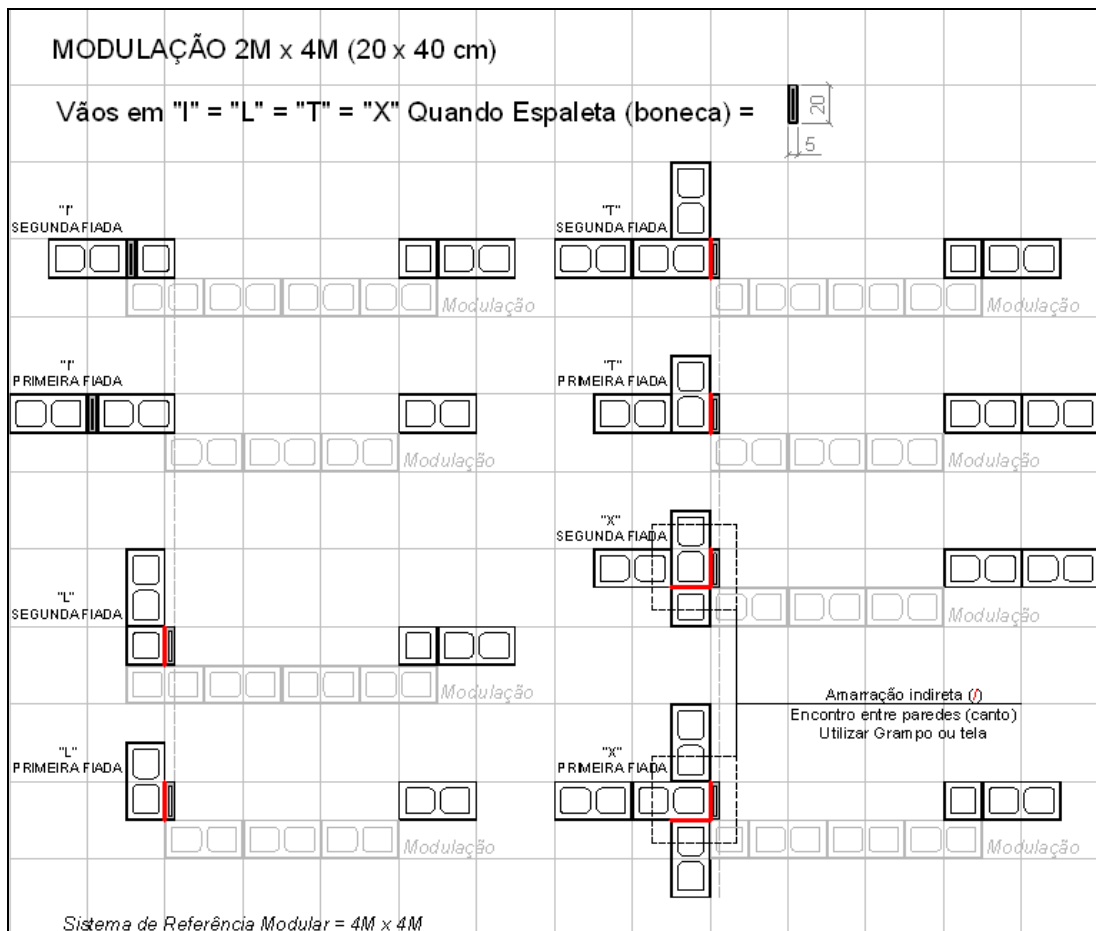
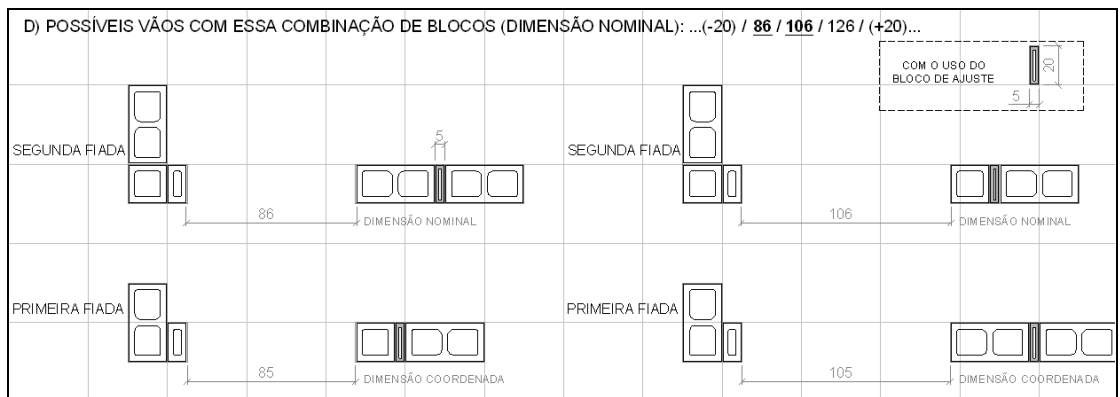
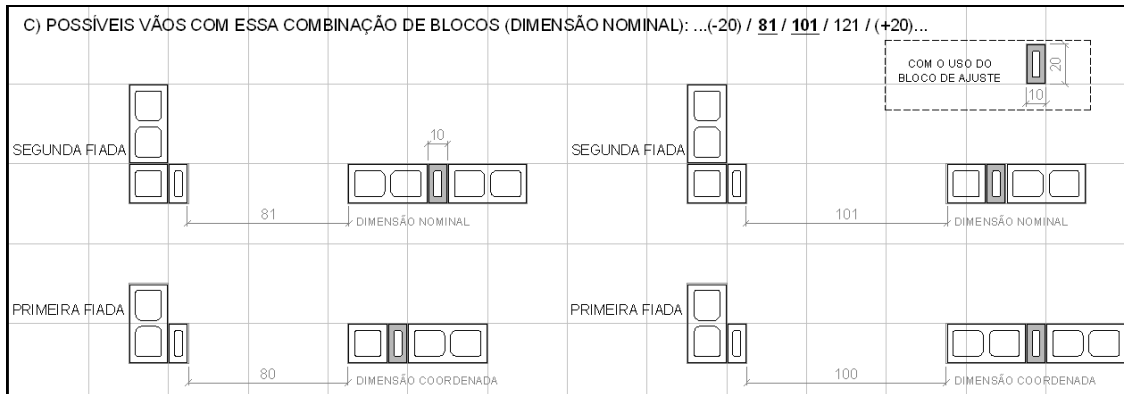


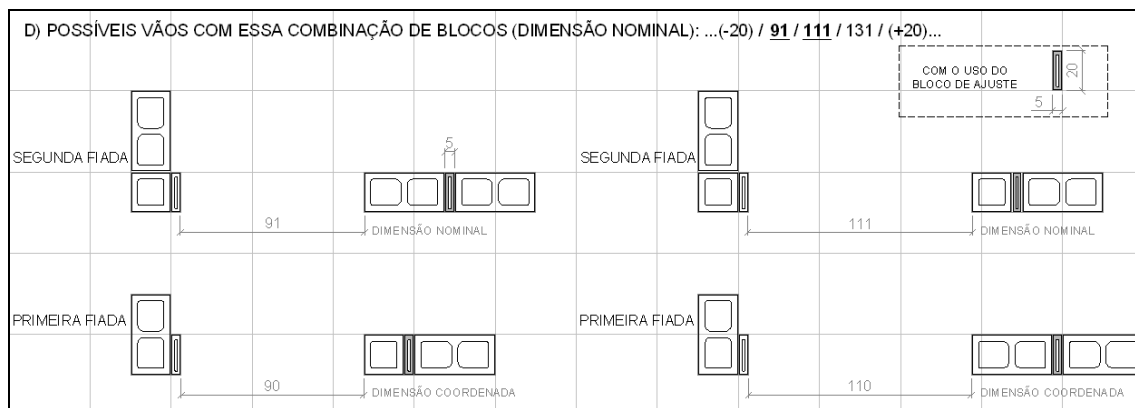
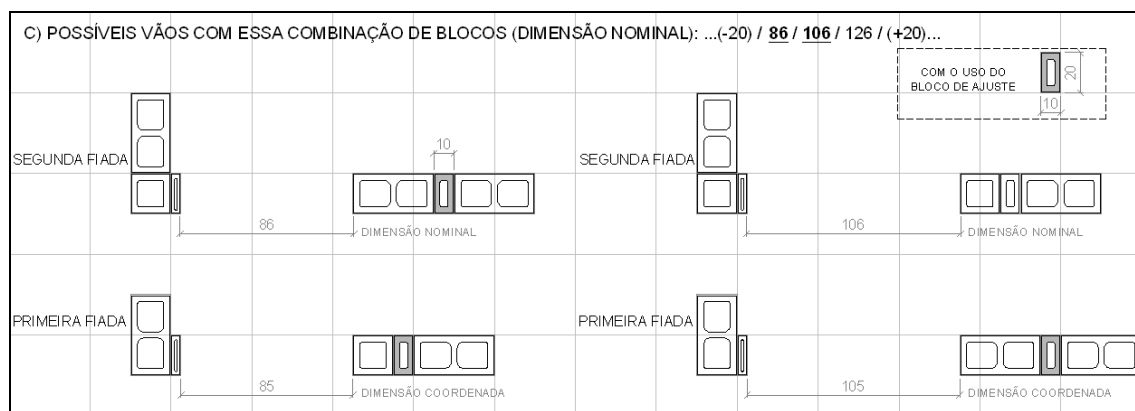
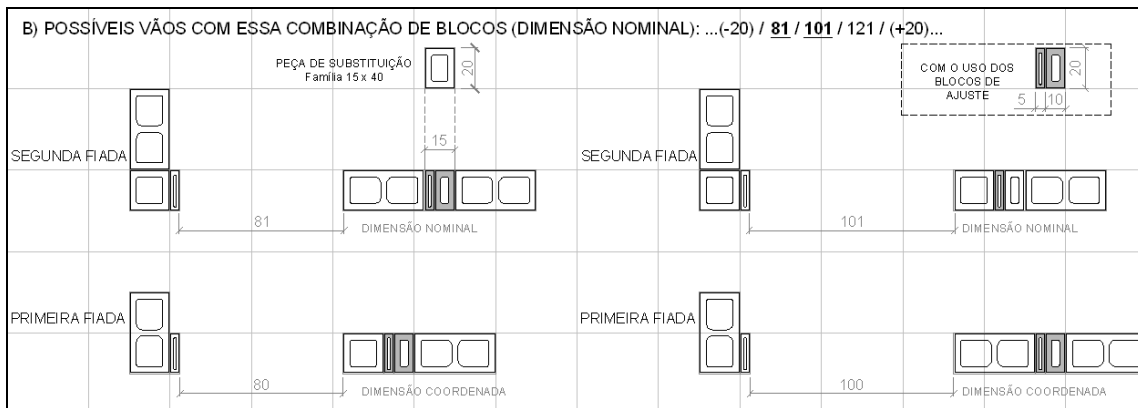
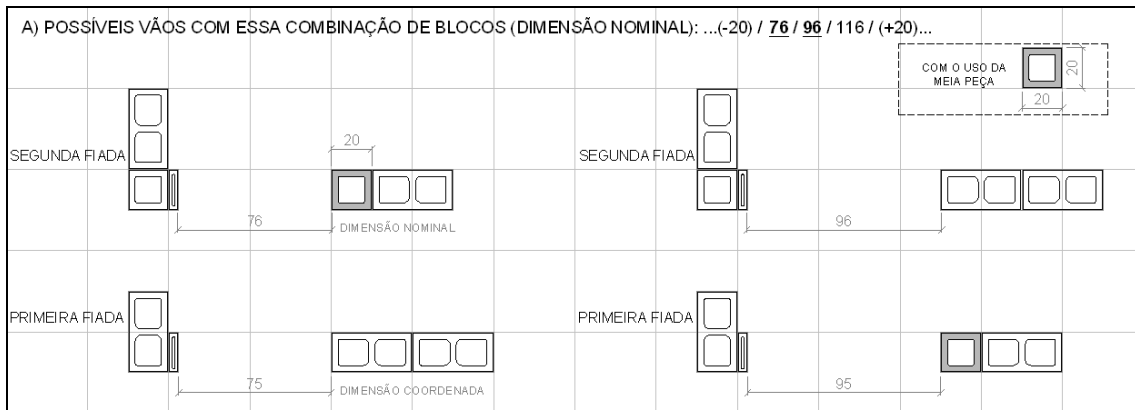


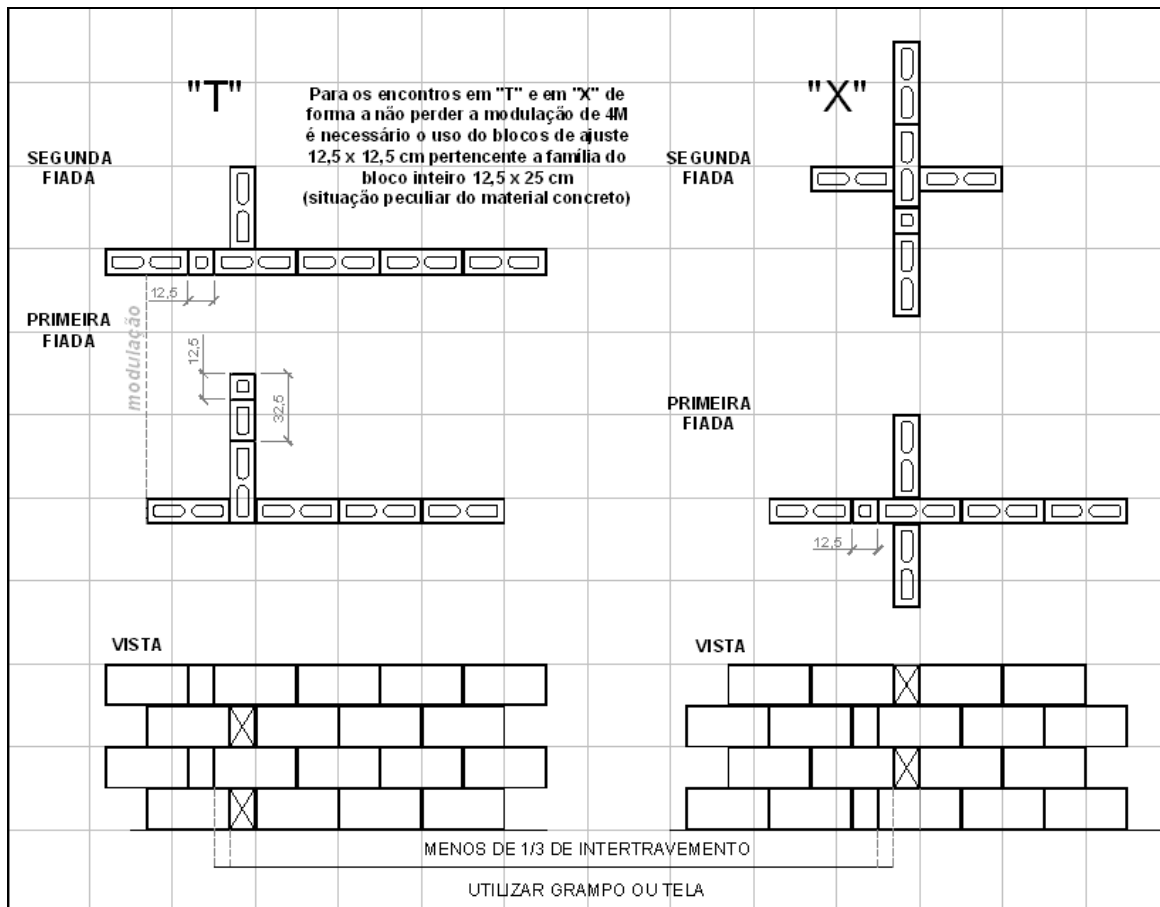
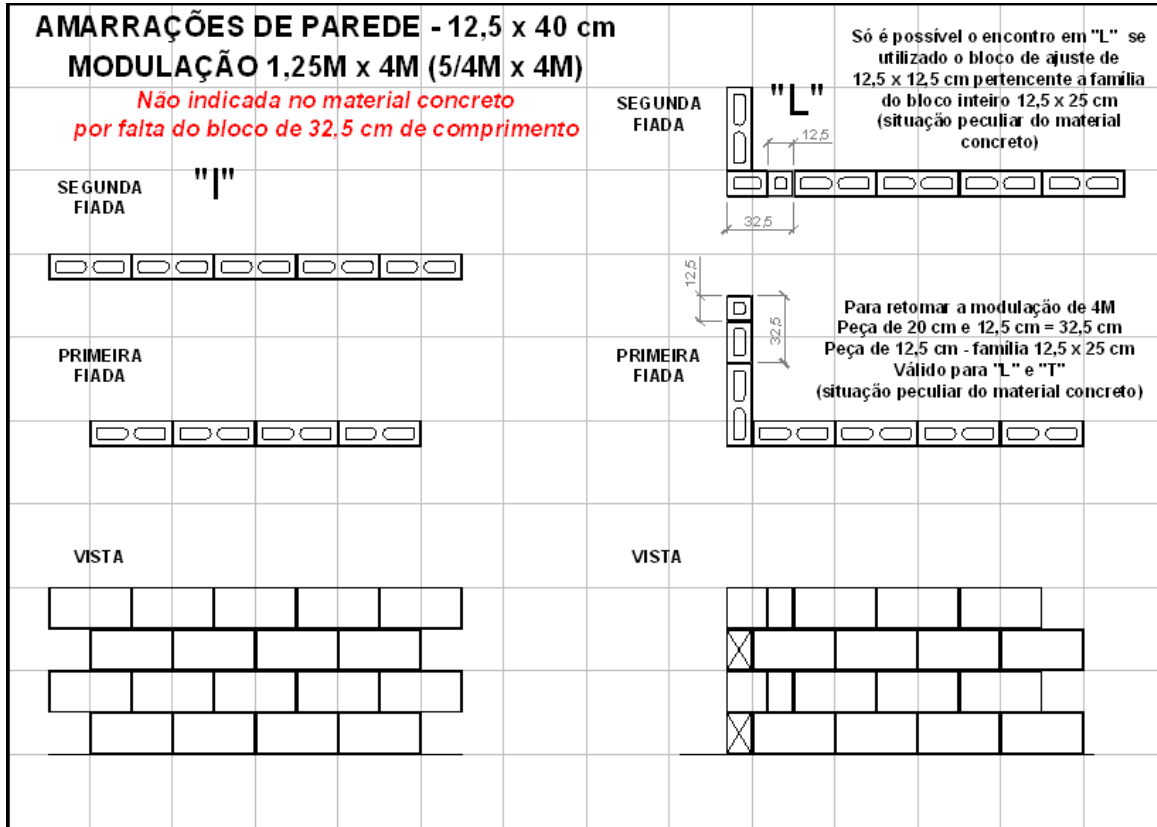


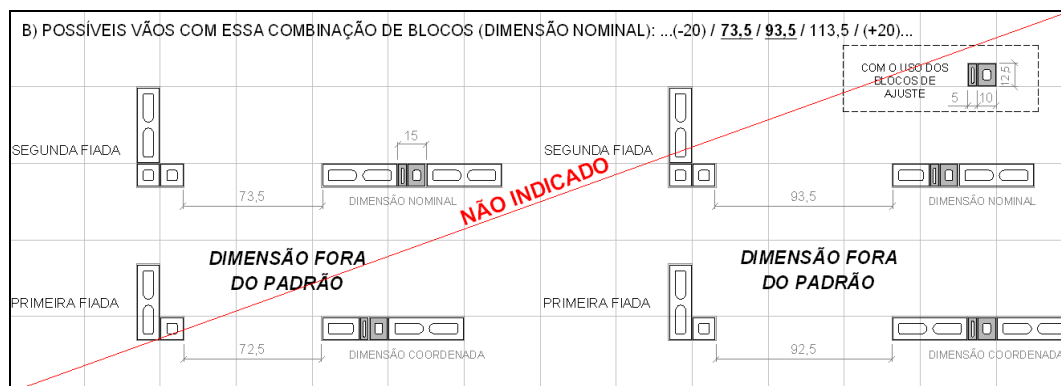
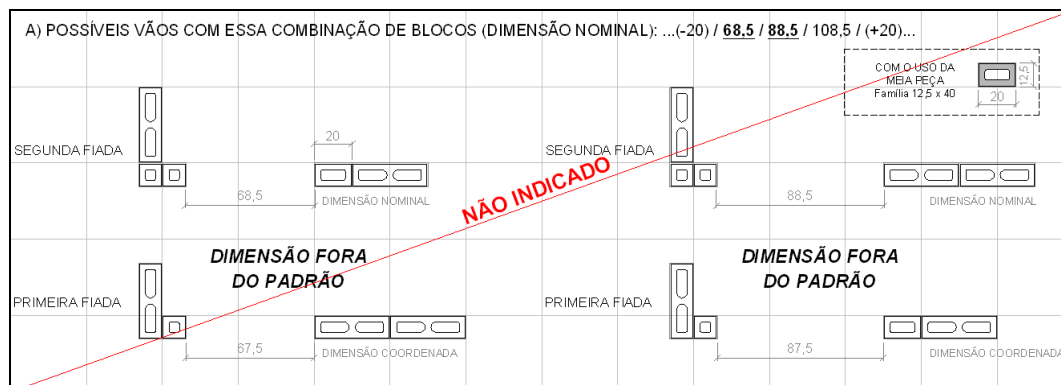
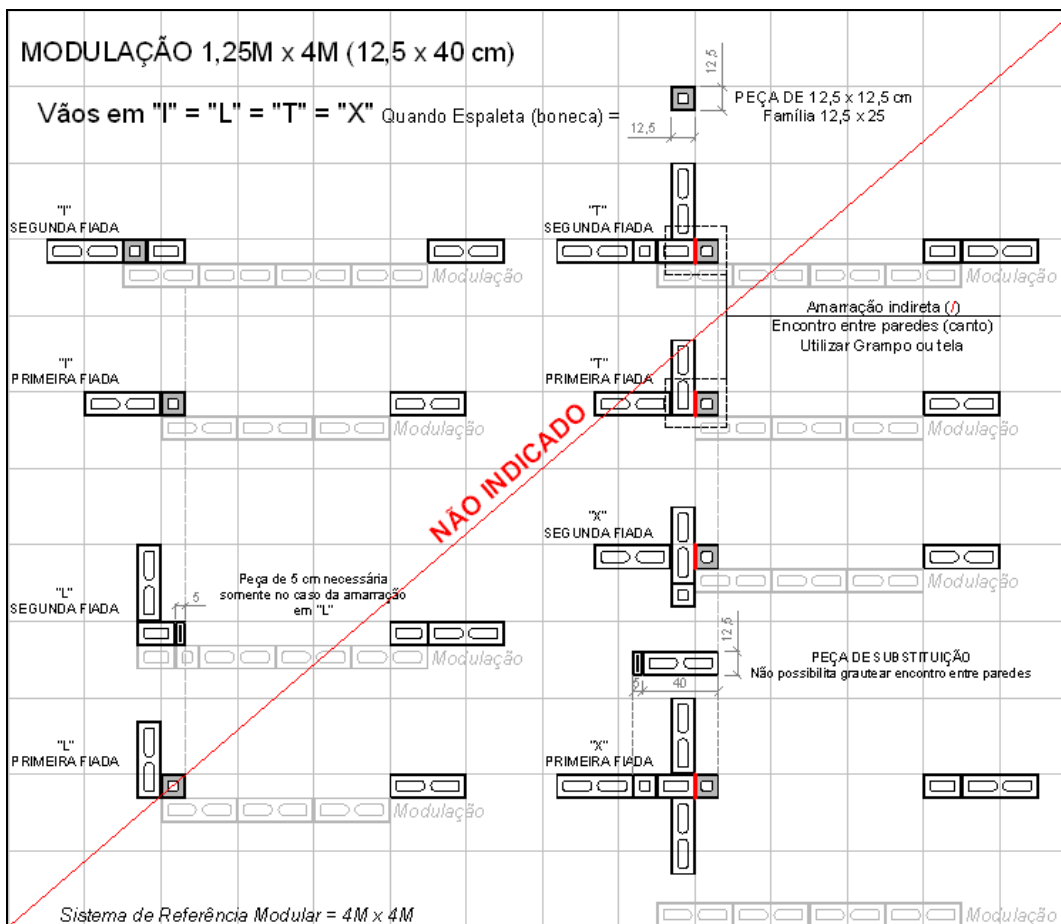


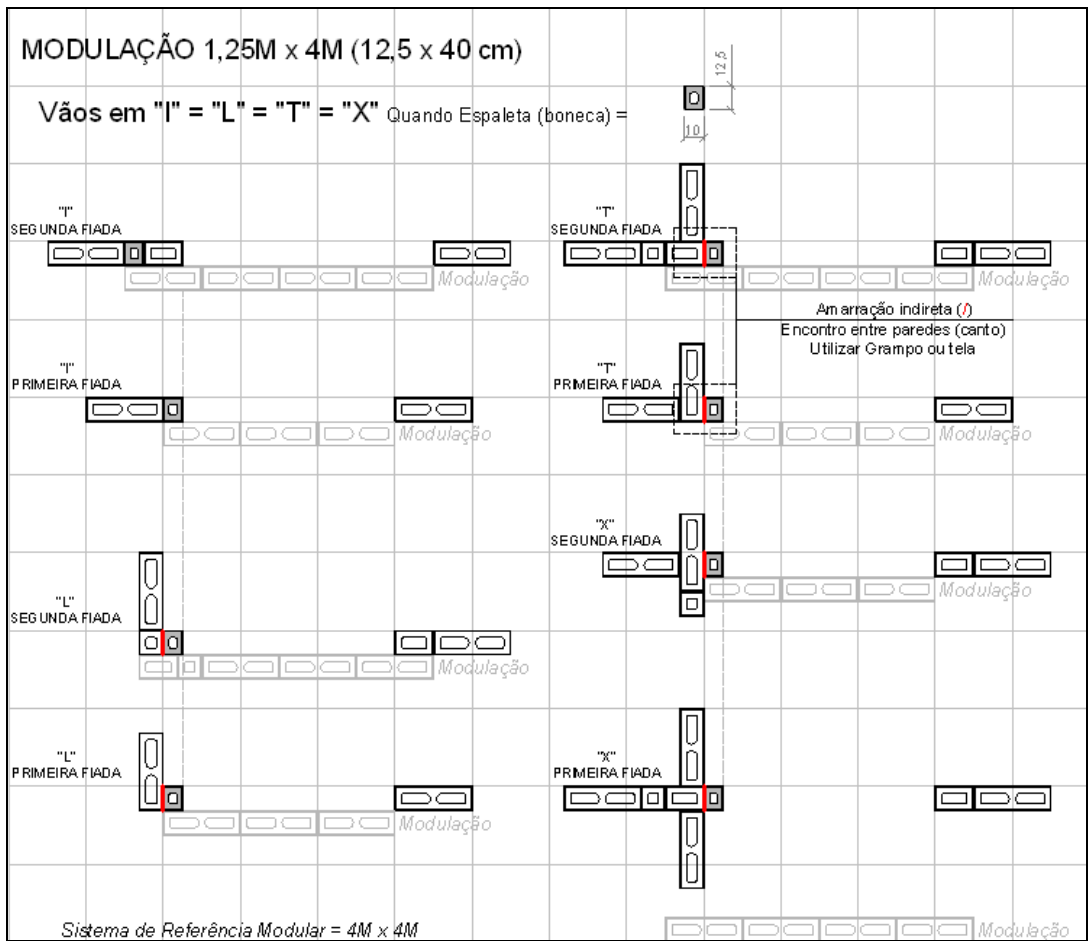
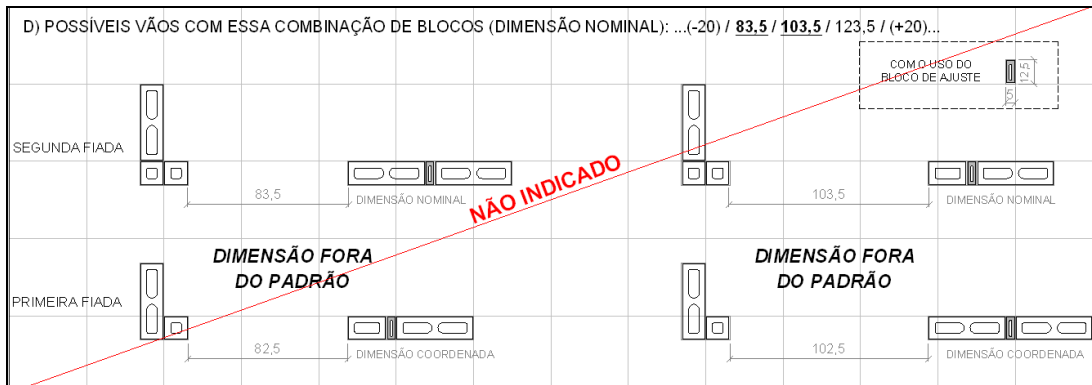
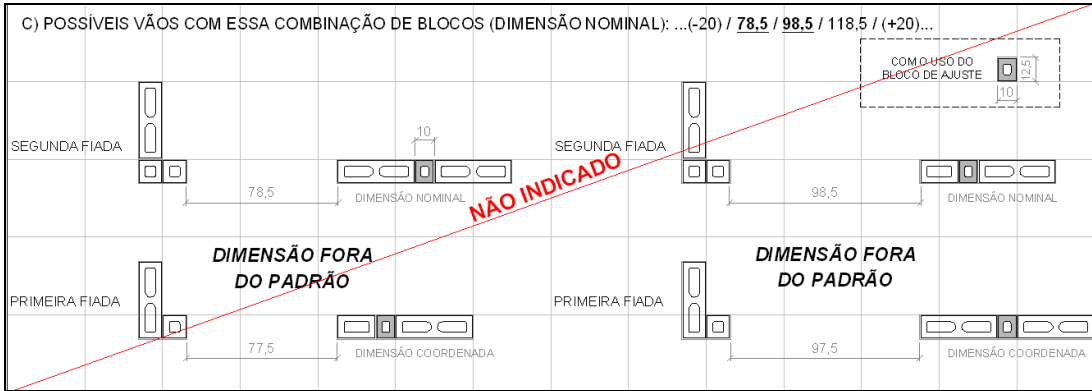


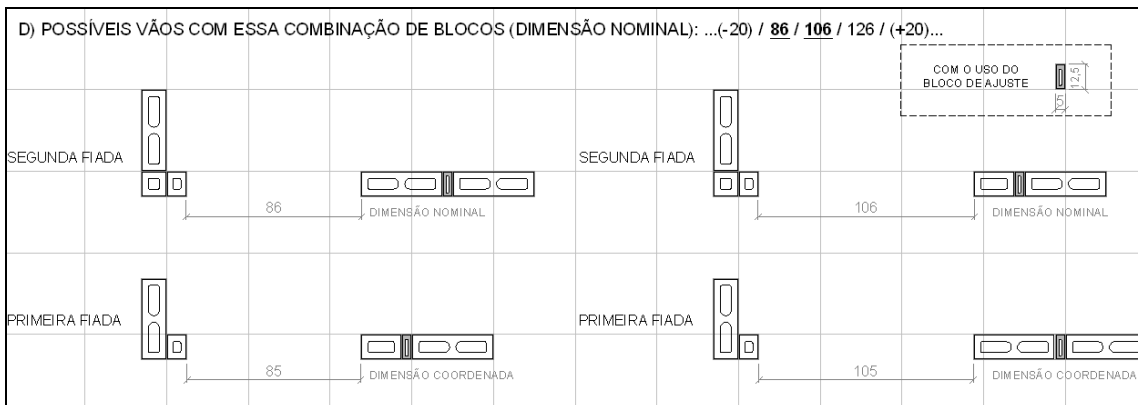
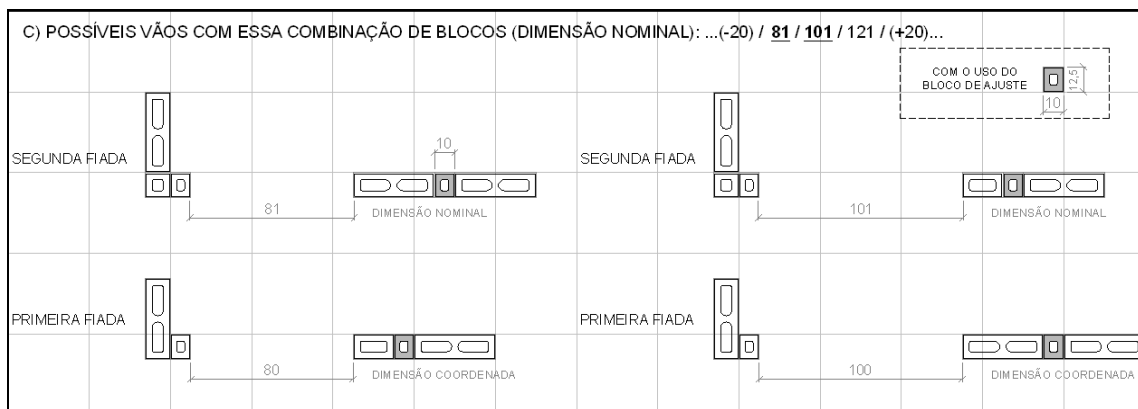
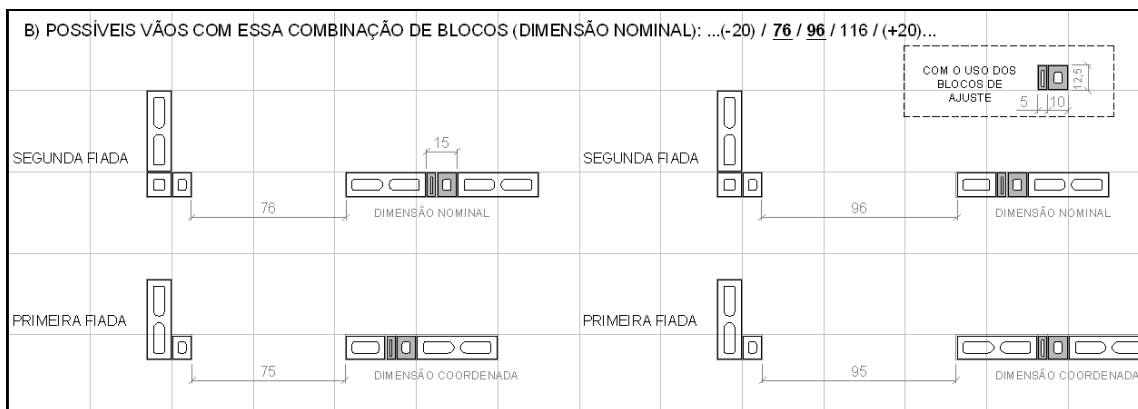
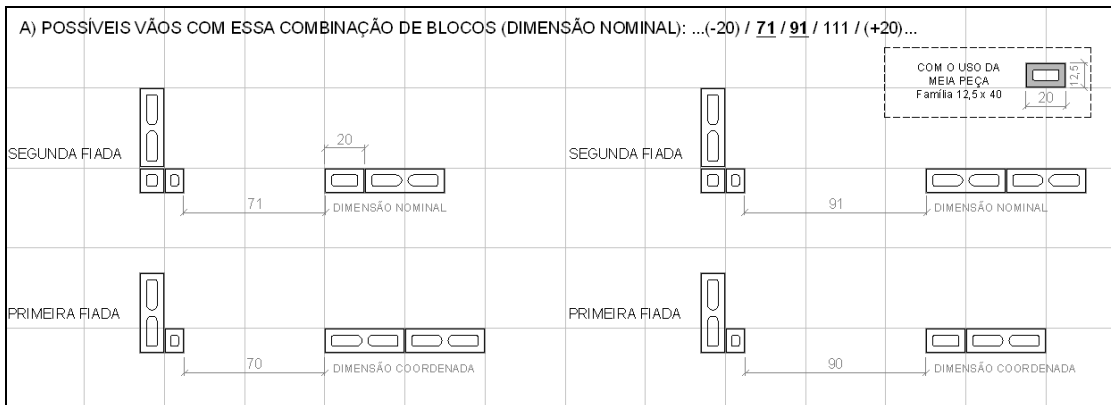


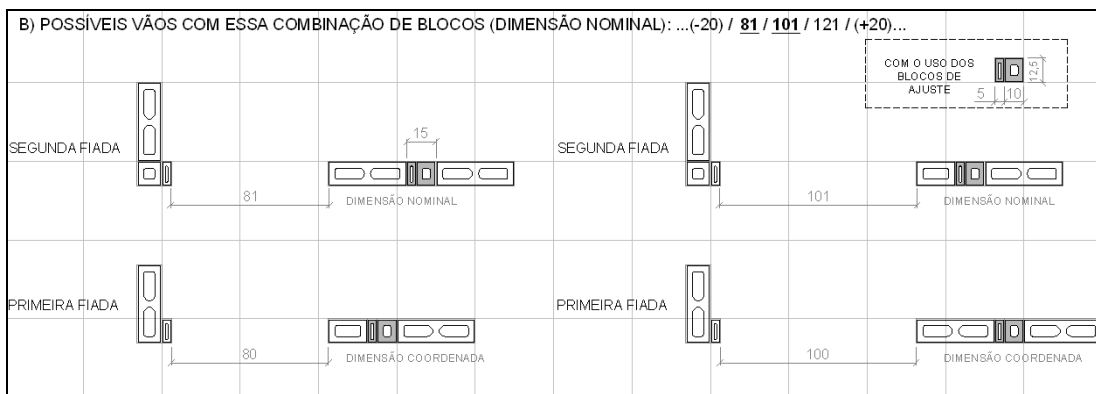
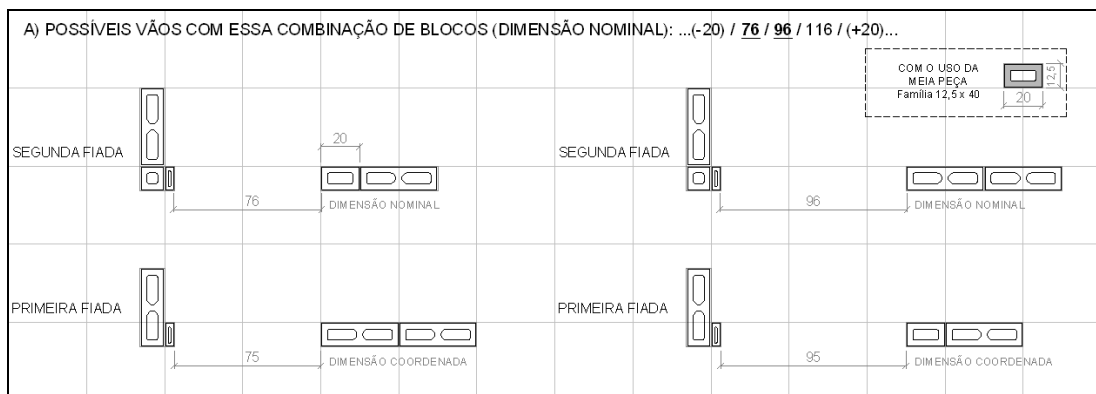
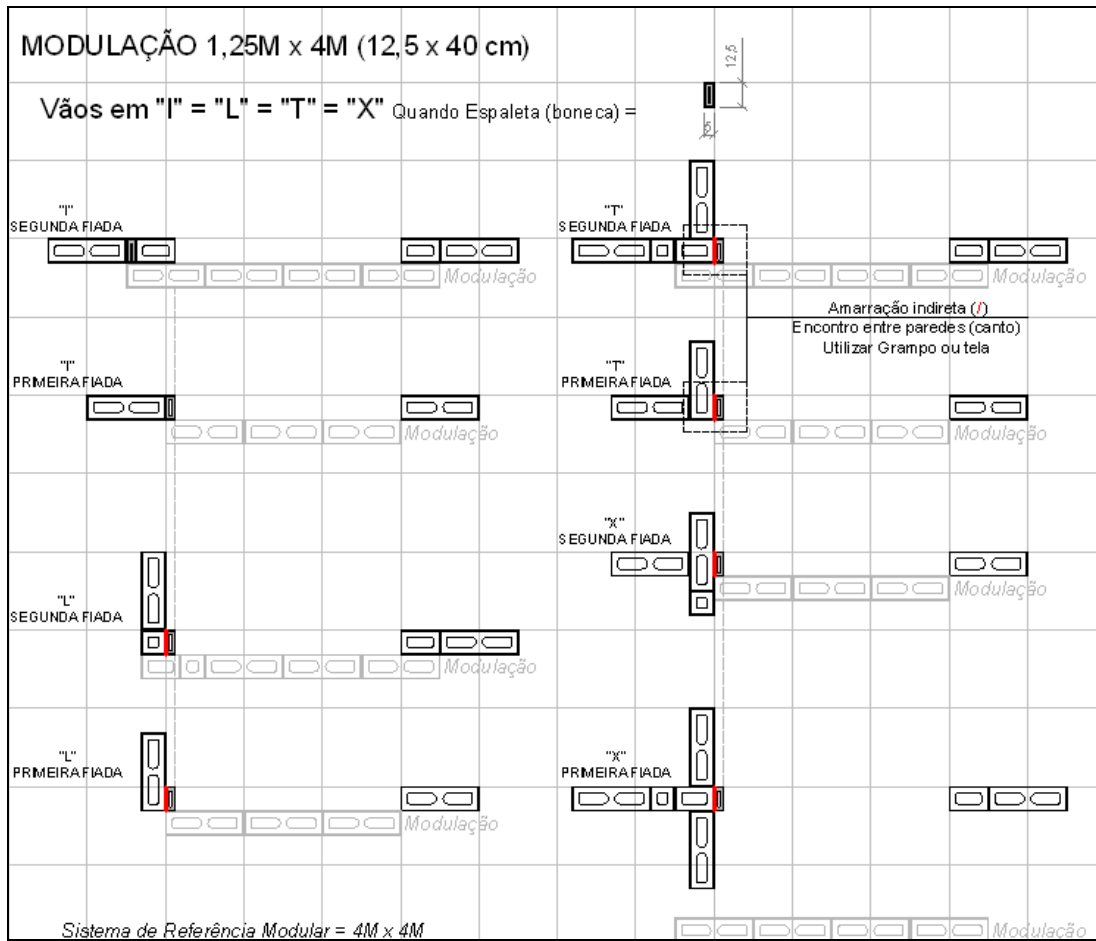


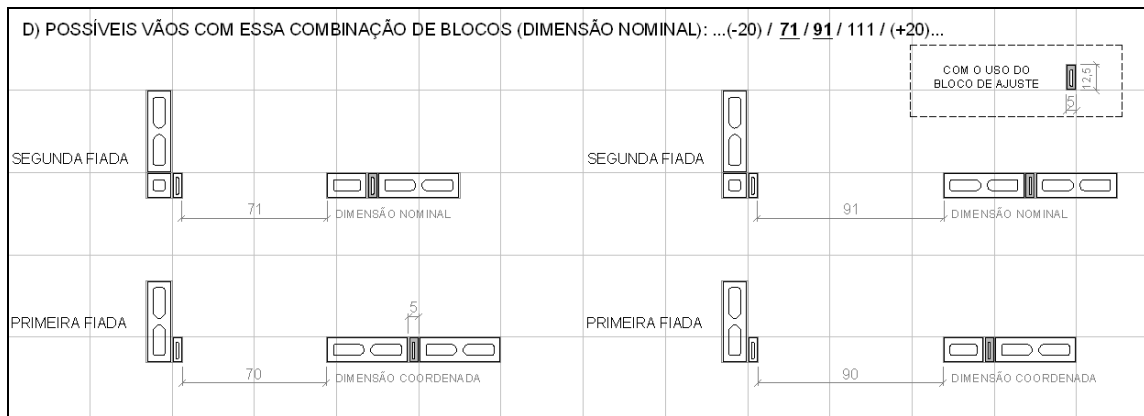
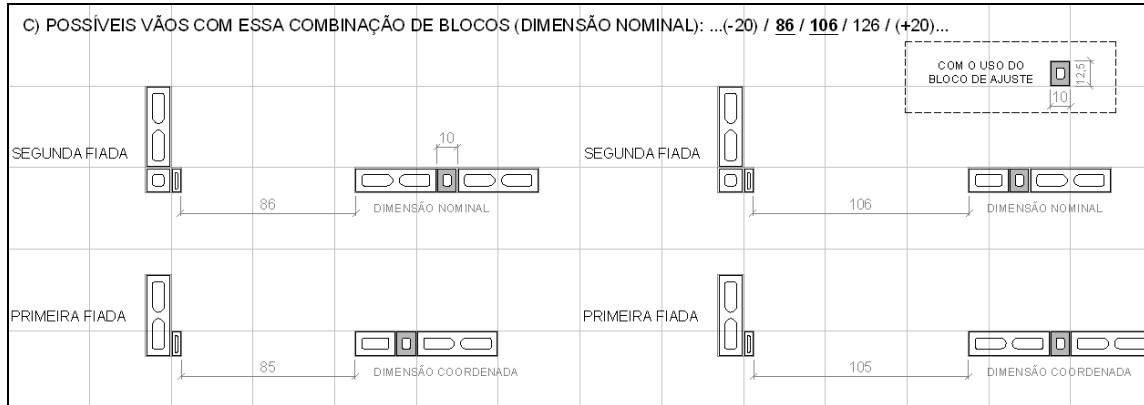


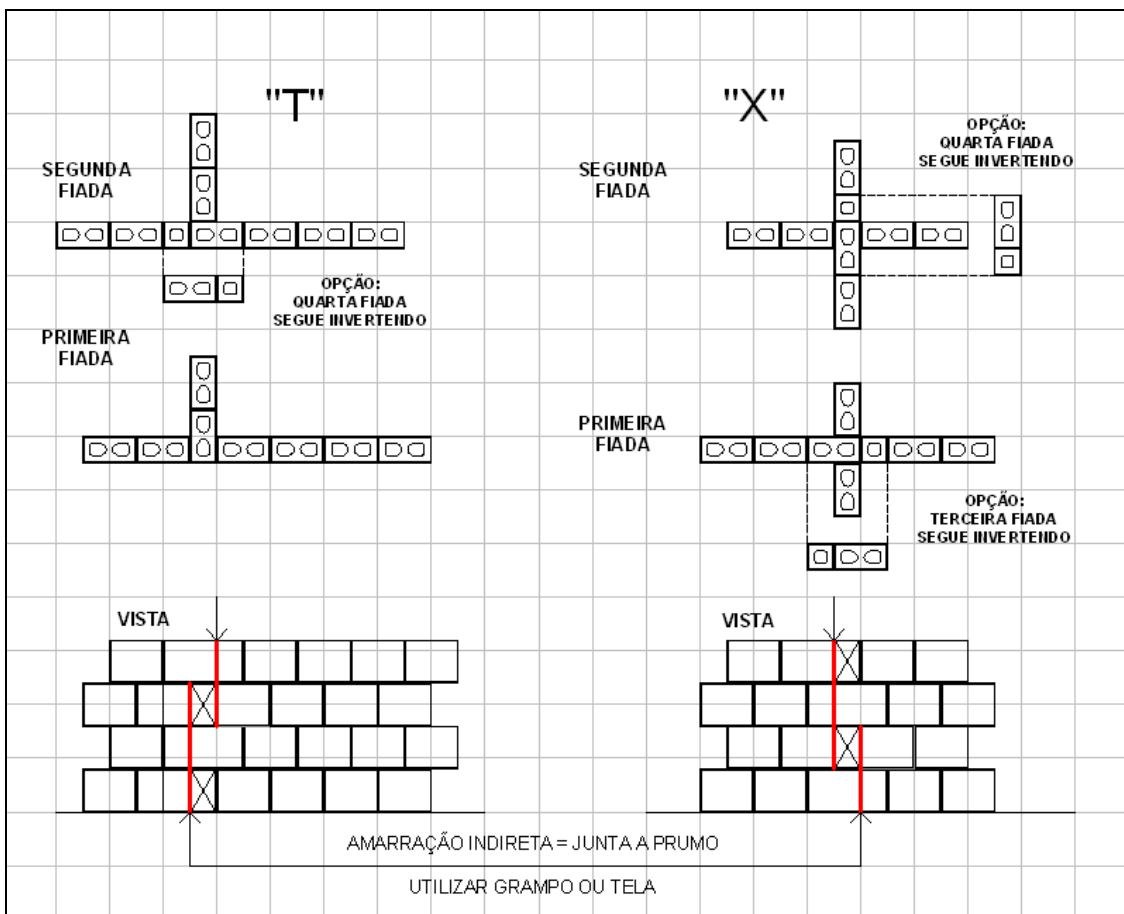
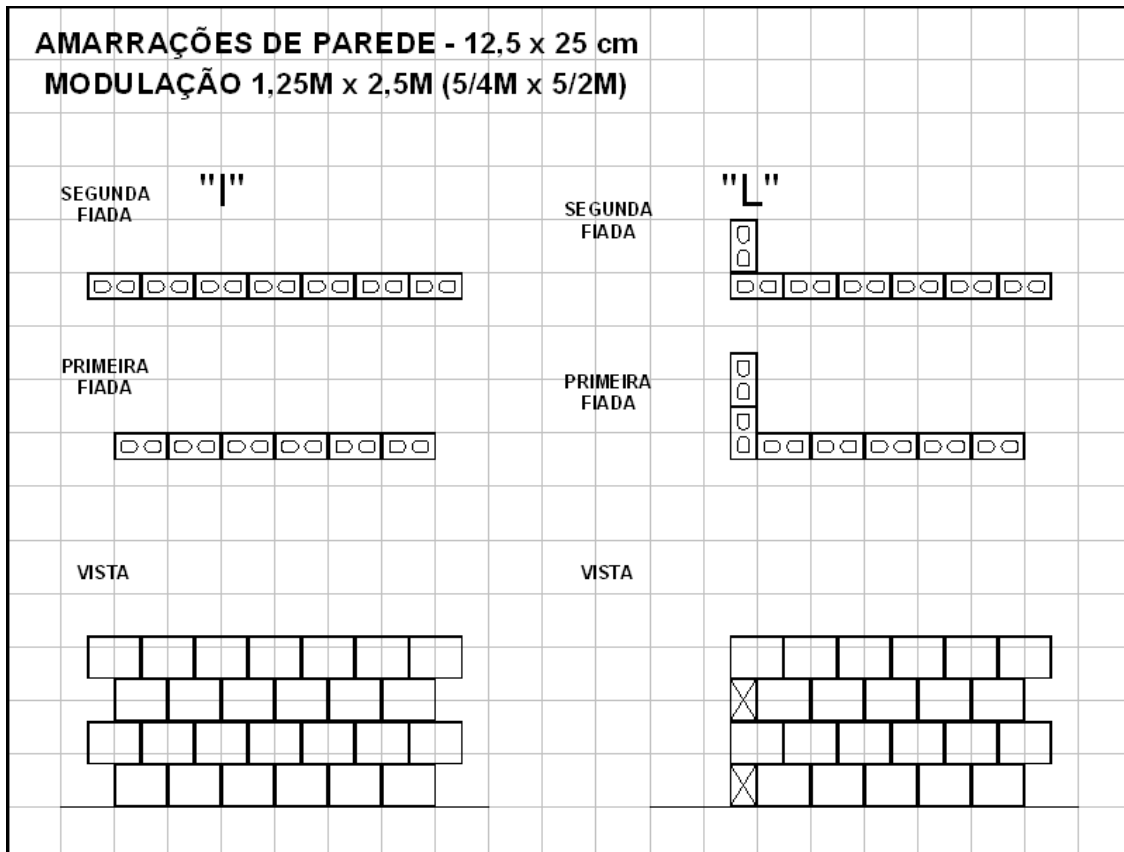


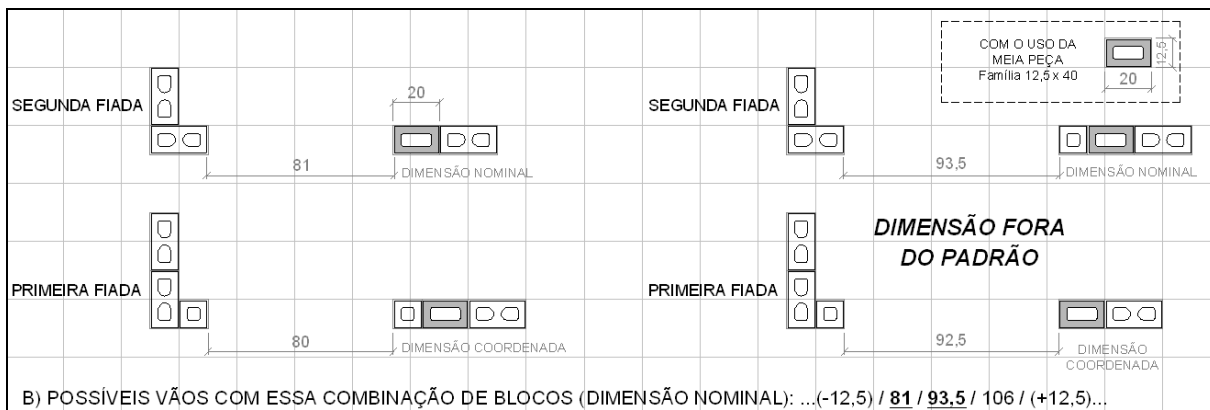
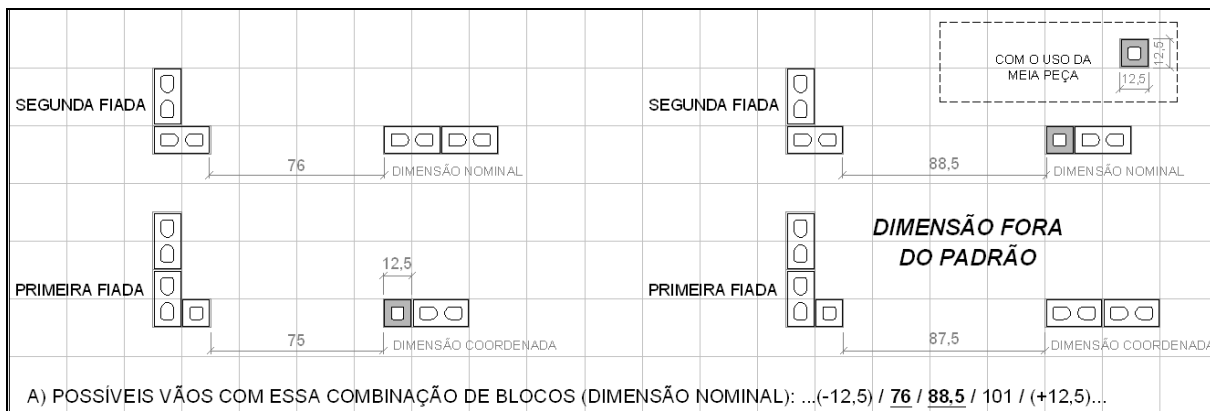
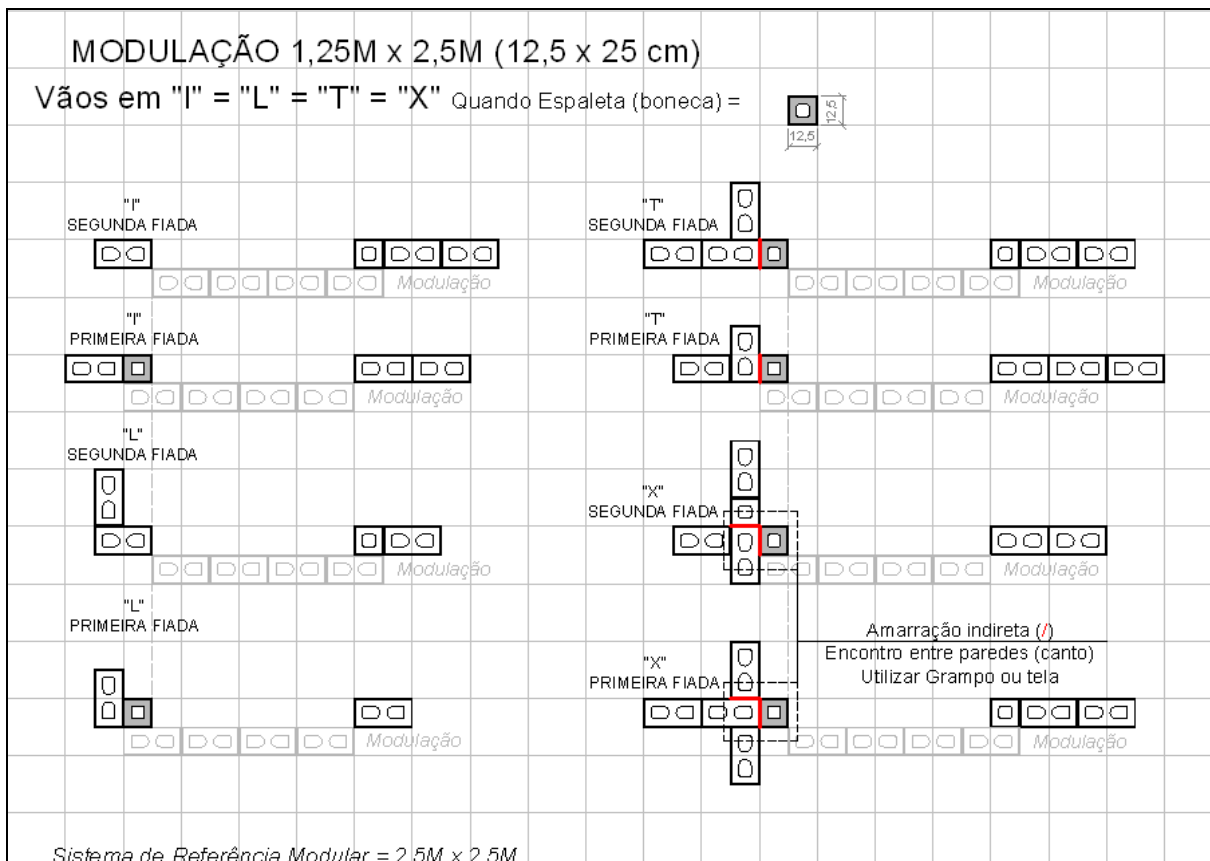


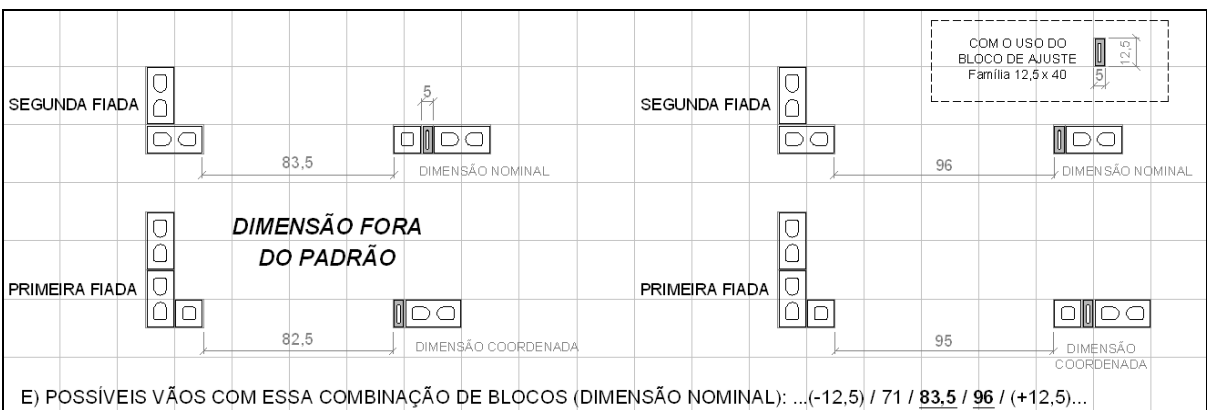
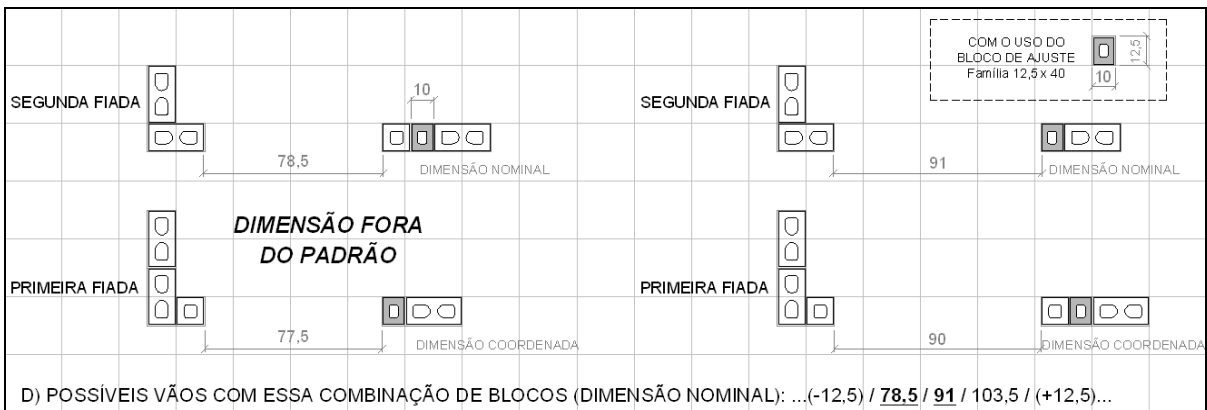
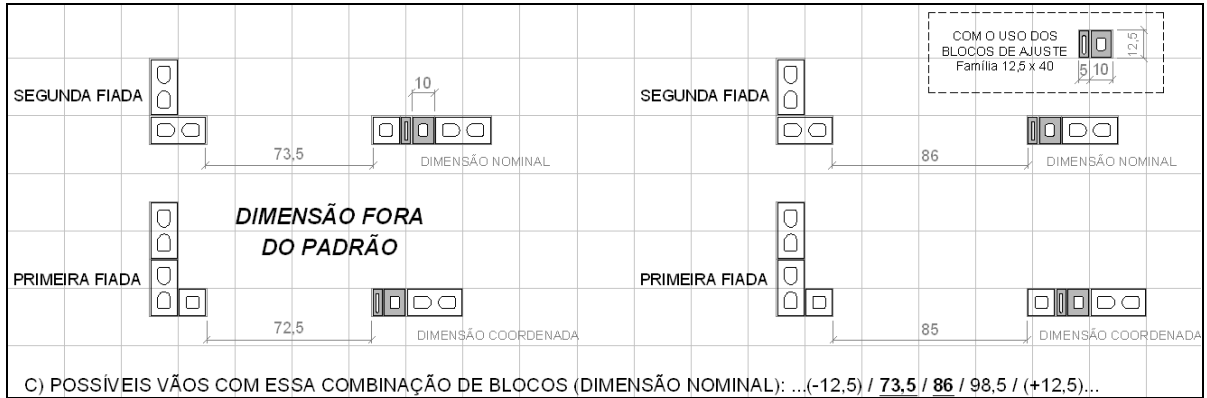


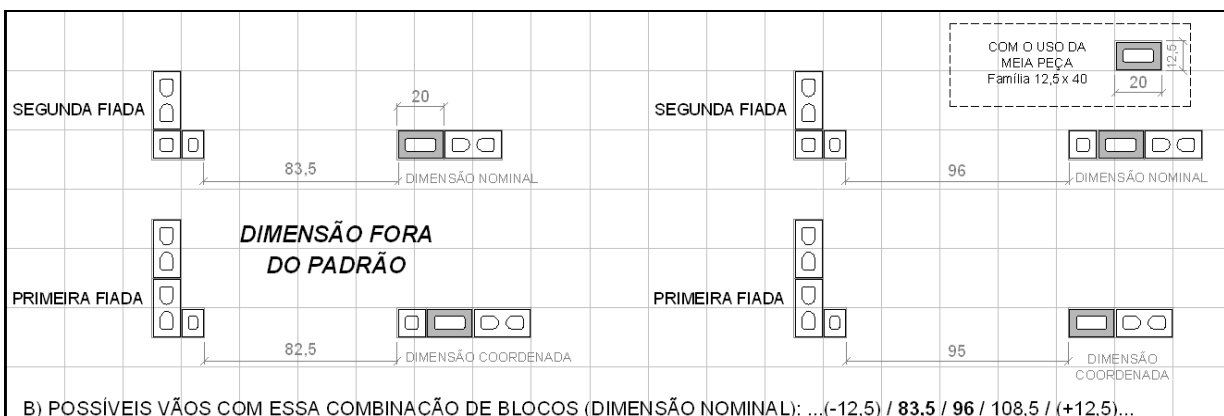
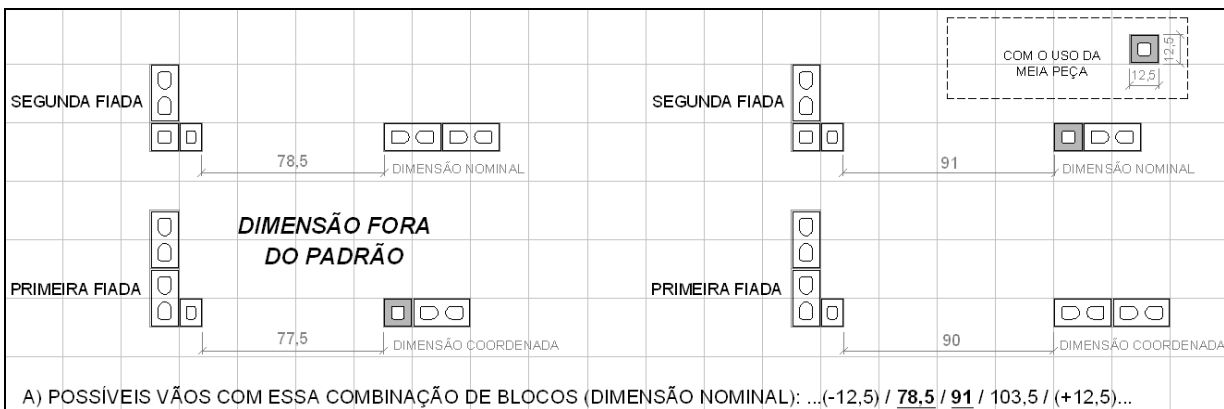
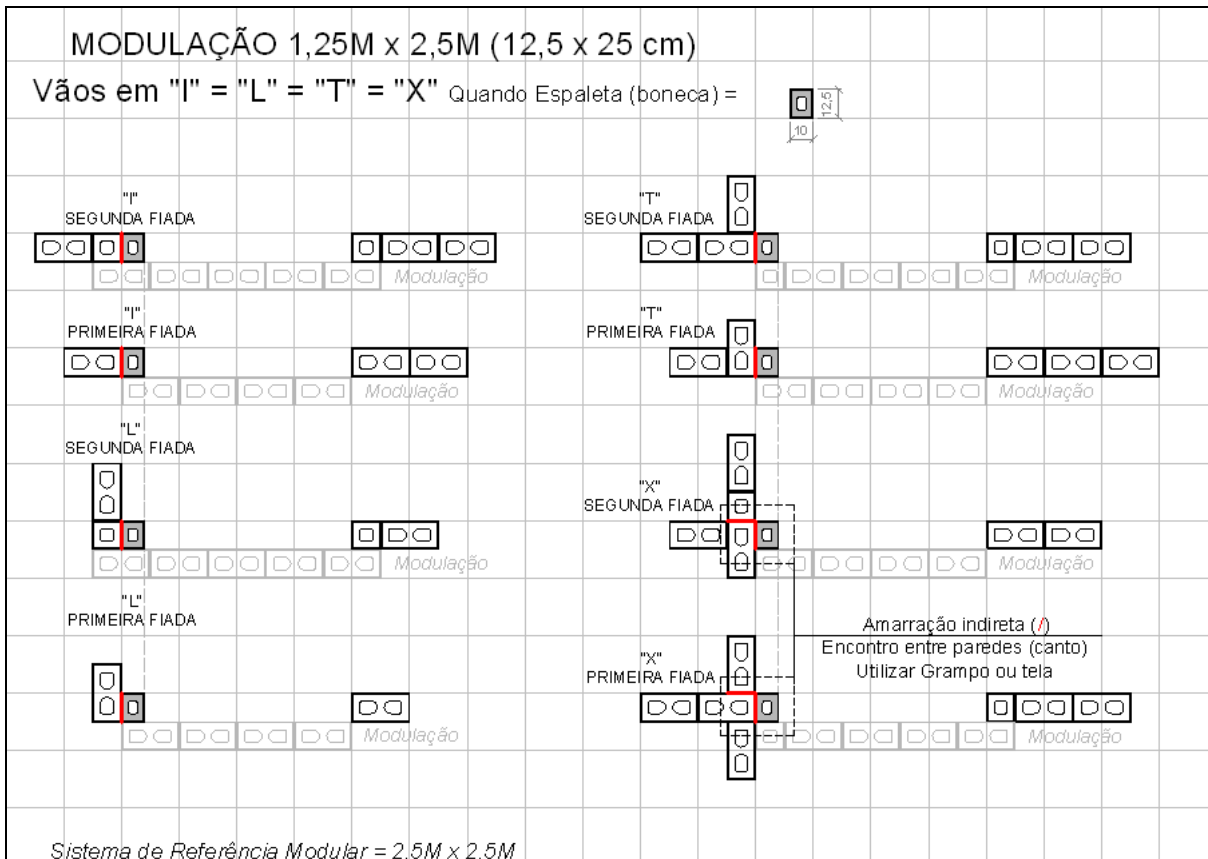


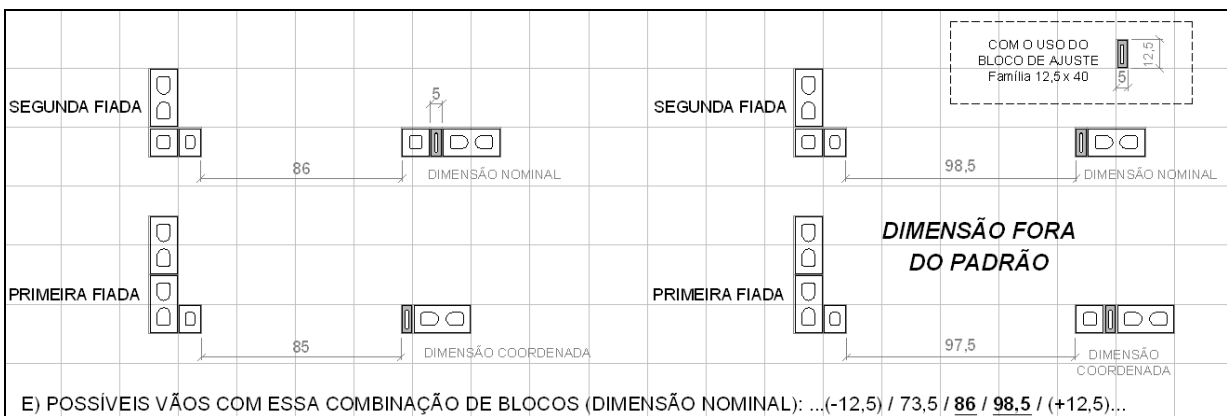
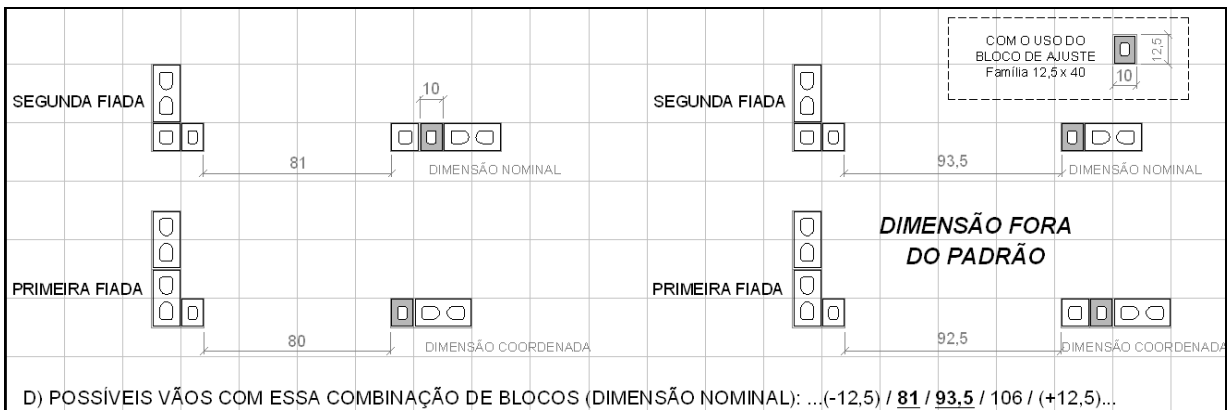
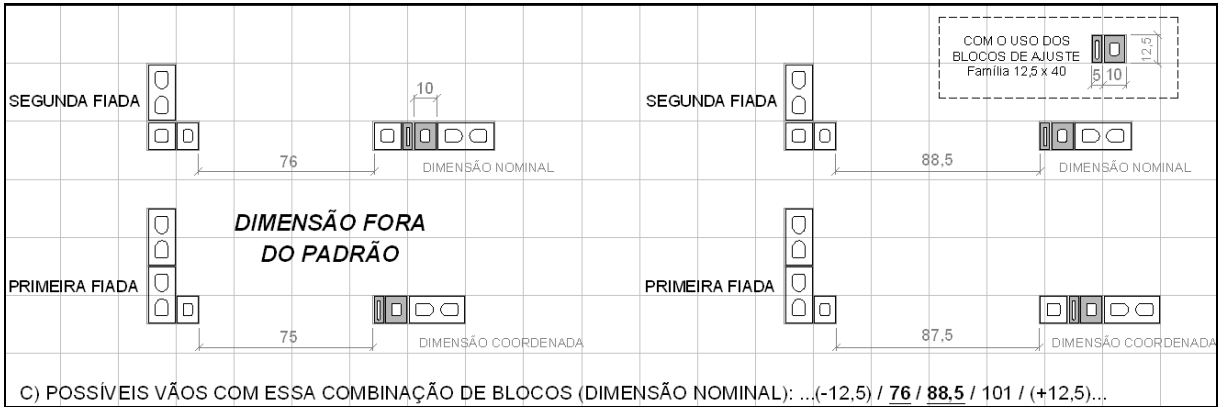


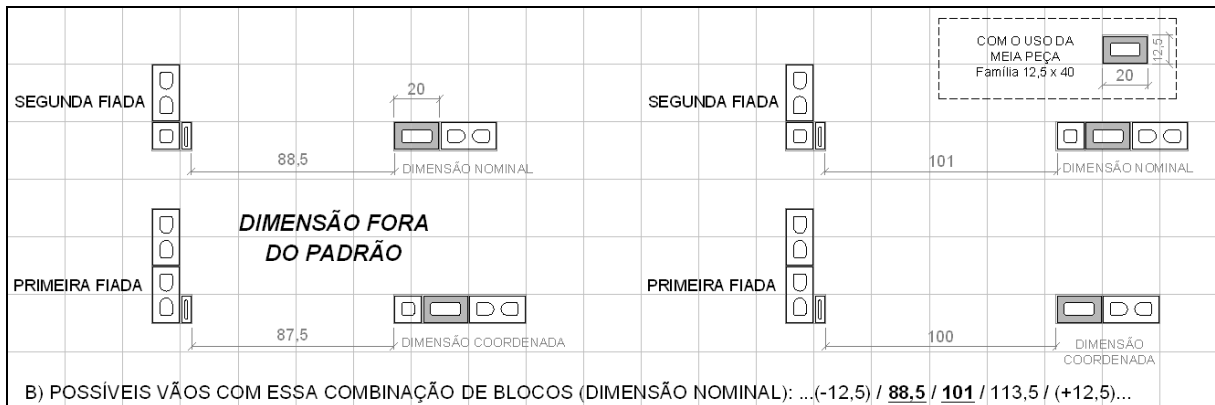
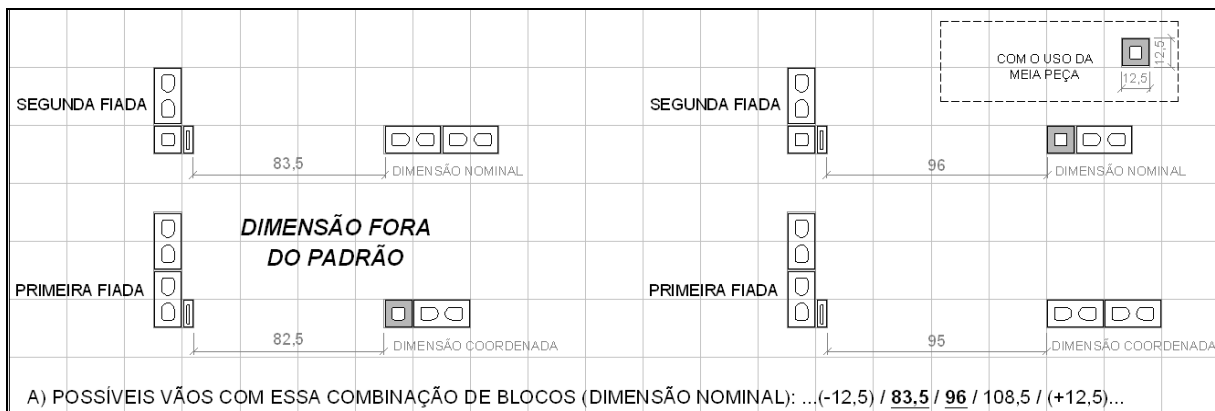
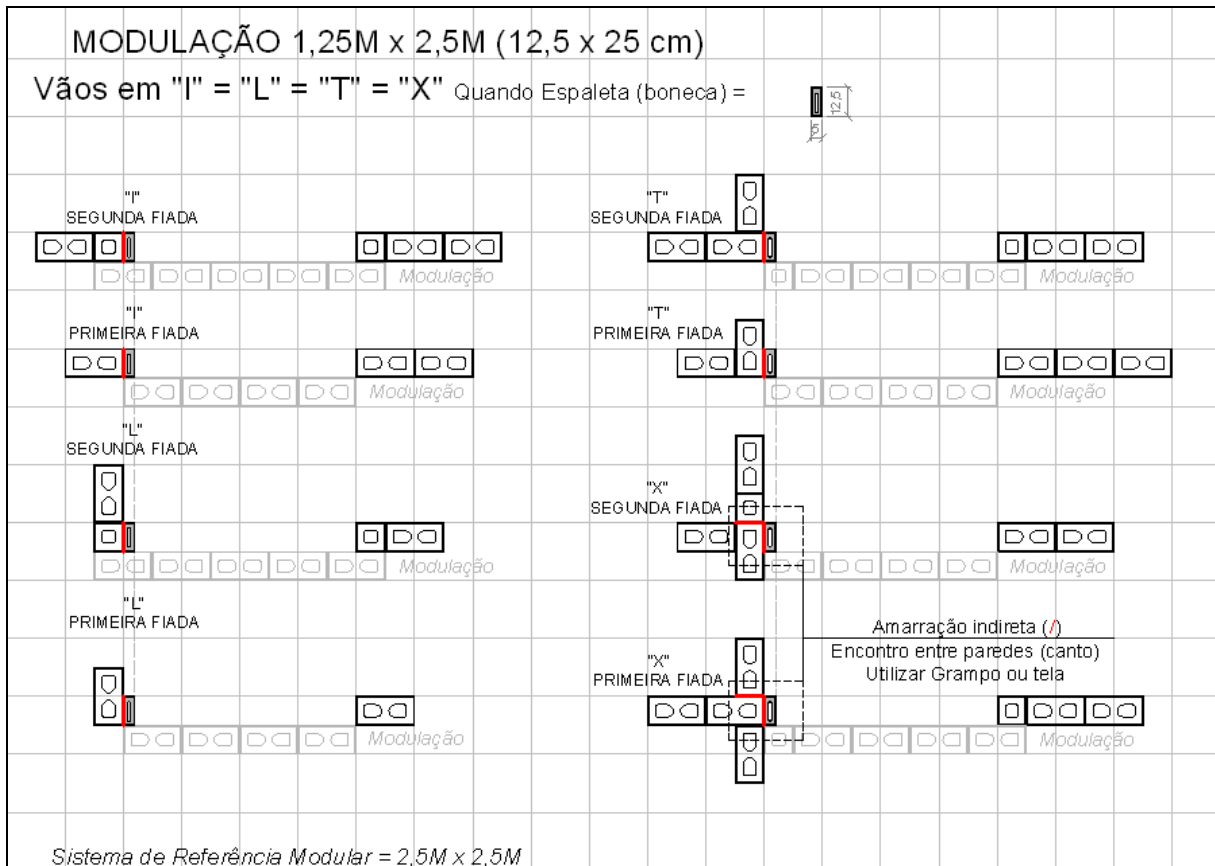


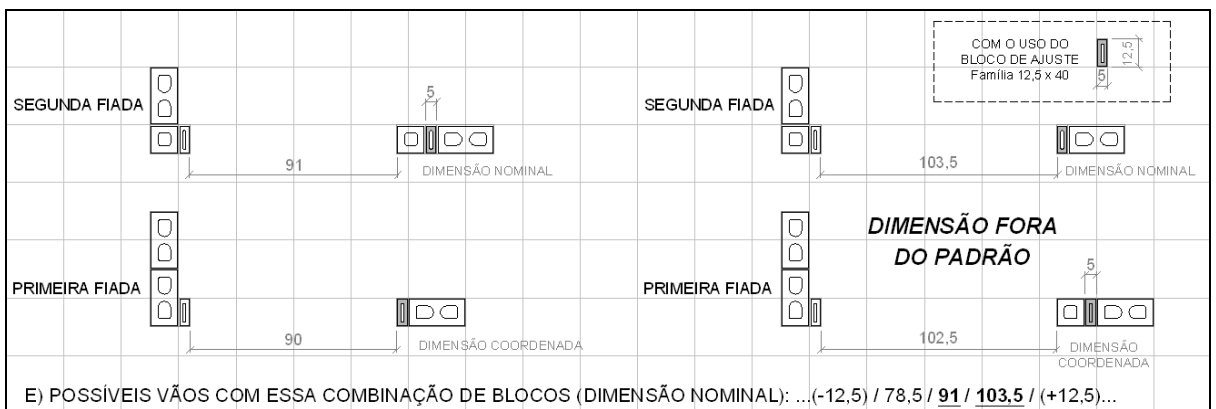
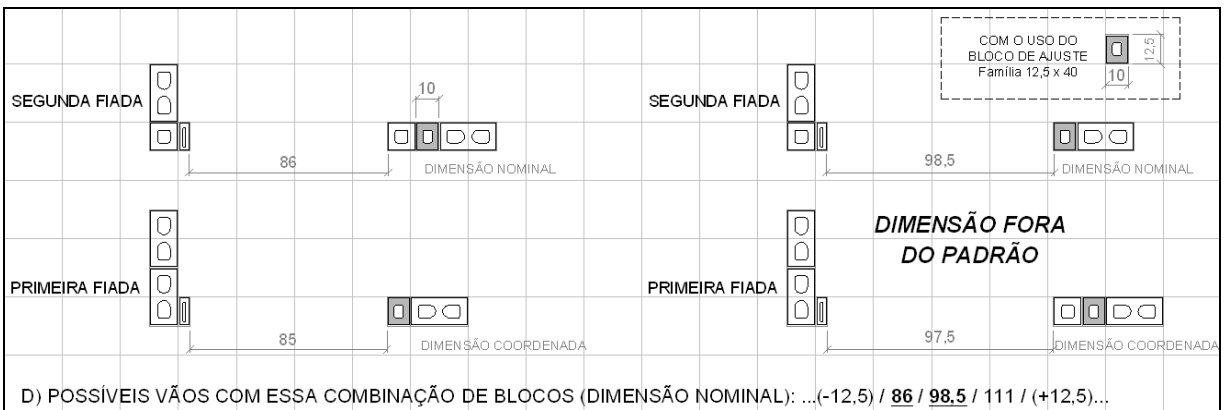
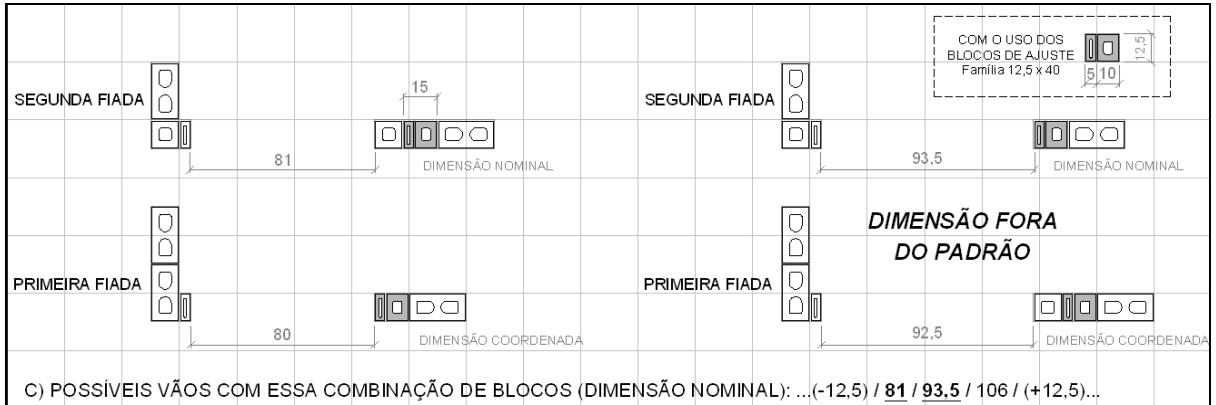


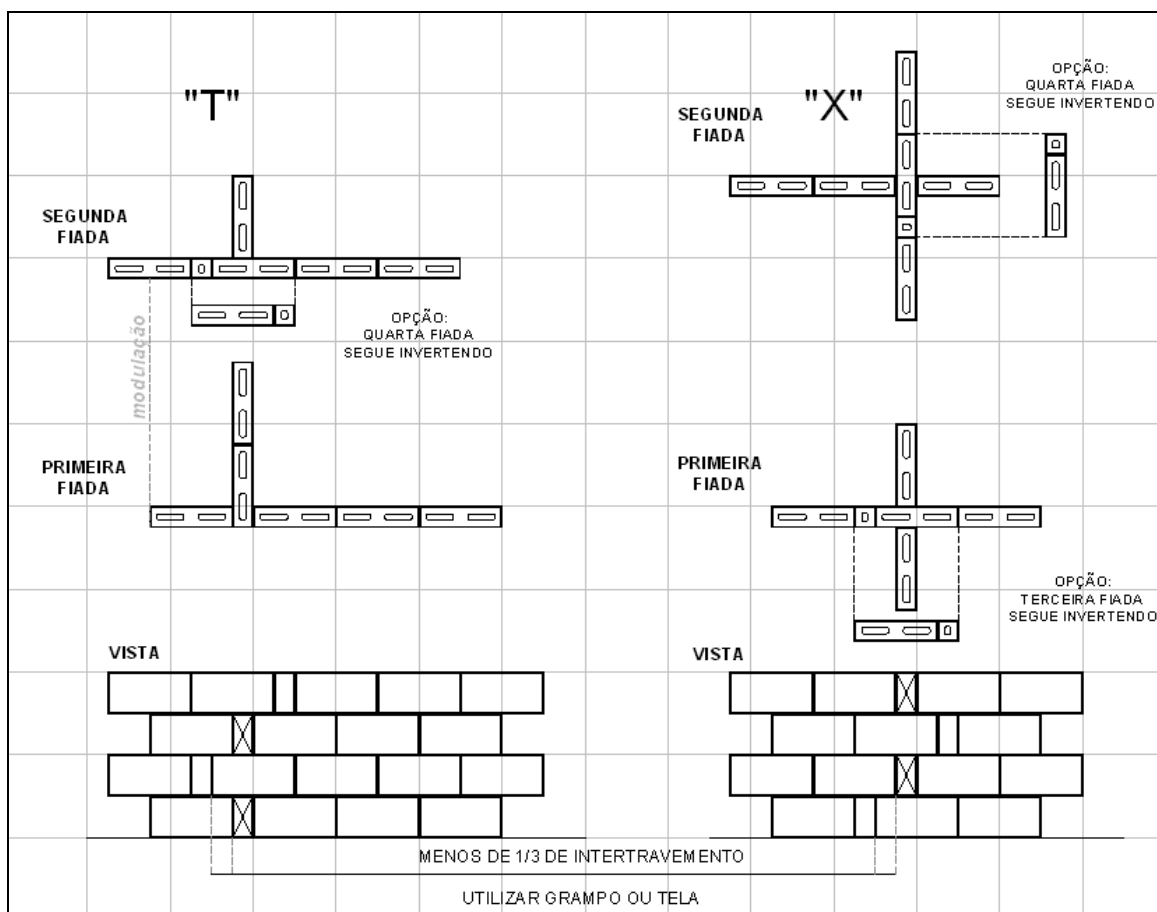
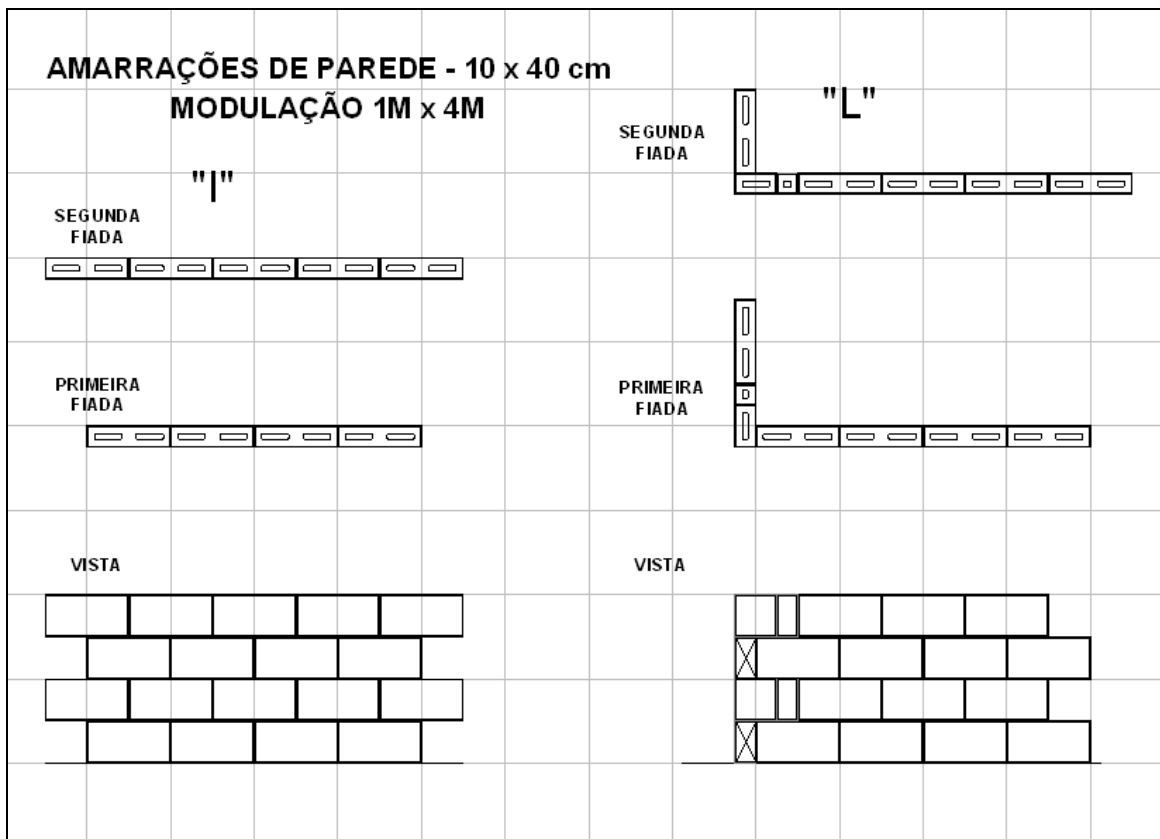


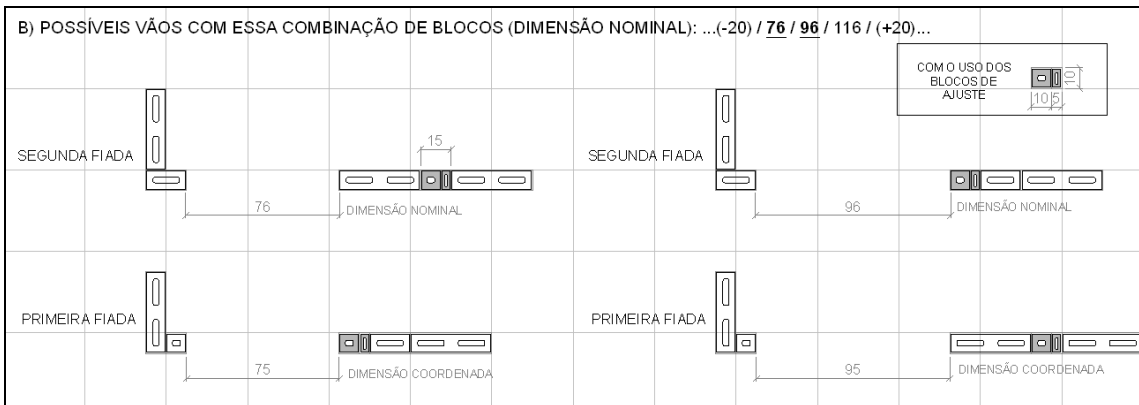
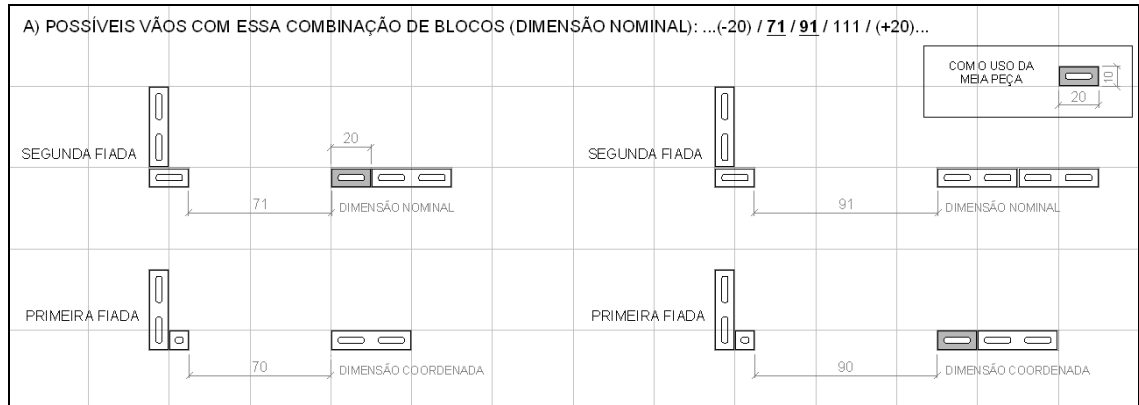
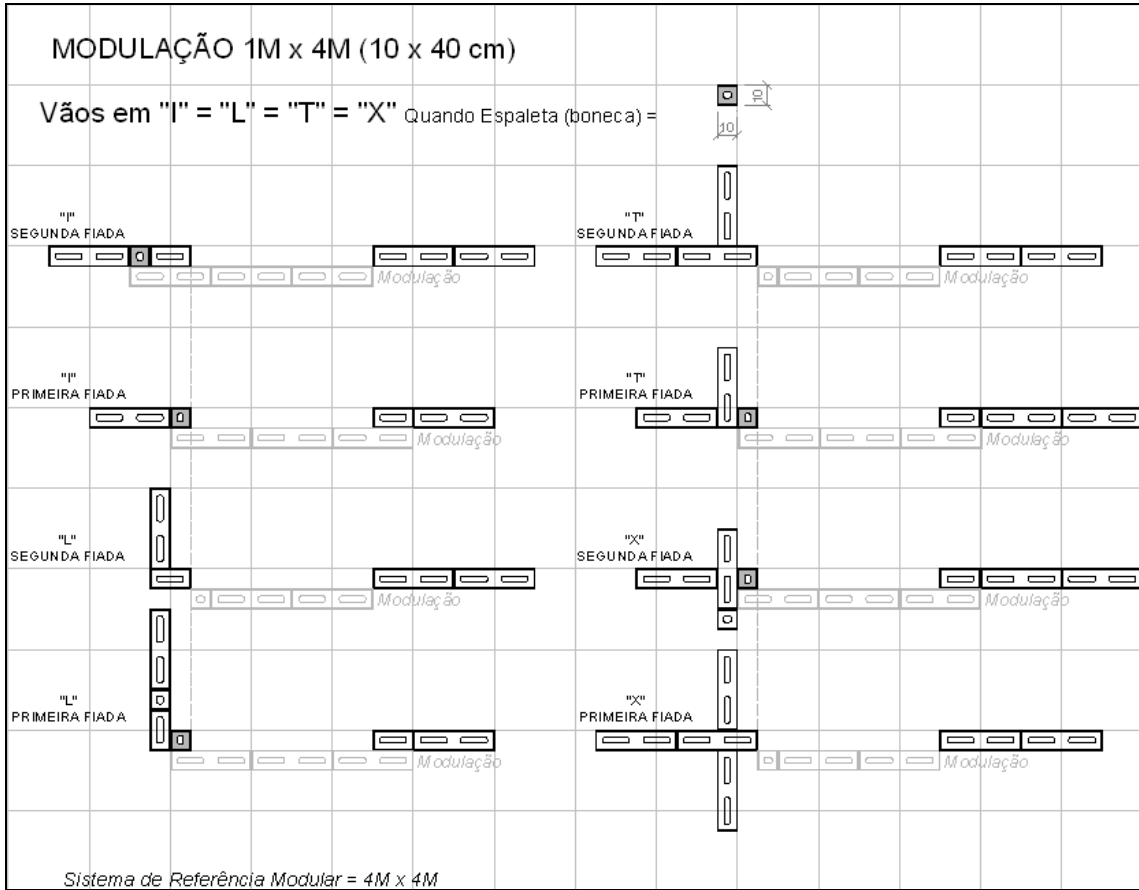


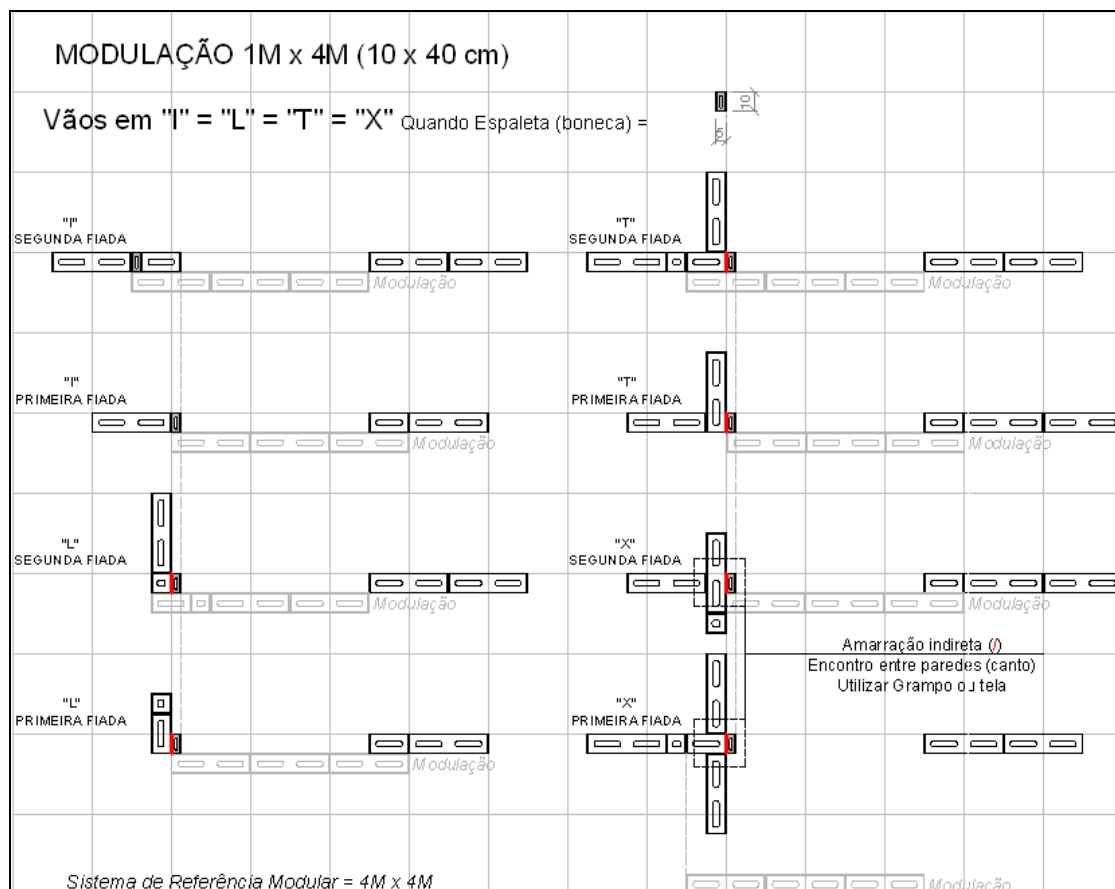
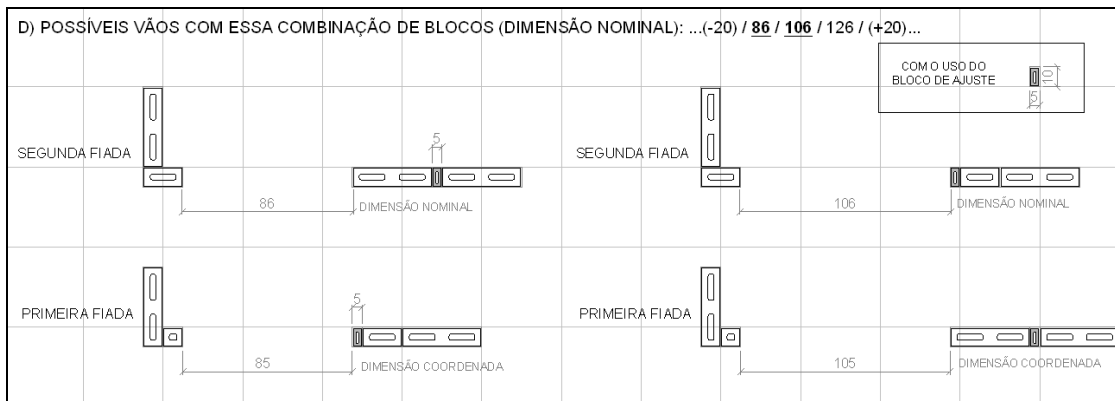
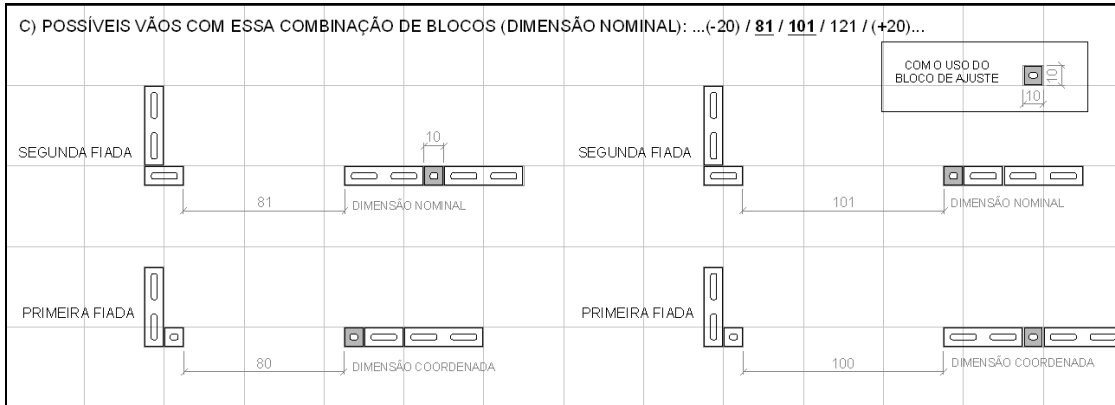


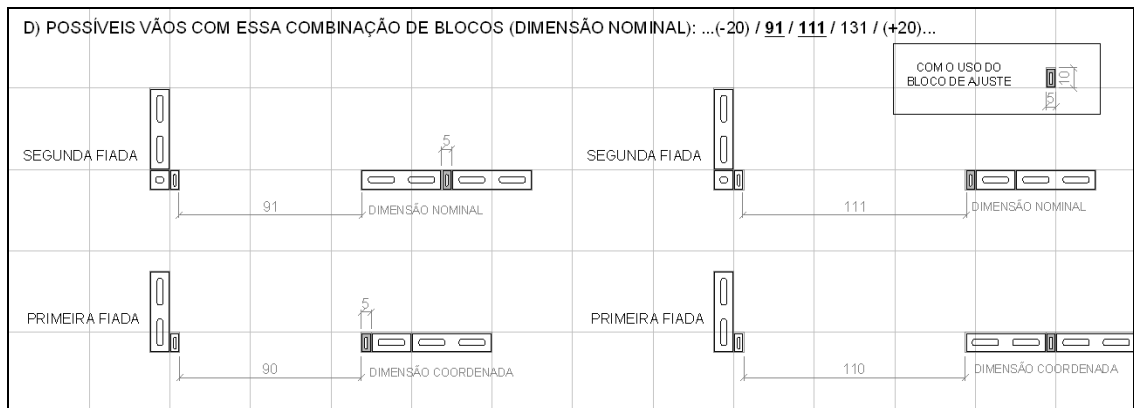
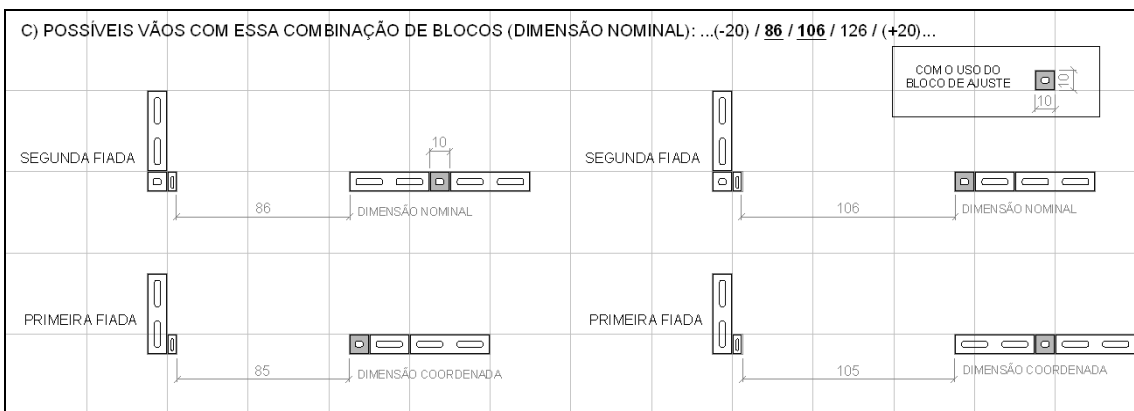
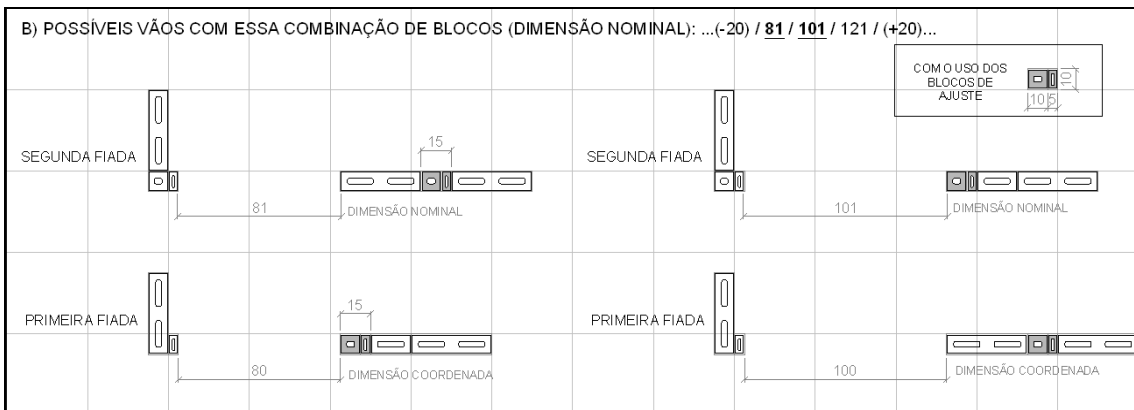
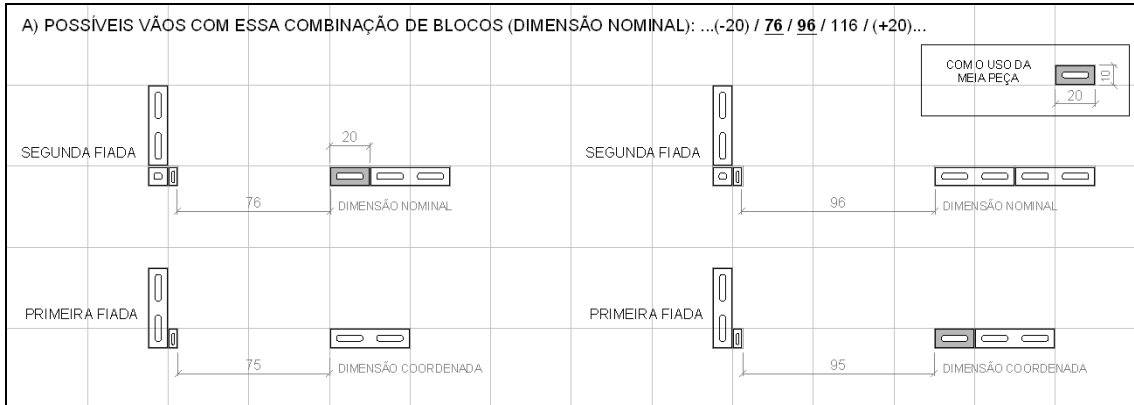


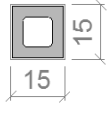
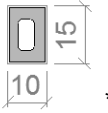
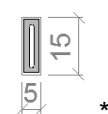





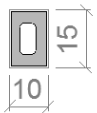
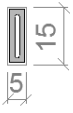


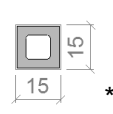






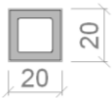
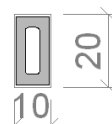
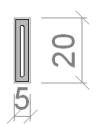
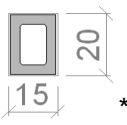
Vãos Nominais								
Modulação 1,5M x 3M (15 x 30 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-15)	76	91	106	121	(+15)
		B)	(-15)	81	96	111	126	(+15)
		C)	(-15)	86	101	116	131	(+15)
Caso 2 Espaleta (boneca)		A)	(-15)	81	96	111	126	(+15)
		B)	(-15)	86	101	116	131	(+15)
		C)	(-15)	91	106	121	126	(+15)
Caso 3 Espaleta (boneca)		A)	(-15)	71	86	101	116	(+15)
		B)	(-15)	76	91	106	121	(+15)
		C)	(-15)	81	96	111	126	(+15)
Vãos múltiplos de 5 cm								
Final 1 e 6								

Modulação 1,5M x 3M. Vãos nominais possíveis.
***Blocos pertencentes à família 15 x 40 cm**

Vãos Nominais								
Modulação 1,5M x 4M (15 x 40 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		B)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
		C)	(-20)	91	111	131	151	(+20)
		D)	(-20)	96	116	136	156	(+20)
Caso 2 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	71	91	111	131	(+20)
		B)	(-20)	76	96	116	136	(+20)
		C)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		D)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
Caso 3 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	76	96	116	136	(+20)
		B)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		C)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
		D)	(-20)	91	111	131	151	(+20)
Caso 3 Espaleta (boneca)	  	A)	(-20)	66	86	106	126	(+20)
		B)	(-20)	71	91	111	131	(+20)
		C)	(-20)	76	86	116	136	(+20)
		D)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
Vãos múltiplos de 5 cm								
Final 1 e 6								

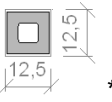
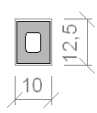
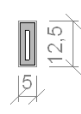
Modulação 1,5M x 4M. Vãos nominais possíveis.

***Blocos pertencentes à família 15 x 30 cm**

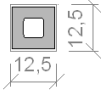
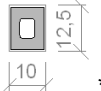
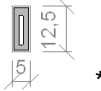
Vãos Nominais								
Modulação 2M x 4M (20 x 40 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		B)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
		C)	(-20)	91	111	131	151	(+20)
		D)	(-20)	96	116	136	156	(+20)
Caso 2 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	71	91	111	131	(+20)
		B)	(-20)	76	96	116	136	(+20)
		C)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		D)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
Caso 3 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	76	96	116	136	(+20)
		B)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		C)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
		D)	(-20)	91	111	131	151	(+20)
Caso 3 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	66	86	106	126	(+20)
		B)	(-20)	71	91	111	131	(+20)
		C)	(-20)	76	86	116	136	(+20)
		D)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
Vãos múltiplos de 5 cm								
Final 1 e 6								

Modulação 2M x 4M. Vãos nominais possíveis.

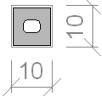
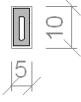
***Blocos pertencentes à família 15 x 40 cm**

Vãos Nominais								
Modulação 1,25M x 4M (12,5 x 40 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca) 	A)	(-20)	68,5	88,5	108,5	128,5	(+20)	
	B)	(-20)	73,5	93,5	113,5	133,5	(+20)	
	C)	(-20)	78,5	98,5	118,5	138,5	(+20)	
	D)	(-20)	83,5	103,5	123,5	143,5	(+20)	
Caso 2 Espaleta (boneca) 	A)	(-20)	71	91	111	131	(+20)	
	B)	(-20)	76	96	116	136	(+20)	
	C)	(-20)	81	101	121	141	(+20)	
	D)	(-20)	86	106	126	146	(+20)	
Caso 3 Espaleta (boneca) 	A)	(-20)	76	96	116	136	(+20)	
	B)	(-20)	81	101	121	141	(+20)	
	C)	(-20)	86	106	126	146	(+20)	
	D)	(-20)	91	111	131	151	(+20)	
Vãos múltiplos de 5 cm								
Finais 3,5 e 8,5 / 1 e 6								

Modulação 1,25M x 4M. Vãos nominais possíveis.
*Blocos pertencentes à família 12,5 x 25 cm

Vãos Nominais								
Modulação 1,25M x 2,5M (12,5 x 25 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-12,5)	76	88,5	101	113,5	(+12,5)
		B)	(-12,5)	81	93,5	106	118,5	(+12,5)
		C)	(-12,5)	86	98,5	111	123,5	(+12,5)
		D)	(-12,5)	91	103,5	116	128,5	(+12,5)
		E)	(-12,5)	96	108,5	121	133,5	(+12,5)
Caso 2 Espaleta (boneca)		A)	(-12,5)	78,5	91	103,5	116	(+12,5)
		B)	(-12,5)	83,5	96	108,5	121	(+12,5)
		C)	(-12,5)	88,5	101	113,5	126	(+12,5)
		D)	(-12,5)	93,5	106	118,5	131	(+12,5)
		E)	(-12,5)	98,5	111	123,5	136	(+12,5)
Caso 3 Espaleta (boneca)		A)	(-12,5)	83,5	96	108,5	121	(+12,5)
		B)	(-12,5)	88,5	101	113,5	126	(+12,5)
		C)	(-12,5)	93,5	106	118,5	131	(+12,5)
		D)	(-12,5)	98,5	111	123,5	136	(+12,5)
		E)	(-12,5)	103,5	116	128,5	141	(+12,5)
Vãos múltiplos de 5 cm								
Finais 3,5 e 8,5 / 1 e 6								

Modulação 1,25M x 2,5M. Vãos nominais possíveis.
*Blocos pertencentes à família 12,5 x 40 cm

Vãos Nominais								
Modulação 1M x 4M (10 x 40 cm)								
Caso 1 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	71	91	111	131	(+20)
		B)	(-20)	76	96	116	136	(+20)
		C)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		D)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
Caso 2 Espaleta (boneca)		A)	(-20)	76	96	116	136	(+20)
		B)	(-20)	81	101	121	141	(+20)
		C)	(-20)	86	106	126	146	(+20)
		D)	(-20)	91	111	131	151	(+20)
Vãos múltiplos de 5 cm								
Final 1 e 6								

Modulação 1M x 4M. Vãos nominais possíveis.