

**ESCOLA POLITÉCNICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

ANA PAULA SOARES

**A APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR PARA O
PROJETO DE VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Especialista - MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios.

**SÃO PAULO
2008**

**ESCOLA POLITÉCNICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

ANA PAULA SOARES

**A APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR PARA O
PROJETO DE VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Especialista - MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios.

Orientador:

Prof. Livre-Docente Silvio Burrattino
Melhado

SÃO PAULO

2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Soares, Ana Paula

A aplicação da coordenação modular para o projeto de vedações verticais em alvenaria / A.P. Soares. – São Paulo, 2008. 97 p.

Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Coordenação modular 2.Projeto de vedações 3.Alvenaria Modulada 4.Racionalização. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Dedico este trabalho a meus pais João e Clara, que de forma incansável e honesta, sempre lutaram para me proporcionar as condições de formação e as perspectivas profissionais que me permitiram chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Professor Dr. Silvio Burrattino Melhado, pela orientação, incentivo e paciência durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos coordenadores e professores Mércia Barros e Francisco Cardoso, pela força que sempre deram aos alunos durante todo o curso, e principalmente, pelo incansável e tão necessário incentivo neste último ano, determinante na forma como nós alunos concluímos este curso.

Aos professores que fizeram parte do corpo docente, pela generosidade e profissionalismo com que conduziram as aulas e atividades durante estes dois anos.

À arquiteta Renata Abrikian, pelos sábados ensolarados dedicados ao estudo da malha modular, às minhas queridas colegas de trabalho pela força constante, aos meus amigos e à minha família pela compreensão da ausência.

Em especial, agradeço à arquiteta Paula Vianna, pela forma vigorosa com que sempre incentivou a adoção da Coordenação Modular como norteadora dos projetos de edifícios e que, sempre tão presente e de forma tão generosa, cedeu material para os estudos e me passou força, coragem, entusiasmo e conhecimento práticos fundamentais para concluir este projeto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.3.1	Estrutura do método de pesquisa adotado no trabalho	03
Figura 2.2.1	Quadrícula modular e multimódulos	10
Figura 2.2.2	Princípios básicos de dimensionamento na coordenação modular	11
Figura 2.2.3	Exemplo de locação LATERAL na malha modular	12
Figura 2.2.4	Exemplo de locação SIMÉTRICA na malha modular	13
Figura 2.2.5	Exemplo de locação MISTA na malha modular	13
Figura 2.2.6	Locação de vigas e pilares na malha modular segundo Lucini	14
Figura 2.2.7	Esquemas verticais na aplicação da malha modular	15
Figura 2.2.8	Locação de caixilhos e portas na malha modular vertical	16
Figura 2.4.2.1	Exemplo de modulação vertical sob lajes e vigas de um PPVVA	22
Figura 2.4.2.2	Exemplo de modulação vertical de caixilhos de um PPVVA	22
Figura 2.4.2.3	Exemplo de planta de controle e verificação da estrutura de um PPVVA	23
Figura 2.4.2.4	Exemplo de planta de locação de pontos hidráulicos de um PPVVA	24
Figura 2.4.2.5	Exemplo de planta de locação de pontos elétricos de um PPVVA	25
Figura 2.4.2.6	Exemplo de planta de marcação de 1ª fiada de alvenaria de um PPVVA	26
Figura 2.4.2.7	Exemplo de planta de locação de telas de amarração de um PPVVA	27
Figura 2.4.2.8	Exemplo de detalhamento de telas de amarração de um PPVVA	28
Figura 2.4.2.9	Exemplo de elevação da alvenaria de um PPVVA	29
Figura 2.4.2.10	Exemplo de detalhamento das peças pré-moldadas de um PPVVA	30
Figura 2.4.2.11	Exemplo de detalhamento de vãos de portas de um PPVVA	30
Figura 2.4.2.12	Exemplo de padronização de alturas dos pontos elétricos de um PPVVA	31
Figura 2.4.2.13	Exemplo de quantificação de peças de um PPVVA	31
Figura 3.2.1	Planta original do apartamento - Estudo de Caso A	35
Figura 3.2.2	Planta coordenada modularmente do apartamento - Estudo de Caso A	36

Figura 3.2.3	Planta original do apartamento - Estudo de Caso B	37
Figura 3.2.4	Planta coordenada modularmente do apartamento - Estudo de Caso B	38
Figura 3.3.1	Parede com modulação considerada “Ideal”: trespases de 20cm	40
Figura 3.3.2	Enquadramento das alvenarias na malha: plano horizontal e plano vertical	42
Figura 3.3.3	Compensação de ½ módulo com o bloco compensador de 5cm (med. modular)	43
Figura 3.3.4	Compensação de 1 módulo com o bloco compensador de 10cm (med. modular)	43
Figura 3.3.5	Amarrações padrão de 9cm para “meio de parede”	44
Figura 3.3.6	Amarrações padrão de 9cm para “canto de parede”	45
Figura 3.3.7	Amarrações padrão de 9cm para “canto de parede”– estudo de dimensões	46
Figura 3.3.8	Amarrações padrão de 14cm para “meio de parede”	47
Figura 3.3.9	Amarrações padrão de 14cm para “canto de parede”	48
Figura 3.3.10	Amarrações padrão de 14cm para “canto de parede”– estudo de dimensões	49
Figura 3.3.11	Amarrações padrão de 19cm para “meio de parede”	50
Figura 3.3.12	Amarrações padrão de 19cm para “canto de parede”– estudo de dimensões	51
Figura 3.3.13	Amarrações padrão de 11.5cm para “meio de parede”	52
Figura 3.3.14	Amarrações padrão de 11.5cm para “canto de parede”– estudo de dimensões	53
Figura 3.3.15	Amarrações padrão de 9 cm para espaletas	54
Figura 3.3.16	Amarrações padrão de 14 cm para espaletas	54
Figura 3.3.17	Amarrações padrão de 19 cm para espaletas	55
Figura 3.3.18	Seqüência de assentamento da alvenaria – 1ª Fiada	56
Figura 3.3.19	Seqüência de assentamento da alvenaria – Extremidades	57
Figura 3.3.20	Seqüência de assentamento da alvenaria – 2ª Fiada	57
Figura 3.3.21	Seqüência de assentamento da alvenaria – Travamentos	58

Figura 3.3.22	Seqüência de assentamento da alvenaria – Detalhe Ampliado	58
Figura 3.3.23	Exemplos de “zonas críticas” encontradas no Estudo de Caso A	60
Figura 3.3.24	Exemplos de “zonas críticas” encontradas no Estudo de Caso B	61
Figura 3.3.25	Exemplo baixa racionalização quantitativa encontrada nos Estudos de Caso	64
Figura 3.3.26	Exemplo de impossibilidade de aplicação dos padrões de amarração	65
Figura 3.5.2.1	Exemplificação de locação de pré-moldados padronizados nos Estudos de Caso	73
Figura 3.5.4.1	Exemplo de eixo de chuveiro locado na malha modular	75
Figura 3.5.4.2	Exemplo de eixo de chuveiro locado em ½ módulo na malha modular	76
Figura 3.5.4.3	Exemplo de eixo de chuveiro locado em ½ módulo na malha modular	77
Figura 4.1.9.1	Exemplo de modulação vertical geralmente adotada para Piso a Piso=288cm	81
Figura 4.1.9.2	Exemplo de modulação vertical geralmente adotada para Piso a Piso=280cm	84
Figura 4.1.9.3	Exemplo de modulação vertical geralmente adotada para Piso a Piso=272cm	84
Figura 4.1.9.4	Exemplo de modulação vertical de caixilhos para Piso a Piso=288cm	85
Figura 4.1.9.5	Exemplo de modulação vertical de caixilhos para Piso a Piso=280cm	86
Figura 4.1.9.6	Exemplo de modulação vertical de caixilhos para Piso a Piso=272cm	86
Figura 4.2.1	Exemplo de incorporação do bloco de 29cm nos padrões de amarração	88
Figura 4.2.2	Exemplo de incorporação do bloco de 34cm nos padrões de amarração	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.2.1	Comparativo de áreas dos Estudos de Caso A e B	39
Tabela 3.3.1	Comparativo de quantidades de peças para o pavimento tipo – projeto original X projeto na malha modular com padrões de amarração	63
Tabela 3.4.1	Comparativo de quantidades de peças para o pavimento tipo – projeto original X malha racionalizada quantitativamente	67
Tabela 3.4.2	Comparativo de quantidades de peças para o pavimento tipo – malha racionalizada quantitativamente X padrões de amarração	68
Tabela 3.4.3	Comparativo de Áreas das peças de alvenaria para o pavimento tipo – malha racionalizada quantitativamente X padrões de amarração	69
Tabela 3.5.2.1	Exemplificação de padronização para pré-moldados dentro da malha modular	72
Tabela 3.5.3.1	Comparativo de quantidades de telas para o pavimento tipo – projeto original X projeto coordenado modularmente	74

RESUMO

Atualmente, dentro da construção civil de edifícios, é crescente a tentativa de desenvolvimento de projetos coordenados modularmente, com objetivos focados na redução de custos e aumento da produtividade. É, entretanto, notável a dificuldade encontrada em entender e organizar esse processo, bem como apresentar as vantagens e desvantagens da aplicação da coordenação modular aos envolvidos de forma a garantir que essa diretriz percore corretamente até o fim do processo.

Este trabalho tem como objetivo analisar as conseqüências práticas da coordenação modular nos processos de projeto e construtivo, tendo como foco e material de análise o projeto para produção de vedações verticais em alvenaria (PPVVA) para pavimentos tipo de edifícios multipavimento de caráter residencial, concebidos em estrutura reticulada de concreto armado e alvenarias de vedação¹.

O assunto se inicia com quatro rápidas sínteses que embasarão o trabalho: a relação entre a racionalização, a industrialização e a coordenação modular dentro do setor da construção civil atualmente; as diretrizes universais da coordenação modular; definição e importância das vedações verticais; e definição e exemplificação do PPVVA.

São então apresentados os estudos de caso, onde são analisados os PPVVA de dois empreendimentos residenciais da cidade de São Paulo. Para cada empreendimento é comparado o projeto para produção desenvolvido convencionalmente, com o projeto coordenado modularmente desenvolvido para os estudos.

A conclusão se dá a partir da análise qualitativa, quantitativa e processual dos projetos de vedação, objetos do estudo. As informações aqui apresentadas podem ser utilizadas por qualquer profissional envolvido na construção de edificações multipavimento, como base de dados e de informações técnicas na adoção da coordenação modular no processo de projeto.

Palavras Chave: Coordenação Modular / Projeto de Vedações / Alvenaria Modulada / Racionalização.

¹ Paredes de Vedação: paredes que não possuem função de estruturação do edifício ou pavimento. São dimensionadas apenas para suportar seu próprio peso e resistir às ações que atuam sobre elas.

ABSTRACT

Nowadays, within the building construction sector, there is an increasing attempt to develop modularly coordinated projects, with goals focused on cost reduction and productivity increase. However, it is remarkable how difficult it is to understand and organize this process, as well as to present the advantages and disadvantages of the application of modular coordination to the players involved in a way to guarantee that this guideline correctly endures throughout the end of the process.

The aim of this work is to analyze the practical consequences of modular coordination in the design and constructive processes, having as focus and material for analysis the plans of design for production of masonry walls (DPMW) for type floor of residential multi-storey buildings, constituted by a reinforced an reticular concrete structure and masonry partition and facade walls².

The subject starts with four brief summaries on which the paper will be based on: the connection between rationalization, industrialization, and modular coordination within the building construction sector nowadays; the universal guidelines for modular coordination; the definition and importance of masonry walls; and definition and exemplification of DPMW.

Afterward the cases are presented, where the DPMW of two residential projects in São Paulo city are analyzed. For each enterprise, the design conventionally developed is compared with the modularly coordinated design developed for the research.

The conclusion is based on the qualitative, quantitative, and process analysis of the masonry design plans, objects of the research. The information presented here may be used by any professional involved in the construction of multi-storey buildings, as a data and technical information basis in the adoption of modular coordination for the design process.

Key Words: Modular Coordination / Design for Production / Partition walls / Masonry / Rationalization

² Masonry Partition Walls: masonry walls which do not have a structural function on the building or floor. They are dimensioned only to bear their own weight and resist the actions that perform on them.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. JUSTIFICATIVA	01
1.2. OBJETIVO	02
1.3. MÉTODO DE PESQUISA	02
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	04
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	05
2.1. A RACIONALIZAÇÃO, A INDUSTRIALIZAÇÃO E COORDENAÇÃO MODULAR NA CONSTRUÇÃO	05
2.2. OS PRINCÍPIOS BÁSICOS DA COORDENAÇÃO MODULAR	09
2.3. A IMPORTÂNCIA DAS VEDAÇÕES VERTICAIS NA EDIFICAÇÃO	17
2.4. O PROJETO PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA (PPVVA)	20
2.4.1. A IMPORTÂNCIA DO PROJETO PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES	20
2.4.2. PRINCIPAIS PRODUTOS DO PPVVA OFERECIDOS ATUALMENTE	22
2.4.3. PRINCIPAIS DIFICULDADES PRÁTICAS NO DESENVOLVIMENTO DO PPVVA	32
3. ESTUDOS COMPARATIVOS	34
3.1. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS PROJETOS	34
3.2. O ENQUADRAMENTO DOS PROJETOS NA MALHA MODULAR	35
3.3. DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS DOS PPVVA COORDENADOS MODULARMENTE COM PADRÕES DE AMARRAÇÃO	40
3.4. DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS DOS PPVVA COORDENADOS MODULARMENTE BUSCANDO MAIOR RACIONALIDADE QUANTITATIVA	65
3.5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	70
3.5.1. A MODULAÇÃO DA ALVENARIA	70

3.5.2	AS PEÇAS PRÉ- MOLDADAS	71
3.5.3	AS TELAS METÁLICAS	74
3.5.4	A LOCAÇÃO DAS INSTALAÇÕES	74
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
4.1.	CONSIDERAÇÕES PARA PREMISSAS APLICÁVEIS	78
4.1.1.	UTILIZAÇÃO DOS SUBMÓDULOS DA MALHA UNIVERSAL e PAREDES DE 11.5cm	78
4.1.2.	LOCAÇÃO DAS PAREDES DE 14 cm	79
4.1.3.	LOCAÇÃO DAS PAREDES DE 09 cm E 19 cm	79
4.1.4.	ADOÇÃO DA ZONA NEUTRA	80
4.1.5.	LOCAÇÃO DE SHAFTS	80
4.1.6.	EIXO DE SIMETRIA E DIVISAS DE UNIDADES	80
4.1.7.	LOCAÇÃO DA ESTRUTURA	80
4.1.8.	VÃOS DE PORTAS E CAIXILHOS	81
4.1.9.	MODULAÇÃO VERTICAL: ESTRUTURA x ALVENARIA x DIMENSIONAMENTO DE CAIXILHOS E PORTAS	82
4.2.	PROPOSTAS PARA PEÇAS DE ALVENARIA	88
4.3.	ANÁLISE FINAL	90
ANEXOS		EM MÍDIA DIGITAL - CD
ANEXO A: ESTUDO DE CASO A		
	PASTA_A.1: PPVVA ORIGINAL (CONVENCIONAL)	
	PASTA_A.2: PPVVA COORDENADO MODULARMENTE–PADRÕES DE AMARRAÇÃO	
	PASTA_A.3: PPVVA COORDENADO MODULARMENTE–RACIONALIZAÇÃO QUANTITATIVA	
ANEXO B: ESTUDO DE CASO B		
	PASTA_B.1: PPVVA ORIGINAL (CONVENCIONAL)	
	PASTA_B.2: PPVVA COORDENADO MODULARMENTE–PADRÕES DE AMARRAÇÃO	
	PASTA_B.3: PPVVA COORDENADO MODULARMENTE–RACIONALIZAÇÃO QUANTITATIVA	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		94
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA		96

1. INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA

Apesar de todos os esforços e estudos na direção da industrialização da construção civil, ainda nos deparamos com um processo bastante artesanal, e muitas vezes precário de construir. Ainda são predominantes as formas mais convencionais¹, ou tradicionais, de construção, com baixa mecanização, mão de obra desqualificada, baixos índices de produtividade, altos índices de desperdício, e uma capacidade de produção muito limitada. O máximo que se obteve até então foram baixos índices de racionalização quando considerada a cidade de São Paulo.

Nossa capacidade de produção não consegue acompanhar os níveis crescentes de produtividade das indústrias, aliás, estamos ainda bem longe disso. Sequer conseguiu-se até então implementar processos simples em projeto que viabilizem a evolução futura da construção para uma “linha de montagem”.

É preciso evoluir do quadro artesanal para o amplamente racionalizado, para possibilitar a entrada nos níveis de industrialização desejados. A coordenação modular é um requisito indubitável para essa evolução, pois possibilita utilização de componentes padronizados e coordenados dimensionalmente, evitando ao máximo cortes, ajustes ou desperdícios de componentes e recursos.

Atualmente, dentro da construção civil de edifícios multipavimento, principalmente de caráter residencial, é tímida, mas existente, a tentativa de desenvolvimento de projetos coordenados modularmente, com objetivos focados principalmente na redução de custos e no aumento da produtividade. Ainda são experiências embrionárias, e é grande a dificuldade encontrada pelos gerenciadores dos processos de projeto em entender e organizar esse processo, bem como apresentar as premissas técnicas, as vantagens e as desvantagens da aplicação da coordenação modular a projetistas, construtoras e investidores de forma a garantir que essa diretriz perdure corretamente até o fim do processo de projeto, e garanta seus resultados dentro processo construtivo.

¹ Entende-se por “processo convencional” de construção o processo onde os elementos do edifício são produzidos no próprio canteiro, no local definitivo, através da reunião de materiais básicos e componentes fornecidos pela indústria, conforme denominação dada pelo IPT(1988).

Especificamente tratando-se do subsistema vedações verticais em alvenaria na cidade de São Paulo, nota-se uma incoerência intrigante: o mercado já oferece uma boa diversidade componentes modulares e já se trabalha com projetos de modulação horizontal e vertical, mas ainda se conserva um processo absolutamente artesanal de concepção e execução das paredes, onde a repetição é praticamente inexistente e portanto totalmente desconsiderada.

1.2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivos:

- Comparar o processo atual de projeto da modulação (para os projetos não coordenados modularmente) com o processo diferenciado permitido pelo projeto coordenado modularmente, analisando possibilidades de padronização e velocidade na execução;
- Comparar o comportamento das vedações verticais em alvenaria para projetos não coordenados modularmente e para os mesmos quando coordenados, analisando os resultados quanto à qualidade da modulação e soluções de alvenaria, padronização dessas soluções, facilidade de execução de projeto e obra, e diferenças quantitativas em número de peças de alvenaria assentadas.
- Verificar a aplicabilidade de soluções padrão de intertravamento na modulação da alvenaria nos projetos coordenados modularmente e apontar as conseqüências da sua adoção.
- Comentar a aplicação das premissas teóricas da coordenação modular propostas nos trabalhos e publicações anteriores, utilizadas como referência para este estudo, mediante a utilização das mesmas no desenvolvimento dos estudos de caso.

1.3. MÉTODO DE PESQUISA

Observando os questionamentos e problemas encontrados profissionalmente na execução dos projetos de vedações pela autora, foi definido o objeto de estudo deste trabalho. Em seguida foi feito um levantamento da bibliografia disponível sobre esse assunto. Uma breve e objetiva revisão bibliográfica pôde dar embasamento às análises dos estudos propostos. Foram escolhidos dois projetos de edifícios residenciais executados por diferentes construtoras da cidade de São Paulo, com características e tecnologias construtivas semelhantes e que já possuíam projetos de vedações em alvenaria entregues para a execução não coordenados

modularmente. Foi proposto então, para cada um deles, um novo projeto de geometria para Arquitetura e para Estrutura, totalmente coordenados modularmente, e dois novos projetos de vedações foram simulados: um deles fazendo uso de estudos de soluções padrão para a modulação da alvenaria, e outro descartando essas soluções padrão no seu desenvolvimento. A partir desse material foi feita uma análise qualitativa e quantitativa dos projetos apresentados para posterior conclusão do trabalho. A Figura 1.3.1 ilustra a seqüência de ações adotadas para atingir o objetivo deste estudo.

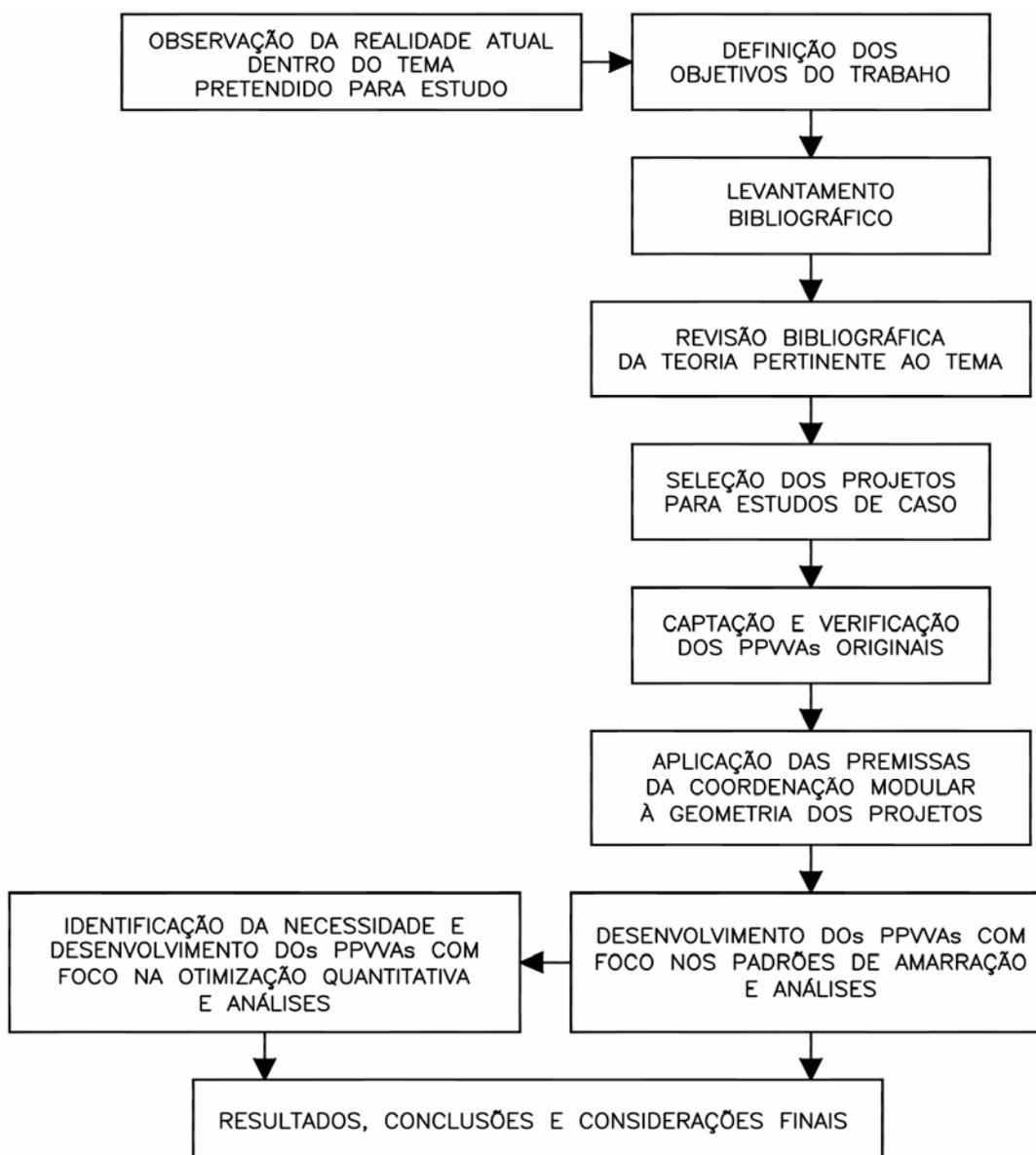


Figura 1.3.1 – Estrutura do método de pesquisa adotado no trabalho

1.4. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Esta monografia foi desenvolvida em quatro capítulos, incluindo este primeiro relativo à introdução, onde foram apresentados a justificativa para a escolha do tema, os objetivos pretendidos com o estudo e a metodologia adotada para tal.

O segundo capítulo foi desenvolvido a partir da revisão bibliográfica, e apresenta todas as considerações que embasarão o desenvolvimento dos estudos de caso e a análise dos resultados do trabalho. O objetivo principal deste capítulo é caracterizar o ambiente da construção civil atual, ressaltando a importância da intersecção entre a coordenação modular, a racionalização / industrialização de processos construtivos e o projeto para produção de vedações verticais de alvenaria, focando o processo evolutivo necessário do setor.

No terceiro capítulo foram colocados os critérios utilizados para a seleção dos projetos, e é descrito todo o desenvolvimento dos estudos de caso, analisando e interpretando os resultados parciais obtidos com os mesmos.

O quarto capítulo traz uma análise global dos resultados obtidos com o trabalho, e ressalta a necessidade de inclusão da coordenação modular nos processos de projeto atuais, como fator determinante para a evolução do setor da construção. São apresentadas considerações finais obtidas a partir do desenvolvimento dos estudos de caso, tais como: comentários a respeito de algumas premissas da coordenação modular, interface do projeto de vedações coordenado modularmente com os demais projetos de instalações, e propostas para inclusão de novas peças de alvenaria no mercado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A RACIONALIZAÇÃO, A INDUSTRIALIZAÇÃO E A COORDENAÇÃO MODULAR NA CONSTRUÇÃO

“Não existe alternativa: a construção de edificações necessita assumir a sua identidade de indústria e trilhar o mesmo caminho das suas congêneres de outros setores produtivos”. (SABBATINI, 2000)².

O conceito de racionalização da construção não é recente, e há décadas vem sendo conceituado e interpretado por diversos autores e estudiosos dos processos de construção de todo o mundo.

Segundo Rosso (1980), “a racionalização é o processo mental que governa a ação contra os desperdícios temporais e materiais dos processos construtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resolutivo, isento de influxo emocional; é um conjunto de ações reformadoras que se propõe substituir as práticas rotineiras convencionais, visando eliminar a casualidade nas decisões”, e precisa ser aplicado no âmbito do produto e do processo.

A partir desse conceito Barros (1996) conclui que, “o edifício precisa começar a ser racionalizado na sua fase de concepção. É nesse momento que se consegue auferir os maiores ganhos com as ações de racionalização, estendendo, então, essas ações para a etapa de produção, a fim de que possam ser efetivamente implantadas, obtendo-se os ganhos previamente definidos”.

Iniciando um projeto dentro do conceito de racionalização, é possível a obtenção da maior eficiência³ global, o que vem sendo uma questão estratégica praticamente obrigatória para as

² Seminário SECOVI 2000 – Panorama Atual das Vedações Verticais comercializadas no mercado de São Paulo – Prof. Dr. Fernando Henrique Sabbatini

³ Entende-se por eficiência a “capacidade de rendimento de um sistema avaliada, qualitativamente ou quantitativamente, face a um certo nível de recursos de base (equipamento; homem; capital; trabalho...). Como consequência, um sistema pode ter um grau de eficiência; ele pode ser mais ou menos eficiente; pode-se igualmente melhorar sua eficiência”, conforme definido por Cardoso (1996).

empresas construtoras do país. Segundo Cardoso (1996), a eficiência produtiva não deve mais ser um objetivo em si mesmo, facultativo, mas um meio para alcançar um objetivo essencial final – a eficácia⁴, fator determinante de permanência ou não da empresa no mercado.

Segundo Sabbatini (1989) o processo construtivo poderia ser classificado em 3 estágios, lembrando que a industrialização está presente em diferentes níveis nesse processo, já que a “Industrialização da Construção é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva.”

1º) Processo construtivo tradicional, caracterizado pela produção essencialmente artesanal, com baixa mecanização, uso intensivo de mão de obra, e quase ausência de mecanismos de planejamento e controle.

2º) Processo construtivo racionalizado, caracterizado pela utilização de técnicas organizacionais da indústria manufatureira, que incorporam alguns princípios de planejamento e controle objetivando eliminação de desperdícios, aumento de produtividade, sistematização de decisões.

3º) Processo construtivo industrializado, caracterizado pelo uso intensivo de componentes produzidos em fábricas que são acoplados no canteiro.

Dentro desse processo industrializado de construção, pode-se ter ainda dois graus diferenciados:

- Industrialização de ciclo fechado ou pré-fabricação⁵, caracterizado pela produção industrializada de alguns componentes específicos para um edifício ou empreendimento. Dificilmente os componentes produzidos para este serão usados para outros edifícios.

⁴ Entende-se por eficácia a “capacidade de alcançar certos objetivos fixados. Como consequência, um sistema, uma organização, um procedimento, etc. podem ser eficazes ou não”, conforme definido por Cardoso (1996).

⁵ Citação de Sabbatini, 1989: duas das formas de construção industrializada segundo Carlo Testa em *The Industrialization of Building*, (1939)

- Industrialização de ciclo aberto ou Sistema Modular de Construção⁶, caracterizado pela fabricação de componentes em grande escala destinados ao mercado (não para atender a um produto ou empresa). Possibilita a flexibilidade e a intercambialidade de produtos e de fabricantes.

“A construção civil é fundamentalmente uma atividade industrial. Isso porque tem como objeto transformar recursos existentes em produtos úteis à sociedade” (SABBATINI, 1989). Portanto, é o caminho natural da construção civil o de se aperfeiçoar e evoluir seus processos como uma indústria, buscando sempre a produção de maior quantidade, com menor custo, e com a qualidade desejada.

Sendo este último o estágio de industrialização desejado para os subsistemas da edificação, podemos perceber a necessidade que se tem em incluir a coordenação modular como norteadora dos nossos projetos, já que a intercambialidade de produtos implica na existência de componentes de diversos fabricantes possíveis de serem utilizados para as mesmas funções em diversas situações. Por exemplo, é o que já acontece com os blocos de alvenaria para vedação da família 40-20-10-5cm de comprimento / 20cm de altura. Temos alguns fabricantes desses produtos no mercado, que seguem as mesmas medidas modulares e nominais, basicamente com as mesmas tolerâncias, possibilitando que os projetos sejam desenvolvidos para utilização de qualquer um deles.

Fica claro que, para atingirmos um grau de industrialização conveniente no processo construtivo, “é fundamental a utilização de componentes padronizados e coordenados dimensionalmente, através da qual se atinge maiores níveis de produtividade e tem-se redução de desperdícios pela redução de cortes e ajustes de componentes” (MELHADO, 1994).

Segundo Sabbatini⁷, a “coordenação modular é uma das condições fundamentais para que a construção civil evolua para a eficiência da montagem industrial... Enquanto o projeto de arquitetura precisar detalhar cada um dos caixilhos, portas e soleiras, por exemplo, não daremos o passo em direção à especificação de componentes”.

⁶ Citação de Sabbatini, 1989: duas das formas de construção industrializada segundo Carlo Testa em *The Industrialization of Building*, (1939)

⁷ Citação em aula dada no curso MBA-TGP/USP (Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios), na disciplina TG-004, 2005.

Fica evidente que a utilização da coordenação modular como norteadora do processo de projeto é uma premissa obrigatória para que a construção civil brasileira atinja os níveis esperados de racionalização e industrialização.

Atualmente algumas grandes construtoras Paulistas já estão apostando na coordenação modular como estratégia em empreendimentos de edifícios residenciais e comerciais. São ainda tentativas tímidas, com objetivos pouco claros, mas que se forem bem sucedidas certamente encorajarão outras empresas da construção a seguir o mesmo caminho.

2.2. OS PRINCÍPIOS BÁSICOS DA COORDENAÇÃO MODULAR

Penteado (1980) define a coordenação modular como “a obtenção da coordenação dimensional por meio de um módulo”

Rosso (1976) trata a coordenação modular como uma metodologia sistemática do processo de industrialização.

A coordenação modular tem como principal objetivo organizar projetos e execução em função de um módulo predefinido que dá origem a um reticulado espacial modular de referência. A intenção é a de projetar e de executar da forma mais racional possível, já que todas as dimensões dos elementos participantes da construção estão projetados e serão executados com base no mesmo módulo de referência. Essa pratica acaba por, naturalmente, racionalizar a construção, e abre caminho para que entremos em processos construtivos cada vez mais planejados e industrializados de ciclo aberto (conforme apresentado anteriormente), beneficiando construtores (que terão um sistema de execução de obra mais limpo, produtivo e eficiente), projetistas (que verão reduzidos significativamente seu tempo com detalhamentos agora desnecessários) e fabricantes (que terão padronização e maior simplificação de soluções para seus produtos, possibilitando grande abertura de mercado).

Mas cabe ressaltar que a aplicação da coordenação modular única e exclusivamente não garante controle de processos de gestão da execução, racionalização na produção ou níveis desejados de industrialização no canteiro. Trata-se de uma ferramenta auxiliar nesse processo, aplicável apenas ao campo das medidas e dimensões, sem a qual fica mais difícil a evolução da construção civil nos parâmetros já explanados anteriormente.

Na prática, os benefícios pretendidos pela aplicação da coordenação modular são:

- Maior facilidade e objetividade no desenvolvimento de projetos e redução na “distância” existente hoje entre os projetistas, os fabricantes e a obra;
- Padronização dimensional de componentes, reduzindo a variedade, aumentando a possibilidade de adoção de componentes industrializados e facilitando a “combinação” entre esses componentes em projeto e em obra;
- Manutenção da flexibilidade em função da intercambialidade entre os componentes;

- Facilidade na fabricação de componentes possibilitando a tipificação e produção em larga escala, reduzindo tempo e custos de produção;
- Redução de desperdícios materiais e de mão de obra no canteiro, aumento da produtividade pela repetição e pela produção por montagem;
- Auxílio norteador na criação de novos componentes para construção e no desenvolvimento de sistemas construtivos;

Os princípios básicos que devem ser entendidos para a aplicação da coordenação modular são:

Existência de um **módulo básico (M)**, que deve exercer uma função métrica para o desenho. É o denominador comum. Segundo Rosso (1976), a medida desse módulo deve ser um número inteiro, grande o suficiente para estabelecer uma correlação satisfatória entre as medidas modulares, e ser o maior possível para dar a máxima redução da variedade de produtos, sem no entanto restringir a níveis impraticáveis a flexibilidade dos projetos. O módulo universal é o de 10cm ou 4”, e é oficialmente adotado no Brasil. A partir desse módulo será determinado o **sistema de referência**, ou seja, um plano que pode ser tridimensional (chamado reticulado espacial modular) ou bidimensional (chamado quadrícula modular), que enquadrará o projeto. Para simplificar os textos de análise neste trabalho, o reticulado espacial modular e a quadrícula modular serão chamados de “**malha modular**”. A Figura 2.2.1 abaixo ilustra a relação do módulo básico com a quadrícula modular, ou malha modular.

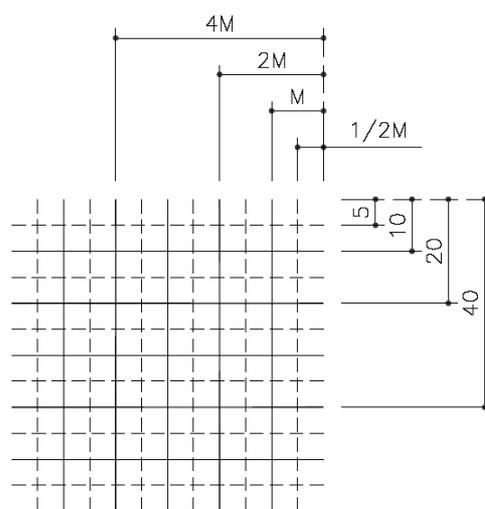
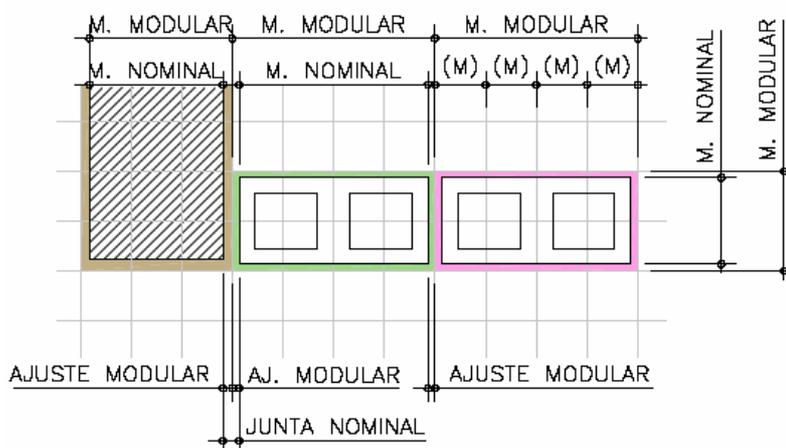


Figura 2.2.1 – Quadrícula Modular e Multimódulos

São permitidas adoções de multimódulos, ou de submódulos, ou seja, múltiplos ou submúltiplos inteiros do módulo universal para suprir qualquer deficiência do módulo básico universal com relação à detalhamentos ou uso de componentes tradicionais não compatíveis com o mesmo. Assim, são possíveis 1M/2, 1M/4, 1M/8, ou ainda 2M, 3M, 4M, etc.

Para a aplicação da coordenação modular, é necessária a consideração de folgas para o acoplamento dos componentes, já que uma das premissas básicas é a ausência de cortes e ajustes in loco. Essa folga perimetral dedicada a absorver as tolerâncias de fabricação e de acoplamento dos diversos componentes foi definida como **ajuste modular**, conforme ilustra a Figura 2.2.2 abaixo:



Onde,

MEDIDA MODULAR = medida exata entre módulos;

MEDIDA NOMINAL = medida de projeto, ou de fabricação do componente;

AJUSTE MODULAR = diferença entre a medida modular e a medida nominal;

JUNTA NOMINAL = soma dos ajustes modulares dos elementos;

MEDIDA REAL = medida nominal (+) ou (-) a tolerância.

Figura 2.2.2 – Princípios básicos de dimensionamento na coordenação modular

Caso seja necessário o emprego de componentes construtivos não modulares ou, por motivos técnicos, não seja possível a adoção de medidas modulares, teoricamente podem ser utilizadas **zonas neutras**, ou seja, áreas do projeto em que a malha modular é interrompida, cujo uso só é recomendado pela NBR-05706 em casos de extrema necessidade.

A locação do projeto na malha modular pode atender a dois conceitos, considerando as medidas modulares para os componentes:

a) Locação LATERAL: uma das faces do componente construtivo (a parede, por exemplo) fica encostada em uma das linhas da malha, conforme ilustra a Figura 2.2.3.

b) Locação SIMÉTRICA: o eixo do componente (conjunto de porta, por exemplo) é locado sobre uma das linhas da malha, resultando em medidas eqüidistantes para cada lado da linha, conforme ilustra a Figura 2.2.4.

A decisão dentre qual dos dois conceitos utilizar deve ser tomada com base nas necessidades ou conveniências para cada caso. Segundo os princípios da coordenação modular, não necessariamente um projeto deve ser 100% com locação lateral ou 100% com locação simétrica, podendo ser concebido de forma mista, conforme ilustra a Figura 2.2.5.

Para o conjunto de vedações do edifício, é sugerido por Lucini (2002) e pelo BNH que a escolha seja por locação lateral, ou seja, as paredes devem possuir um lado coincidente com uma das linhas da malha. A única exceção é feita para as paredes divisórias entre unidades, que devem estar locadas de forma simétrica sobre a malha.

Nas Figuras 2.2.3., 2.2.4. e 2.2.5., tem-se um exemplo de uma planta parcial locada na malha de maneiras diferentes, resultando em locação de componentes de formas diferentes:

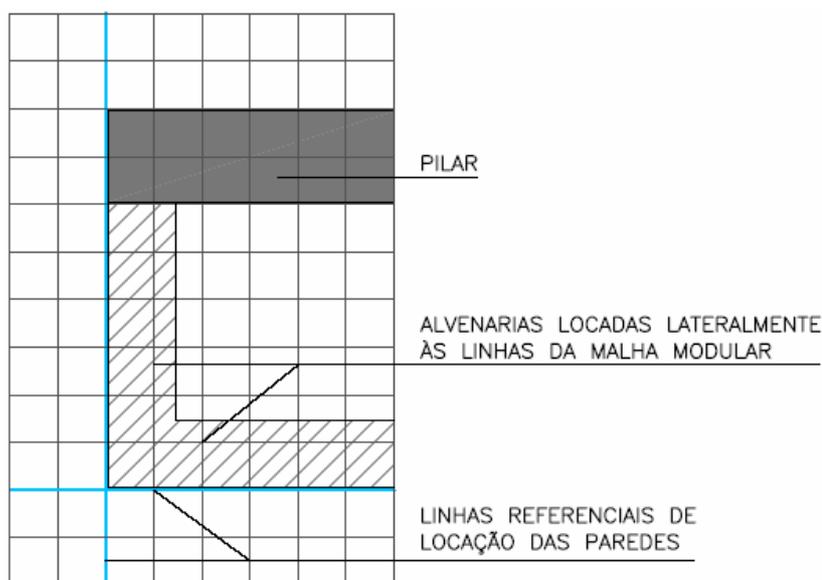


Figura 2.2.3 – Exemplo de locação LATERAL na malha modular

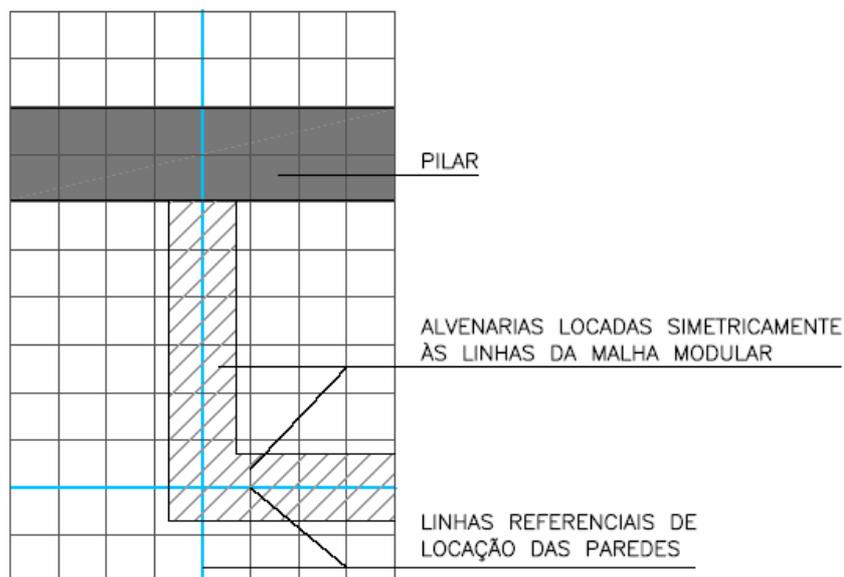


Figura 2.2.4 – Exemplo de locação SIMÉTRICA na malha modular

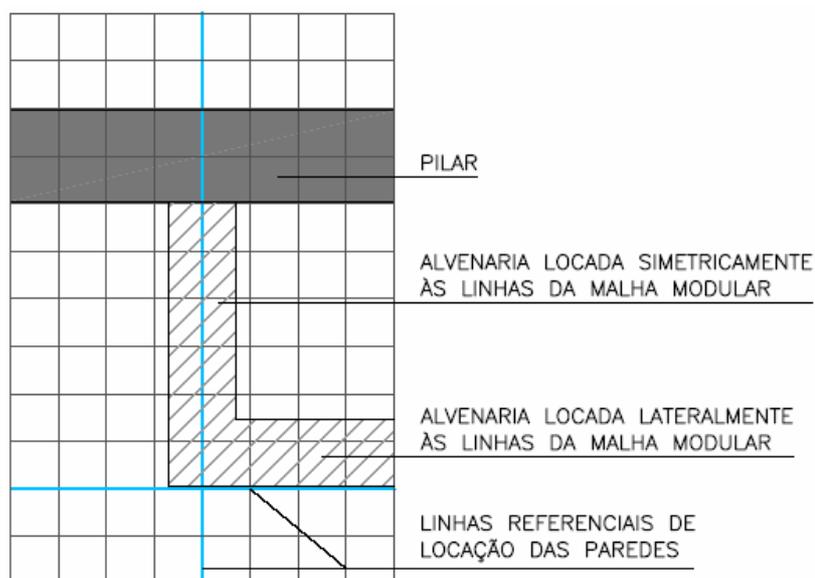


Figura 2.2.5 – Exemplo de locação MISTA na malha modular

Com relação aos componentes estruturais na modulação horizontal, Lucini (2002) sustenta que as dimensões da sessão dos pilares devem ser modulares, ou com acréscimos de apenas $\frac{1}{2}$ módulo. As dimensões nominais dessas sessões devem ter uma folga perimetral de 1.0cm, a fim de absorver tolerâncias e promover o ajuste modular com componentes adjacentes. As

vigas devem estar alinhadas a uma ou mais faces do pilar, devem também ter uma folga perimetral de 1.0cm e devem possuir larguras modulares, exceção feita às vigas sobre alvenarias de 14cm.

Assim, conforme ilustra a Figura 2.2.6 abaixo, temos em planta esquematicamente:

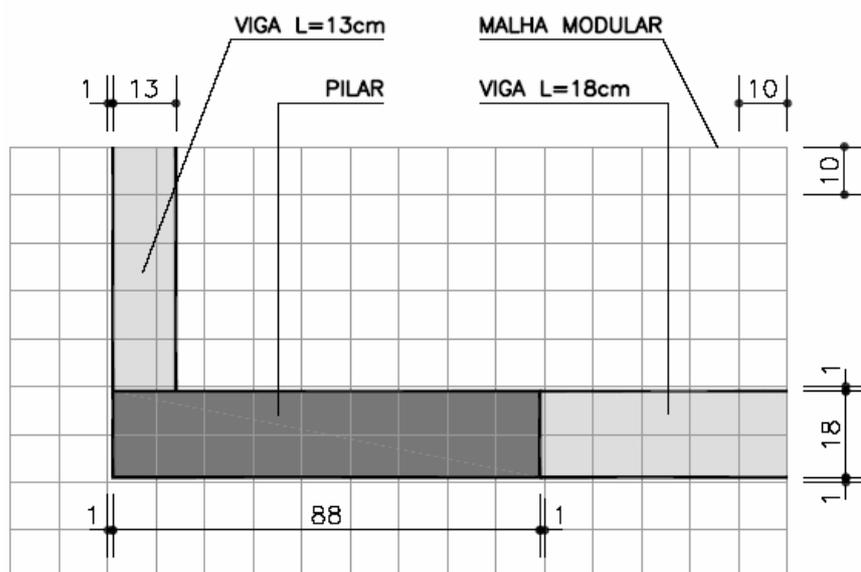


Figura 2.2.6 – Localização de vigas e pilares na malha modular segundo Lucini

Da mesma forma que os componentes construtivos devem ser enquadrados na malha horizontal, os mesmos devem ser elevados em uma malha vertical, a fim de termos uma coordenação modular tridimensional, global.

São, por exemplo, considerados conjuntos verticais para modulação: os panos de alvenaria, os vãos de portas e caixilhos, a ERCA (laje, viga, piso a piso). Para esses conjuntos verticais, os princípios básicos continuam os mesmos, sendo que para a modulação da estrutura na malha vertical, Lucini (2002) considera que algumas questões importantes além da geometria projetada do conjunto, devem ser levantadas em consideração a fim de evitarmos patologias. Assim, as tolerâncias admissíveis para execução das vigas e planicidade das lajes, a flecha e deformação lenta da viga e das lajes, espessuras de nivelamento de laje e espessuras de encunhamento das alvenarias devem ser fatores coadjuvantes na determinação dos ajustes modulares necessários entre a estrutura e os demais componentes adjacentes. Neste caso, pode ser adotada a zona neutra em parte do conjunto, caso não seja possível a adoção de medidas modulares, como exemplifica a Figura 2.2.7.

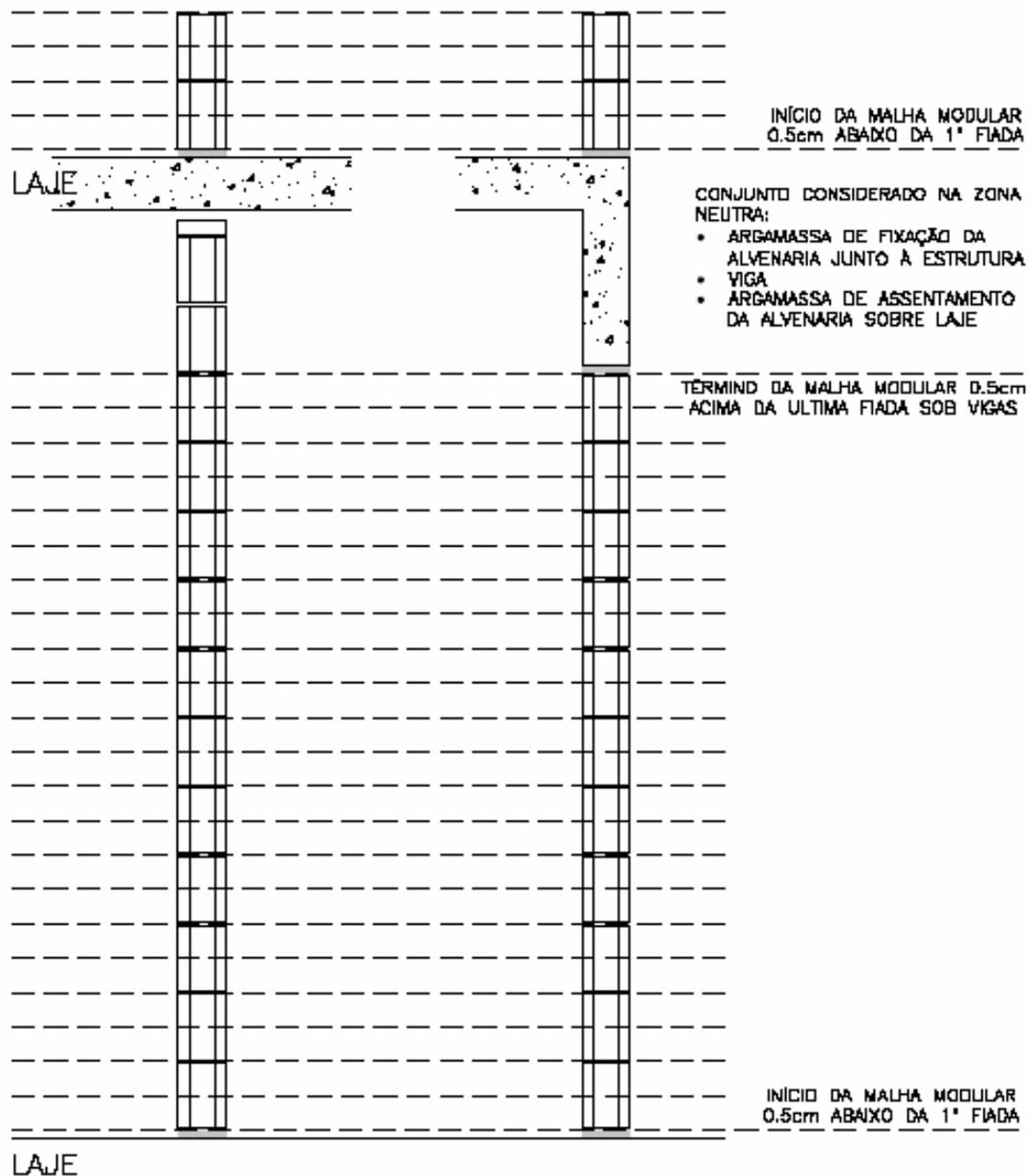


Figura 2.2.7 – Esquemas verticais na aplicação da malha modular

Para definição dos vãos na alvenaria para instalação das portas e janelas, Lucini (2002) coloca que deve ser considerada a folga para instalação dos batentes e dos contra-marcos respectivamente, respeitando as necessidades técnicas de instalação da tecnologia que for adotada. No caso das portas de madeira, por exemplo, o vão deve ser entre 4.5cm e 5.0cm maior para cada lado e para cima, folga que será ocupada pelos batentes e materiais de fixação. Para os caixilhos de alumínio, a folga a ser considerada para instalação dos contra-

marcos deve ser de 2.0cm ou 3.0cm. A definição e locação desses vãos deve sempre ser projetada com base nas modulações verticais da alvenaria, para que se obtenha a melhor interface entre os componentes, conforme ilustra a Figura 2.2.8.

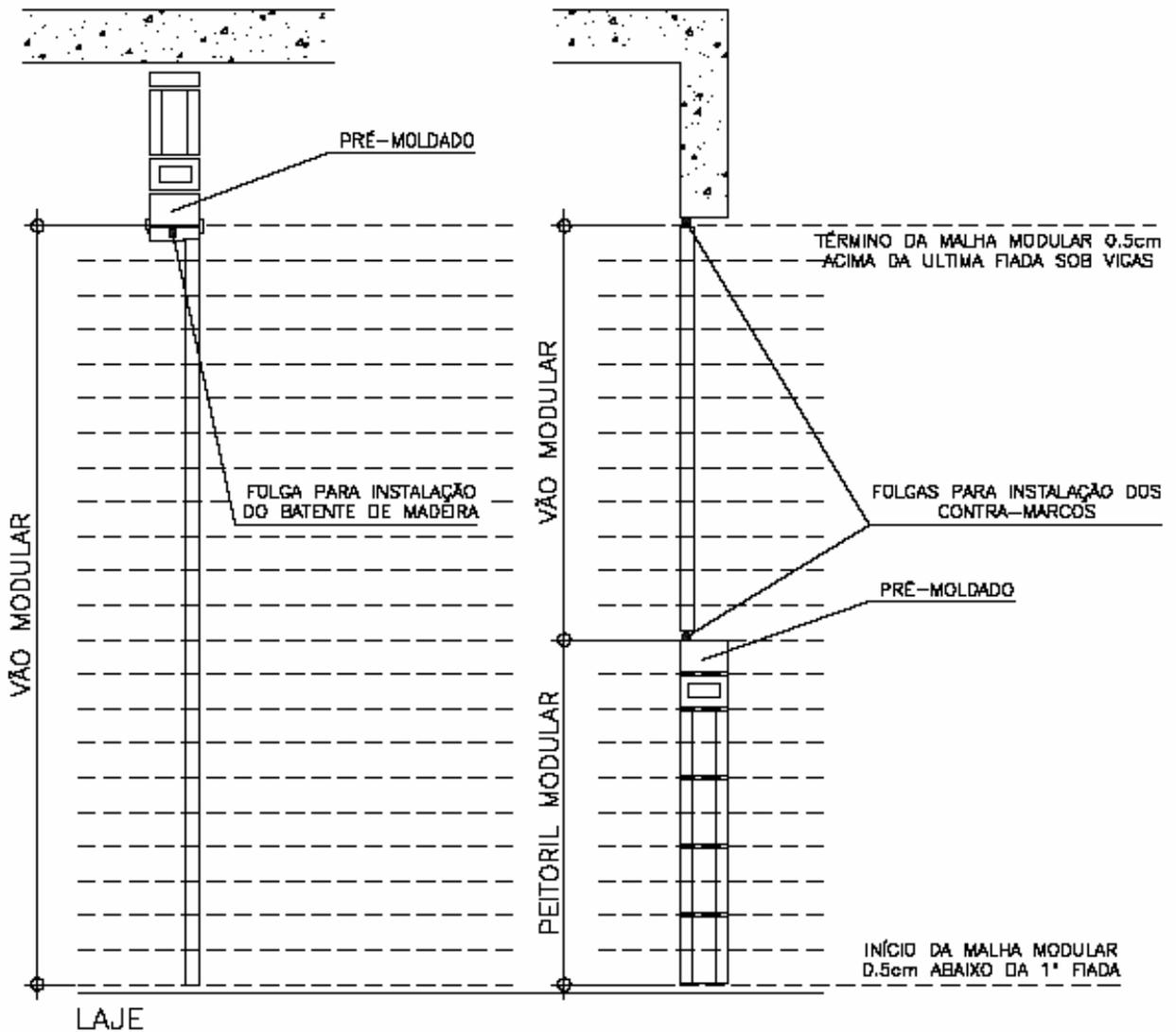


Figura 2.2.8 – Locação de caixilhos e portas na malha modular vertical

2.3. A IMPORTÂNCIA DAS VEDAÇÕES VERTICAIS NA EDIFICAÇÃO

“As vedações verticais são hoje a principal solução para o aumento da eficiência do processo de construção de edifícios” (SABBATINI, 2005).

As vedações verticais são conceituadas, segundo Sabbatini (2000)⁸ como “um subsistema do edifício, constituído por elementos que definem e limitam verticalmente o edifício e seus ambientes internos, e controlam a passagem de agentes e atuantes. Tem a função de vedar ambientes internos de modo a prover a habitabilidade do edifício”.

São vedações verticais todas as paredes internas e externas do edifício, sejam elas em blocos de alvenaria, em painéis leves de gesso acartonado, em pré-moldados de concreto, em painéis pré-fabricados de fachada, em cortinas de pele de vidro, ou qualquer outro sistema construtivo que desempenhe a função acima colocada.

O subsistema de vedações verticais têm fundamental importância na **eficiência do processo de produção** do edifício. Isso porque engloba elementos de custo muito elevado tais como esquadrias e revestimentos internos e externos, interagem diretamente com a maioria dos demais subsistemas que compõem a edificação, são potencialmente um grande foco de desperdício e retrabalho, sua realização está no caminho crítico da obra e acaba por determinar o cronograma de execução dos demais serviços, e “corresponde de 25% a 30 % do peso final de um edifício” com um volume de “0,2 a 0,3m³/m² de área na planta” segundo Sabbatini (2005)⁹.

Sobre as vedações também estão algumas das principais exigências de **desempenho do edifício**, que garantem a habitabilidade, a salubridade, a durabilidade e a segurança: estanqueidade à água e controle da passagem de ar, isolamento acústico adequado, isolamento térmico adequado, resistência e proteção à ação do fogo, estabilidade às deformabilidades (inexistência de trincas e rachaduras, aderência do revestimento) e resistência mecânica satisfatória, sem deixar de atender aos requisitos estéticos e arquitetônicos, além da facilidade de limpeza e higienização.

⁸ Seminário SECOVI 2000 – Panorama Atual das Vedações Verticais comercializadas no mercado de São Paulo – Prof. Dr. Fernando Henrique Sabbatini

⁹ Material fornecido no curso MBA-TGP/USP (Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Disciplina TG-004 – Tecnologia na Produção de Vedações Verticais)

Além disso, temos o fator econômico: o **custo do subsistema** vedações pode variar entre 2% e 5% do custo total da obra, e pode inviabilizar retorno do investimento aplicado, dadas as baixas taxas de retorno que se consegue praticar atualmente.

Hoje no mercado, os empreendimentos com vedações verticais em alvenaria são a primeira opção de compra dos clientes finais quando se fala em empreendimentos residenciais. Isso determina diretamente o percentual de escolha dessa tecnologia pelos incorporadores e construtores nos empreendimentos. Segundo Sabbatini (2005)¹⁰, estima-se que atualmente no Brasil cerca de 95% a 98% dos empreendimentos seja construído com vedações em alvenaria (tradicional ou modulada), contra 2% a 5% divididos em demais tecnologias.

Isso porque, hj no Brasil, a alvenaria possui uma série de vantagens competitivas em relação a outras tecnologias de vedação: Algumas delas, segundo Sabbatini (2005), são:

- Durabilidade superior à de qualquer outro material para essa função;
- Facilidade e baixo custo de produção;
- Total disponibilidade de matérias primas em qualquer que seja a região;
- Produção não poluente, sem geração de resíduos poluentes, e sem limitação de uso com relação às condições ambientais;
- Excelente flexibilidade e versatilidade, já que seus componentes são os pré-fabricados com menor módulo → facilidade de composição de elementos;
- Mão de obra que não requer especialização, e sim treinamento;
- Transporte e estocagem com poucos danos e sem necessidades específicas;
- É o material construtivo mais econômico, considerando-se o investimento inicial e o de manutenção, seja por m³ ou por Kg.

Por outro lado, há uma real necessidade de desenvolvimento dessa tecnologia construtiva, já que a vedação em alvenaria tem se mostrado um dos maiores gargalos da racionalização construtiva em edifícios multipavimentos (contando com um processo absolutamente artesanal

¹⁰ Material fornecido no curso MBA-TGP/USP (Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Disciplina TG-004 – Tecnologia na Produção de Vedações Verticais)

de projeto e execução), e detêm a quase totalidade dos problemas patológicos pós-ocupação. Sabbatini (2005), coloca que “a melhoria da qualidade do processo de produção e do produto passa necessariamente pela evolução da alvenaria” e que “para redução do custo global, é de fundamental importância o correto equacionamento da produção de vedações”.

Diante disso, é um fato que a evolução da construção civil no Brasil deve passar necessariamente pela viabilização da forma mais racional possível para a execução das vedações verticais. Trata-se de uma questão estratégica importante, que vem sendo administrada com especial atenção pelas maiores construtoras do país.

Dentro desse contexto o papel do projeto é absolutamente indiscutível. É o projeto que define a geometria e espacialidade do edifício, e é através do projeto que temos os parâmetros técnicos de materiais e componentes que deverão ser empregados na alvenaria. É na etapa de projeto que podem ser feitos ajustes, e que devem ser tomadas decisões que implicarão, por exemplo, em aumento significativo da produtividade, desempenho e diminuição de desperdícios, podendo viabilizar financeiramente ou não os serviços e a produção. Segundo Barros e Sabbatini (2003)¹¹, “O processo de projeto, contemplando as necessidades de produção, é um importante instrumento para o desenvolvimento tecnológico das empresas construtoras e do próprio segmento de construção de edifícios”.

É, portanto, através da gestão do projeto que vamos caminhar para a evolução da industrialização da produção.

¹¹ Boletim Técnico – Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios

2.4. O PROJETO PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICAIS EM ALVENARIA (PPVVA)

“A principal ferramenta para racionalização da construção civil desenvolvida na última década é o projeto para produção de vedações verticais”. (SABBATINI, 2005)¹².

2.4.1. A IMPORTÂNCIA DO PROJETO PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES

O conjunto de projetos com os quais a construção de edifícios geralmente trabalha são Arquitetura, Estrutura e Instalações Prediais. Estes projetos definem conceitualmente como deverá ser o edifício na entrega final, mas não definem como deverá ser construído. Segundo Sabbatini (1998)¹³, “os projetos conceituais estabelecem O QUE FAZER e não COMO FAZER. O **como fazer** é o objeto dos projetos para produção (ou também chamados projetos construtivos). Um projeto é um plano para fazer algo. É pensar antes de fazer, é planejar **o que** e **como** fazer, em uma etapa que antecede a execução. É a tomada de decisões antes, e não no momento da execução. Um projeto para execução é pensar e planejar como fazer antes de fazer e **complementa** o projeto conceitual”.

O objetivo e a importância na elaboração dos Projetos para Produção está em “garantir ao máximo a definição prévia dos principais serviços que afetam o processo da produção, bem como garantir o nível de racionalização construtiva compatível entre os subsistemas que se sucedem na execução das obras de edifícios” (MELHADO, 2005)¹⁴.

Dada a importância do subsistema vedações verticais e a percepção da necessidade de racionalização desse processo, é que a prática do projeto para produção de vedações foi iniciada. Começou a ser praticado no final da década de 80, e tomou maior importância e aceitabilidade nos maiores pólos da construção civil a partir da década de 90. É, portanto, um produto ainda novo no mercado (em muitos casos desconhecido), e vem sofrendo evoluções contínuas buscando atender às necessidades da produção das vedações. Apesar desse

¹² Material fornecido no curso MBA-TGP/USP (Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Disciplina TG-004 – Tecnologia na Produção de Vedações Verticais)

¹³ Anais do 1º Seminário de Vedações verticais – A Industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial?

¹⁴ Livro Coordenação de Projetos de Edificações, cap.3, desenvolvido por uma equipe de profissionais e coordenado por Silvio Burrattino Melhado)

projeto ser hoje uma realidade praticamente inquestionável para um conjunto de grandes construtoras na cidade de São Paulo, infelizmente ainda é uma ferramenta pouco difundida, quando se considera o universo construtivo de todo o país.

No desenvolvimento de projetos para a produção, “uma das principais vantagens auferidas está no tratamento das interfaces entre os serviços de execução” (MELHADO, 2005). Assim, para o projeto de produção de vedações, a interface entre as instalações prediais e a vedação propriamente dita recebe atenção especial. Aspectos como demarcação de cotas e gabaritos das passagens necessárias às instalações prediais na estrutura, seqüências de execução, e condições para início das instalações são tratados e compatibilizados junto ao projeto de modulação das vedações, e assumem formato dentro do produto oferecido por esse projeto para produção.

O projeto para produção de vedações tem as funções principais de:

- desenvolver soluções e detalhes que permitam racionalizar a execução estabelecendo junto à construtora critérios de execução das vedações com base nos projetos conceituais e tecnologias/ técnicas construtivas adotadas pela empresa construtora,
- verificar as interferências entre os subsistemas, compatibilizar essas interferências sugerindo as modificações necessárias,
- modular horizontalmente e verticalmente a alvenaria de forma a obter a maior racionalização possível dentro do processo mantendo o desempenho sistêmico esperado,
- garantir minimização de custos, melhor desempenho das vedações considerando as necessidades variáveis, e baixa incidência de patologias.

Neste trabalho serão analisados apenas projetos para produção de vedações verticais em alvenaria modulada, seja de blocos de cerâmica ou concreto, cuja maior peça seja a de 40cm. O conceito deste projeto para produção está diretamente associado ao conceito da alvenaria racionalizada, que segundo Sabbatini (2005)¹⁵ pode ser definida como “execução das vedações de edifícios de ERCA (Estrutura Reticulada em Concreto Armado) e alvenaria de vedação, com o emprego de um método construtivo com elevado grau de racionalização,

¹⁵ Material fornecido no curso MBA-TGP/USP (Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Disciplina TG-004 – Tecnologia na Produção de Vedações Verticais)

baseado em projetos para produção, em procedimentos bem definidos, uma metodologia própria de gestão e metodologia de controle”.

2.4.2. PRINCIPAIS PRODUTOS DO PPVVA OFERECIDOS ATUALMENTE

São alguns produtos do projeto de vedações verticais em alvenaria, podendo variar conforme escopo de contratação:

- Modulação vertical de alvenaria e de caixilhos: modulação das alvenarias de acordo com as alturas de vigas, lajes e peitoris compatibilizando folgas necessárias para caixilhos, dimensionamento da estrutura e da alvenaria, conforme exemplificam as Figuras 2.4.2.1 e 2.4.2.2.

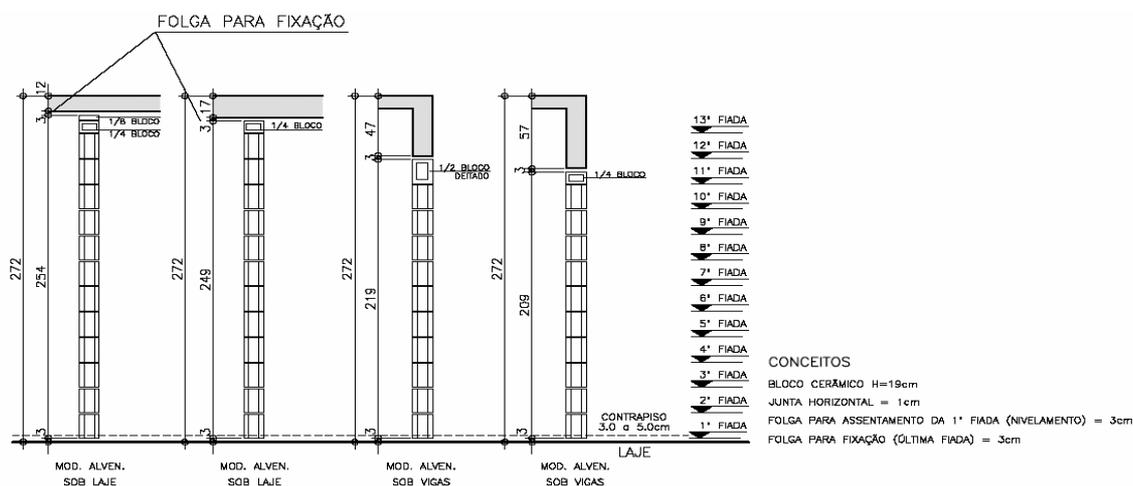


Figura 2.4.2.1 – Exemplo de modulação vertical sob lajes e vigas de um PPVVA
 Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

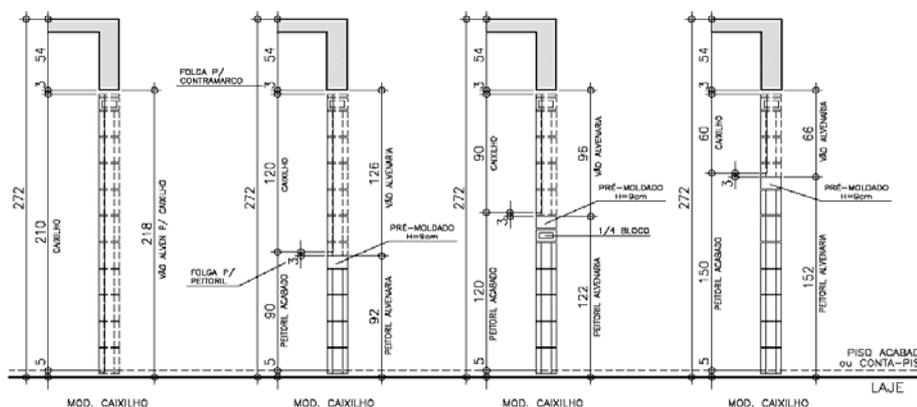


Figura 2.4.2.2 – Exemplo de modulação vertical de caixilhos de um PPVVA
 Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Planta de controle e verificação da estrutura – são evidenciados traçados e cotas a partir de eixos pré-determinados que auxiliarão na verificação e no controle das formas montadas e da estrutura desformada. A Figura 2.4.2.3 ilustra um exemplo.

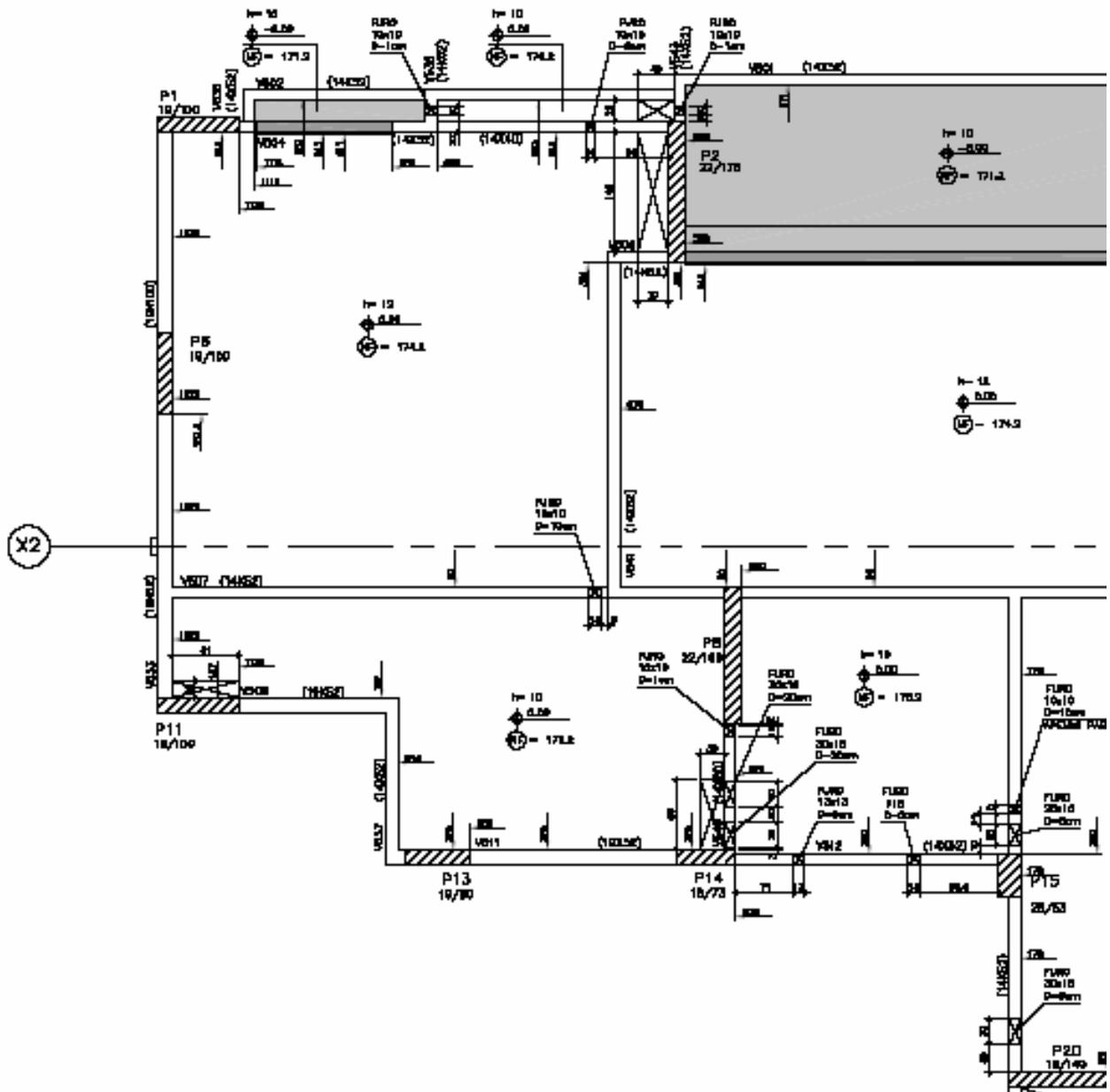


Figura 2.4.2.3 – Exemplo de planta de controle e verificação da estrutura de um PPVA
 Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Planta de locação de pontos hidráulicos – são locados e cotados a partir dos eixos os pontos de caixas, tubos-guia e furos para passagem de instalações hidráulicas na estrutura que deverão ser previstos na forma antes da concretagem, conforme ilustra a Figura 2.4.2.4 a seguir.

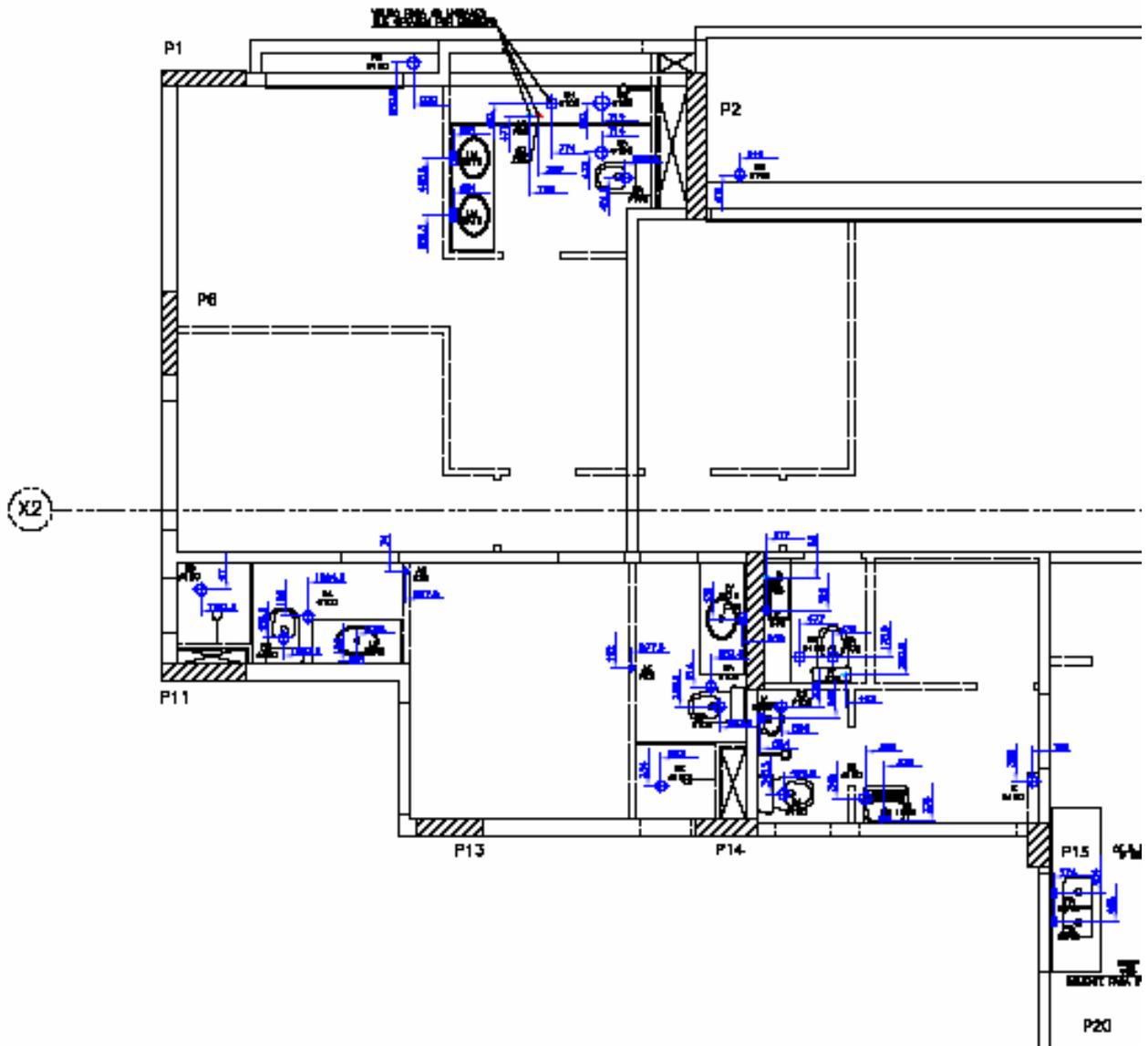


Figura 2.4.2.4 – Exemplo de planta de locação de pontos hidráulicos de um PPVVA
 Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Planta de locação de pontos elétricos – são locados e cotados a partir dos eixos os pontos de descidas e subidas de tubos-guia elétricos, bem como pontos de teto, eletrodutos e suas posições que deverão ser previstos na forma antes da concretagem. A Figura 2.4.2.5 ilustra um exemplo.

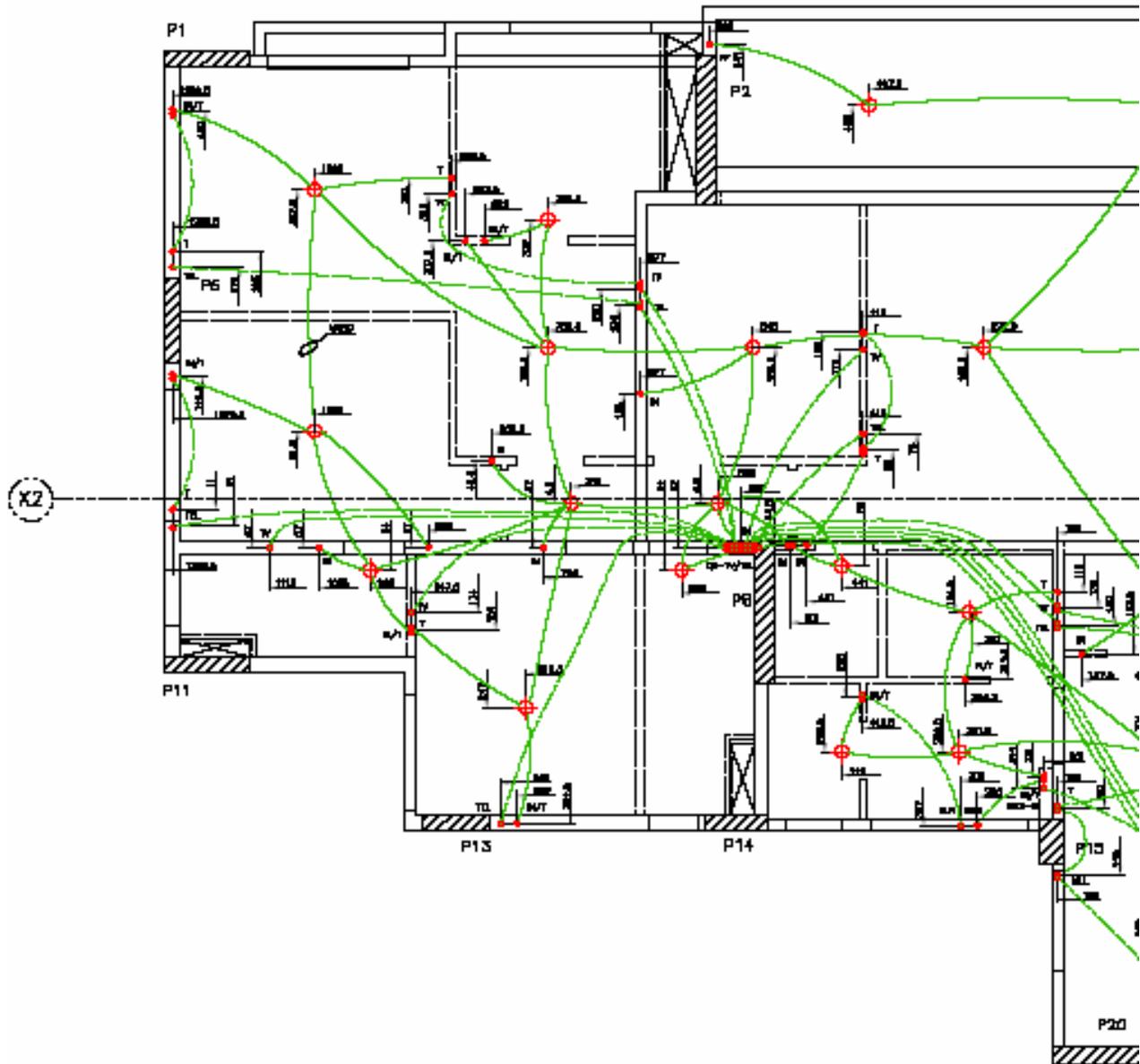


Figura 2.4.2.5 – Exemplo de planta de locação de pontos elétricos de um PPVVA
Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Planta de marcação de 1ª fiada de alvenaria – são marcados e identificados todos os blocos da 1ª fiada com cotas em relação aos eixos, evidenciando as aberturas na alvenaria para caixilhos, portas e enchimentos, conforme exemplifica a Figura 2.4.2.6.

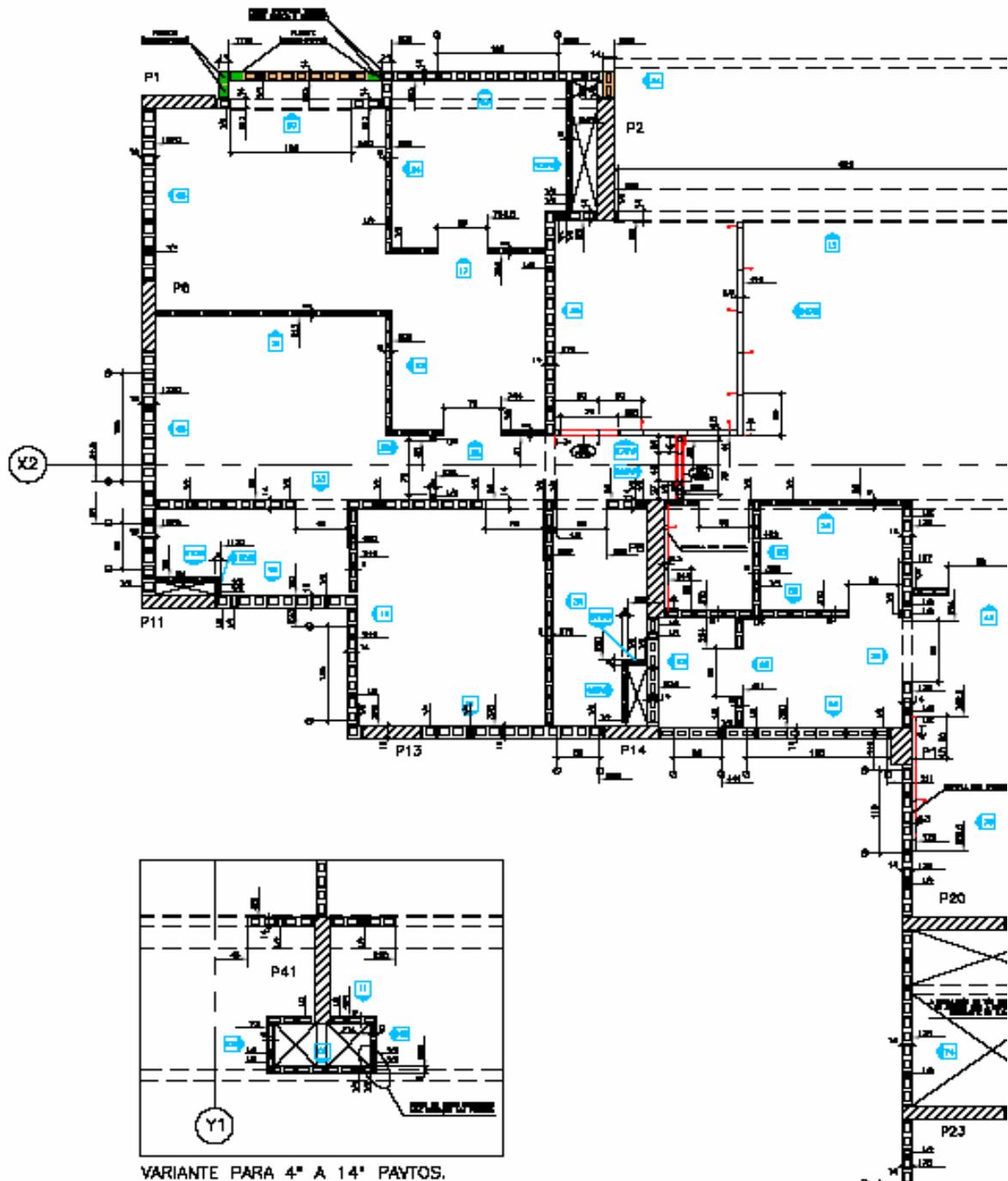


Figura 2.4.2.6 – Exemplo de planta de marcação de 1ª fiada de alvenaria de um PPVVA
 Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Planta de locação de telas de amarração – São especificadas e locadas as telas de amarração que deverão ser fixadas na estrutura antes da elevação das paredes. A Figura 2.4.2.7 ilustra um exemplo.

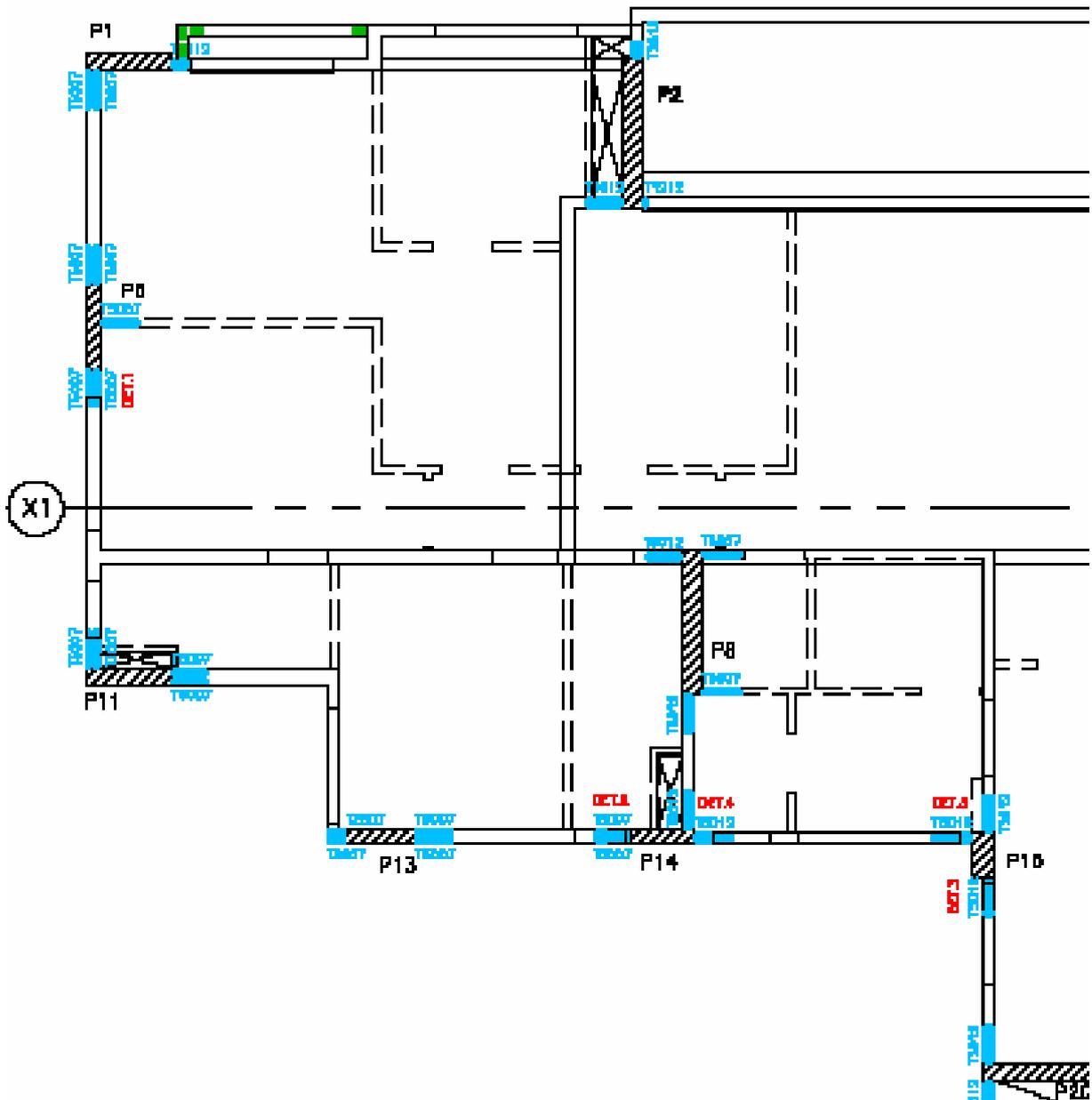


Figura 2.4.2.7 – Exemplo de planta de locação de telas de amarração de um PPVVA
 Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Detalhes de fixação de telas na estrutura e entre alvenarias. A Figura 2.4.2.8 exemplifica esse detalhamento.

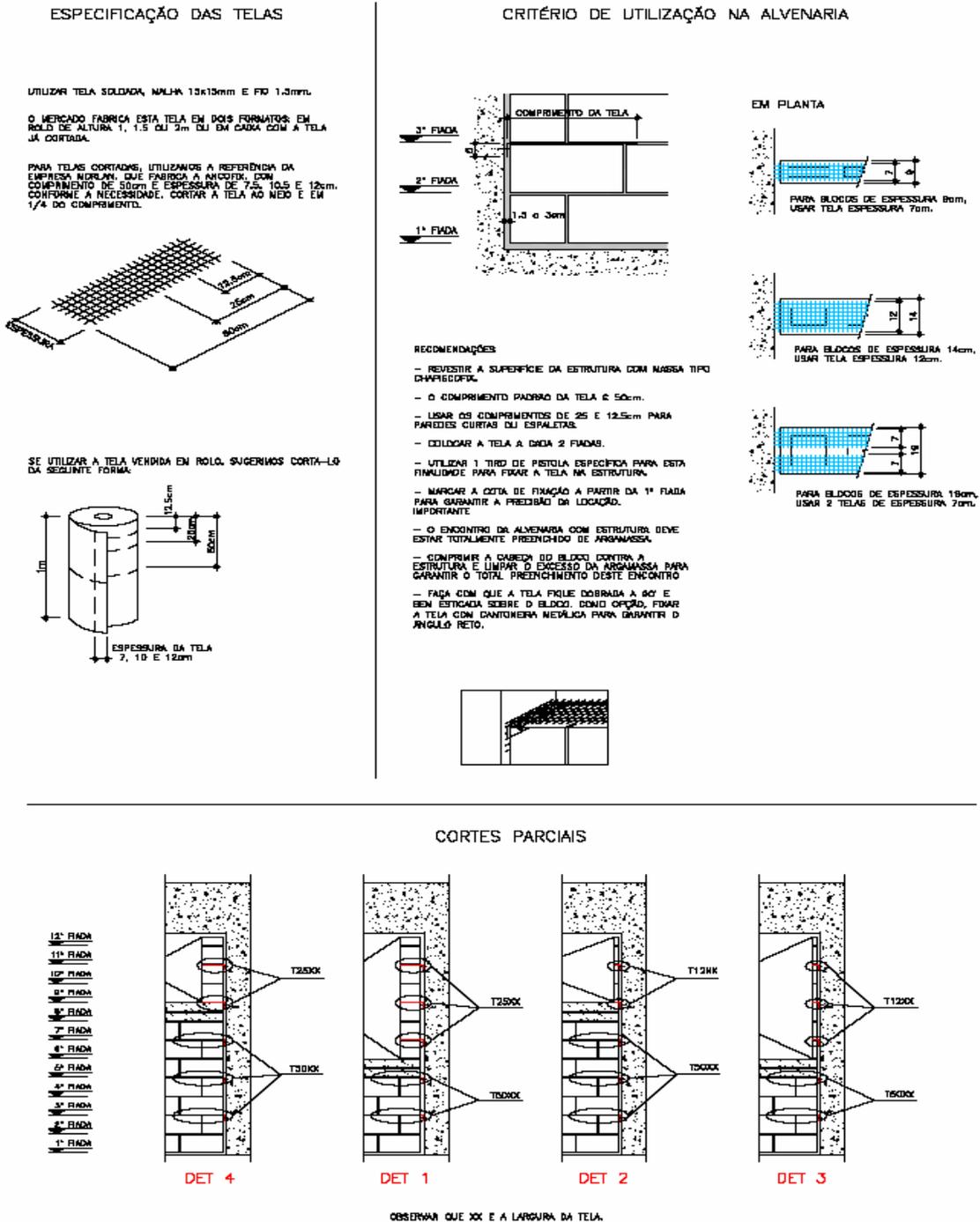


Figura 2.4.2.8 – Exemplo de detalhamento de telas de amarração de um PPVA
 Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Elevações de alvenaria – Elevação de cada parede numerada contendo a modulação da alvenaria, amarração com estrutura e demais paredes cortantes, pontos e caminhamento das instalações, furos, aberturas, reforços, peças pré-moldadas e detalhes de produção necessários à execução dessa parede sem o seu revestimento final. A Figura 2.4.2.9 mostra um exemplo.

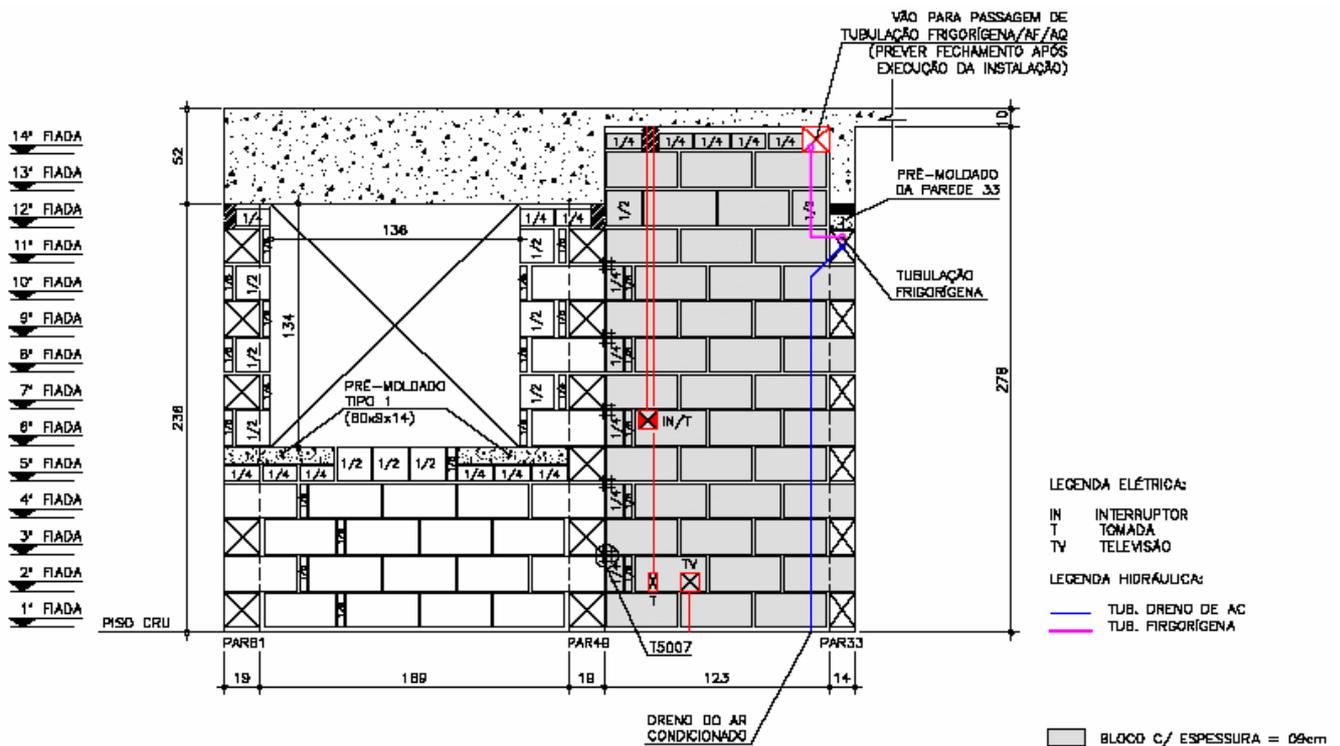
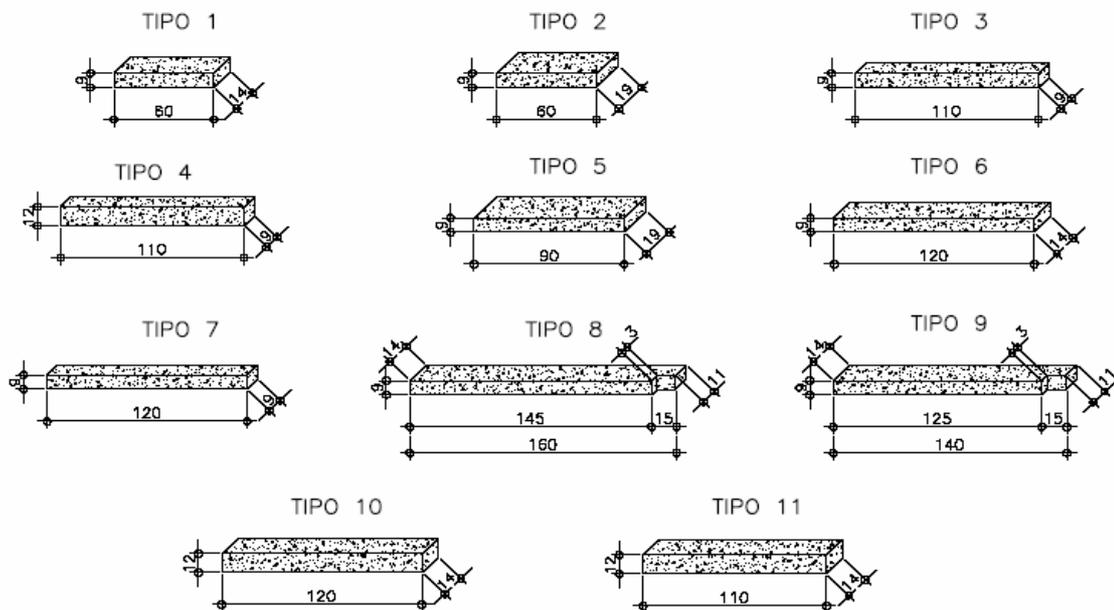


Figura 2.4.2.9 – Exemplo de elevação da alvenaria de um PPVVA

Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Detalhamentos – Indicação da seqüência executiva da alvenaria, detalhamento necessário para a produção de pré-moldados, moldados in loco, amarração entre as paredes, posicionamento de telas em pilares e entre alvenarias, produção de argamassas de assentamento, preenchimento de juntas verticais, locação de marcos e contra-marcos, batentes de portas, amarrações especiais para requadros de fachada, passagem de eletrodutos e instalações na alvenaria, alturas de locação de caixas, quadros e pontos de instalações, envelopamento de tubulações embutidas, modulação da alvenaria x sistema de impermeabilização, juntas de trabalho e de controle, e qualquer outro detalhe construtivo que se faça necessário para a produção das vedações, conforme ilustram as Figuras 2.4.2.10, 2.4.2.11 e 2.4.2.12.



QUANTIDADES POR PAVIMENTO TIPO

TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11
18	08	10	02	02	01	02	03	04	02	09

Figura 2.4.2.10 – Exemplo de detalhamento das peças pré-moldadas de um PPVVA

Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

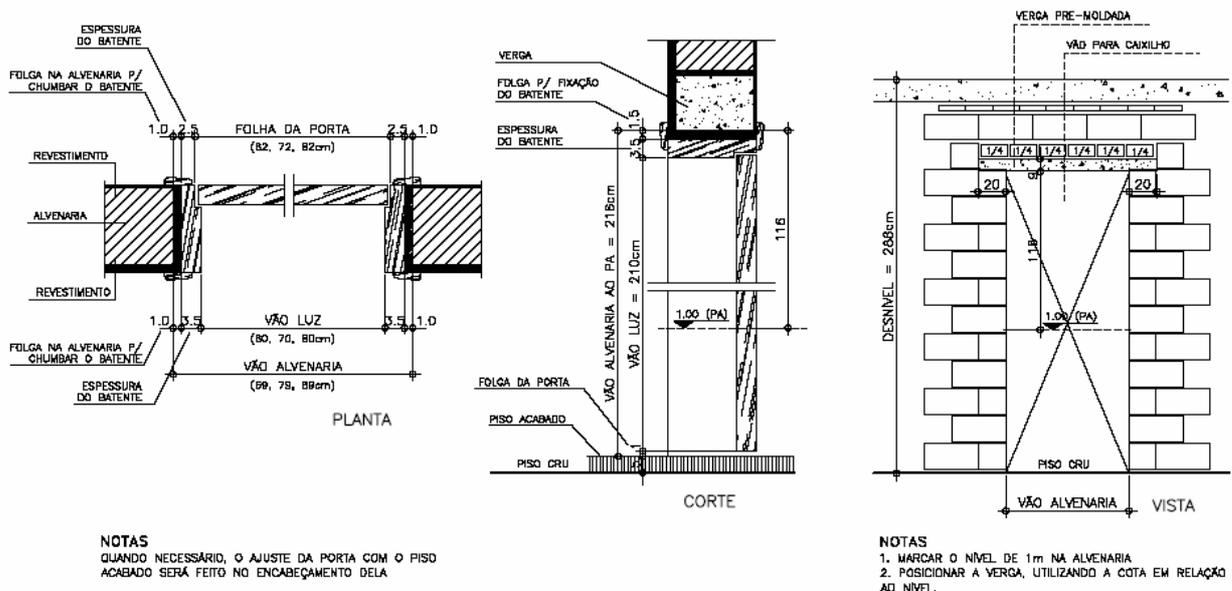


Figura 2.4.2.11 – Exemplo de detalhamento de vãos de portas de um PPVVA

Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

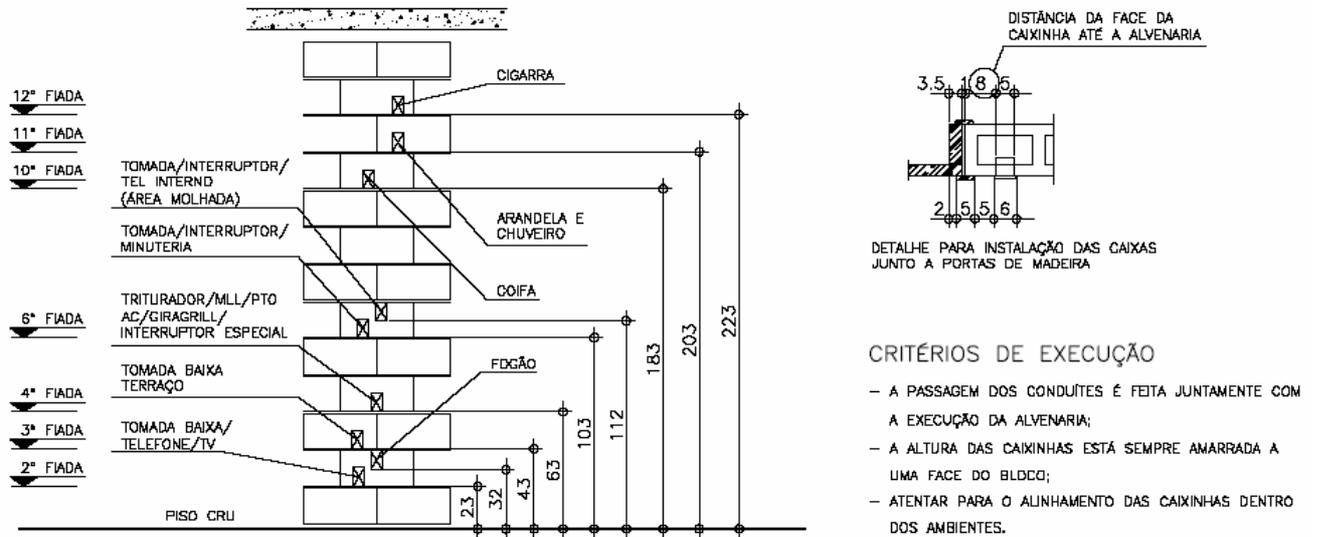


Figura 2.4.2.12 – Exemplo de padronização de alturas dos pontos elétricos de um PPVVA

Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

- Quantitativos – Tabelas quantitativas de blocos de alvenaria total, por pavimento e/ou por parede, quantitativos de pré-moldados, telas de amarração, 1ª fiada, metragem quadrada de alvenaria por pavimento e/ou por parede, etc., conforme é exemplificada a Figura 2.4.2.13.

2.1. Critério utilizado para o levantamento de quantidades

Blocos de concreto utilizados:

BLOCO INTEIRO e x 19 x 39 cm	1/2 BLOCO e x 19 x 19 cm	1/4 BLOCO e x 19 x 9 cm	1/8 BLOCO e x 19 x 4 cm	BLOCO CANALETA e x 19 x 39 cm	1/2 BL. CANALETA e x 19 x 19 cm

Espessuras (e) = 09, 11.5, 14, 19cm

Notas: Evitar a compra de blocos seccionáveis em função da resistência da fração assentada com os furos na horizontal

2.2. Quantitativo de blocos por pavimento tipo (inclui os blocos da 1ª fiada)

	Espessura=09cm				Espessura=14cm				Espessura=19cm				
	inteiro	1/2 bl	1/4 bl	1/8 bl	inteiro	1/2 bl	1/4 bl	1/8 bl	can.	inteiro	1/2 bl	1/4 bl	1/8 bl
Total	1485	232	527	230	1694	531	729	516	12	619	180	250	106

2.2.1. Quantitativo de blocos para 1ª fiada por pavimento tipo

	Espessura=09cm				Espessura=14cm				Espessura=19cm				
	inteiro	1/2 bl	1/4 bl	1/8 bl	inteiro	1/2 bl	1/4 bl	1/8 bl	can.	inteiro	1/2 bl	1/4 bl	1/8 bl
1ª fiada	259	25	21	50	321	50	42	59	0	115	14	9	15

Figura 2.4.2.13 – Exemplo de quantificação de peças de um PPVVA.

Todos os direitos autorais reservados a Paula Vianna Consultoria em Projetos

2.4.3. PRINCIPAIS DIFICULDADES PRÁTICAS NO DESENVOLVIMENTO DO PPVVA

Algumas das principais dificuldades encontradas no desenvolvimento do projeto para produção de vedações são determinadas inicialmente pela interface Arquitetura X Estrutura, já que a configuração das alvenarias é consequência básica destes projetos.

Dentre essas, podemos citar:

- Adequação da geometria horizontal e vertical dos projetos ao módulo de trabalho construtivo, ou seja, os blocos de alvenaria: Este trabalho de “compatibilização dimensional”, que é desenvolvido concomitantemente aos projetos de Arquitetura e Estrutura, é árduo e absolutamente necessário para possibilitar o mínimo de racionalização no processo de vedações, já que os projetos são concebidos sem qualquer padronização de parâmetros dimensionais. Sem essa compatibilização dimensional, teria-se resultados e soluções muito ruins, ou que certamente poderiam ser substancialmente melhoradas sem prejuízos a qualquer um dos subsistemas. No caso da modulação vertical, existe um complicador que é a constante busca pela minimização dos custos com a ERCA, mediante utilização de lajes e vigas muito esbeltas. A modulação vertical é frequentemente um foco de discussão já que nem sempre é fácil se chegar a modulações ideais para a alvenaria sem prejuízos de desempenho ou econômicos para a estrutura.
- Alterações substanciais da configuração geométrica do produto: Principalmente do projeto de arquitetura, tem-se somado sucessivas experiências de alterações no projeto arquitetônico em estágios já avançados do processo de projeto, o que vem causando excessivo retrabalho.
- Cronograma: Há uma grande dificuldade de atendimento aos cronogramas impostos pelos coordenadores/ construtoras, uma vez que o produto do projeto para produção deve ser desenvolvido na última etapa de projeto. A grande maioria dos cronogramas prevê a entrega dos projetos para produção juntamente aos demais projetos executivos. Vale ressaltar que atualmente o cronograma é um problema constante para todos os projetistas, dado o aquecimento do mercado da construção e a conseqüente demanda de projetos.

- Diversidade de peças para alvenaria no mercado: A diversidade de tipologias, resistências e tolerâncias dimensionais das peças de fabricantes diferentes no país, têm ocasionado inclusive recontração do projeto de vedações, em função de trocas dos fabricantes dos blocos para atendimentos aos prazos e cronogramas previamente estipulados. Em São Paulo particularmente, existem alguns fabricantes que se alinham nesses quesitos, mas ainda existem empresas com peças muito particulares e específicas, não fornecidas por nenhuma outra.

Dentre as dificuldades diárias na execução de um projeto para produção de vedações, estas são algumas das que poderiam ser minimizadas com a adoção da coordenação modular para os projetos de edificações. Com o projeto coordenado modularmente desde a sua concepção, a necessidade de compatibilização dimensional é muito pequena e pontual, ao contrário do cenário atual.

As alterações de base da arquitetura e da estrutura em fases adiantadas do projeto seriam praticamente nulas, já que o projeto já é concebido inicialmente dentro de um parâmetro dimensional único, e todos os projetistas envolvidos possuem a mesma diretriz dimensional básica.

Quanto ao cronograma, poderia se ter sensível diminuição no número de detalhamentos, resultando na diminuição do gasto com horas técnicas.

Quanto às ocorrências de necessidade de recontração do projeto de modulação em função da troca de fornecedor de blocos, estas fatalmente diminuiriam se houvesse uma padronização dimensional das peças dentro da coordenação modular, cuja consequência em médio prazo seria uma uniformização dos produtos oferecidos pelos fabricantes.

3. ESTUDOS COMPARATIVOS

3.1. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS PROJETOS

Para entender as conseqüências da coordenação modular no projeto para produção de vedações, foi analisado comparativamente o comportamento das vedações verticais em alvenaria para os projetos selecionados, cada um deles desenvolvido tanto convencionalmente, quanto coordenado modularmente.

Foram selecionados dois projetos de edifícios residenciais lançados na cidade de São Paulo com as mesmas características construtivas. O Estudo de Caso A refere-se a um edifício de tipologia 4/P (quatro apartamentos por pavimento) médio padrão. O Estudo de Caso B refere-se a um edifício de tipologia 2/P (dois apartamentos por pavimento) médio-alto padrão.

Ambos foram estruturalmente concebidos em ERCA (Estrutura Reticulada em Concreto Armado), e paredes com função de vedação em alvenaria modulada da família 39/ 19/ 9/ 4cm(largura) x 19cm(altura) em medidas nominais. As espessuras adotadas para as paredes foram 19, 14, 11.5 e 9cm. São projetos concebidos da forma convencional, e nenhum deles foi coordenado modularmente nas etapas do projeto original. O projeto de vedações verticais executado inicialmente é, portanto, um projeto modulado (premissa do projeto de alvenaria), mas não coordenado modularmente.

Aplicou-se os conceitos da coordenação modular para as plantas de pavimento tipo de cada projeto, ajustando sua geometria, e reestruturando a partir daí os projetos de vedações também conforme a conceituação da coordenação modular.

Como diretriz básica para a adaptação desses projetos à malha modular, tem-se a manutenção de todas as características arquitetônicas relevantes, bem como as características estruturais o mais próximas do original quanto foi possível. Detalhes como requadros de fachada tanto na alvenaria como na estrutura foram mantidos, assim como foi perseguida a premissa de alterações mínimas possíveis nas dimensões dos ambientes.

Para permitir uma comparação quantitativa de peças de alvenaria mais pertinente entre os projetos de vedação, foram mantidas as características dimensionais verticais da estrutura, ou

seja, o piso a piso e espessuras de laje e de viga foram mantidos conforme projeto original. As alterações básicas dimensionais tanto da Arquitetura como da Estrutura se deram, portanto no plano horizontal.

3.2. O ENQUADRAMENTO DOS PROJETOS NA MALHA MODULAR

Na prática, o desenho da malha modular universal de 10cm foi lançado sobre a planta base de Arquitetura-Estrutura, e os ajustes necessários foram feitos para enquadrar a geometria original á nova situação modular, considerando para tal as premissas já apresentadas no item 2.2.

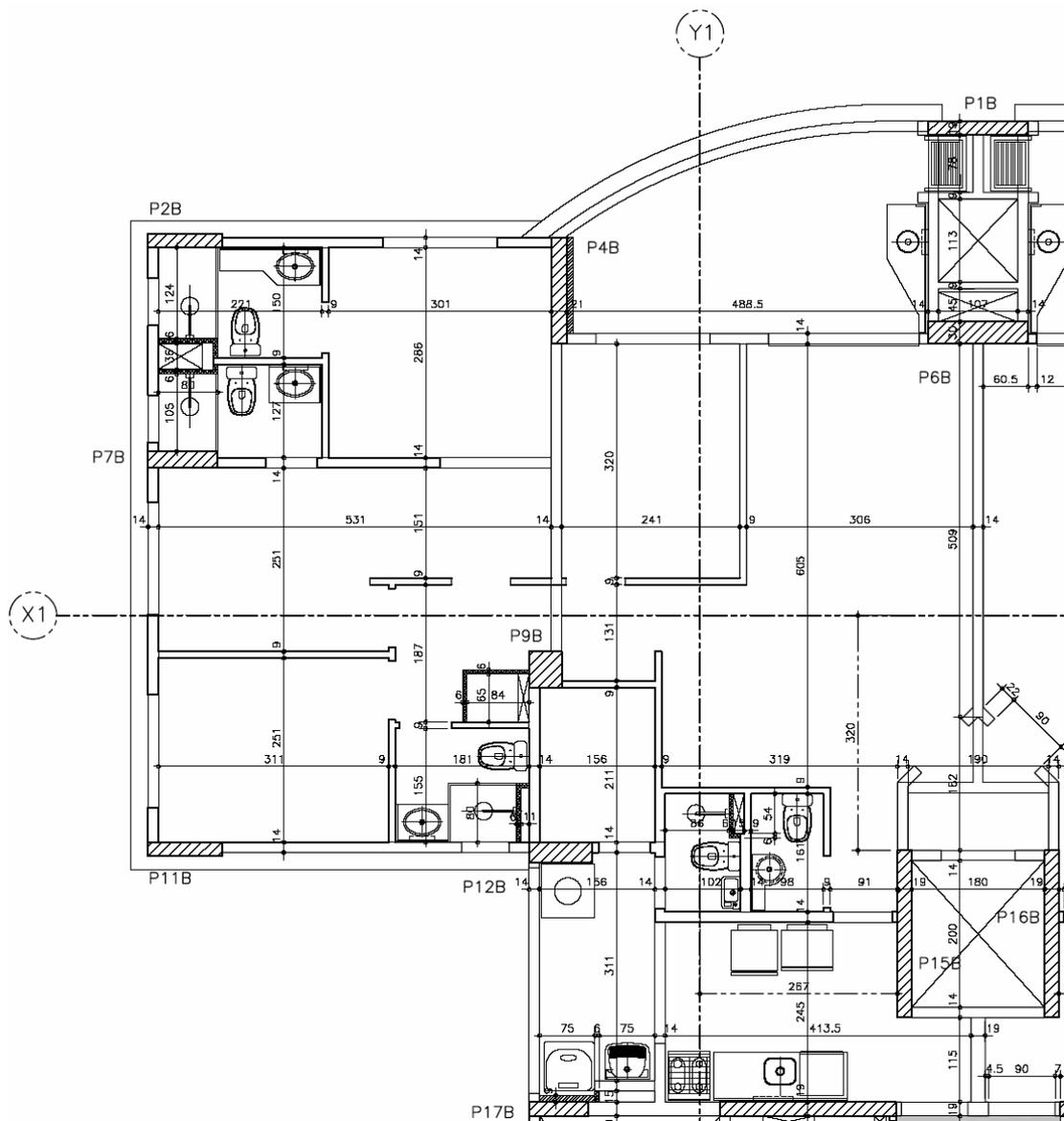


Figura 3.2.1 – Planta original do apartamento - Estudo de Caso A

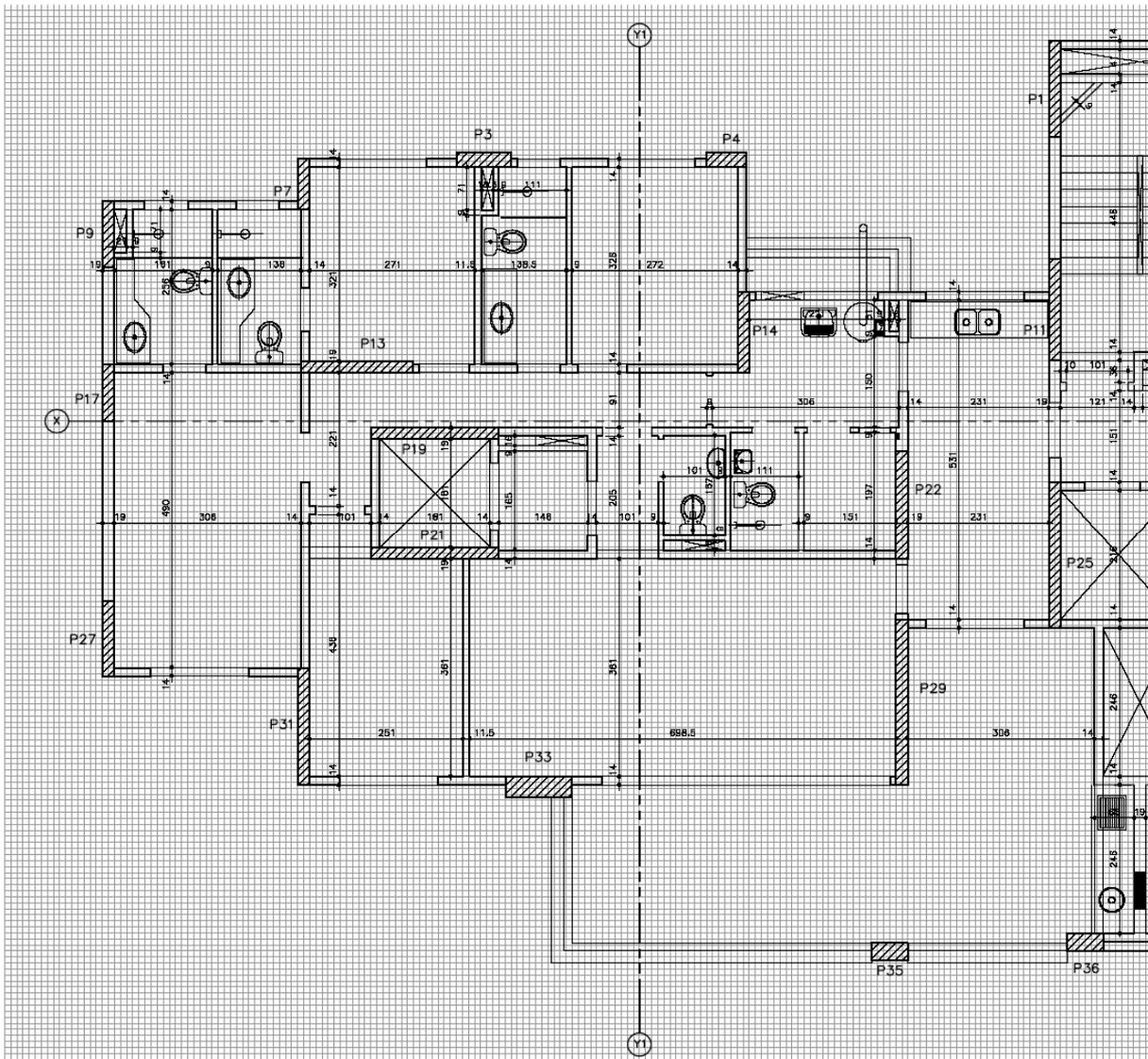


Figura 3.2.4 – Planta coordenada modularmente do apartamento - Estudo de Caso B

Percebe-se que as espessuras das alvenarias não foram alteradas, apenas enquadradas corretamente no quadriculado.

Para uma comparação mais efetiva das alterações realizadas nos projetos para o enquadramento na malha modular, foram extraídos alguns cálculos, a fim de configurar a alteração como possível, sem alteração substancial no produto final.

A Tabela 3.2.1 informa a diferença encontrada na áreas de projeção das lajes e dos pilares, entre o projeto original e o coordenado modularmente para os Estudos de Caso A e B:

ESTUDO DE CASO A			
	PROJETO ORIGINAL	PROJETO COORDENADO	PERCENTUAL DE DIFERENÇA
ÁREA DE PROJEÇÃO TOTAL DO PAVIMENTO TIPO (m ²)	527,80	529,60	0,34%
ÁREA PRIVATIVA POR PAVIMENTO TIPO (m ²)	483,40	484,80	0,29%
ÁREA PRIVATIVA POR UNIDADE (m ²)	120,85	121,20	0,29%
ÁREA TOTAL DE PROJEÇÃO DOS PILARES POR PAVIMENTO TIPO (m ²)	10,50	10,55	0,48%

ESTUDO DE CASO B			
	PROJETO ORIGINAL	PROJETO COORDENADO	PERCENTUAL DE DIFERENÇA
ÁREA DE PROJEÇÃO TOTAL DO PAVIMENTO TIPO (m ²)	381,55	383,05	0,39%
ÁREA PRIVATIVA POR PAVIMENTO TIPO (m ²)	349,60	350,20	0,17%
ÁREA PRIVATIVA POR UNIDADE (m ²)	174,80	175,10	0,17%
ÁREA TOTAL DE PROJEÇÃO DOS PILARES POR PAVIMENTO TIPO (m ²)	11,28	11,31	0,27%

Tabela 3.2.1 – Comparativo de áreas dos Estudos de Caso A e B

Nota-se que as diferenças encontradas tanto nas áreas de laje, quanto nas áreas de projeção dos pilares, são sempre inferiores a 0,5%. Essa metragem pode ser facilmente absorvida no desenvolvimento inicial do projeto, embasando a colocação de que a malha modular com módulo universal pode perfeitamente enquadrar os projetos de empreendimentos desenvolvidos atualmente, sem qualquer prejuízo ao produto de vendas.

O passo seguinte à essa adequação dimensional, foi o desenvolvimento de um novo projeto de modulação das vedações para essas novas plantas dentro da malha modular.

3.3. DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS DOS PPVVA COORDENADOS MODULARMENTE COM PADRÕES DE AMARRAÇÃO

O enquadramento do projeto de vedações em alvenaria foi desenvolvido dentro da coordenação modular com a observância de alguns parâmetros de desenho, visando obter um padrão tal de modulação que nos possibilitasse regrar o assentamento dessa alvenaria, com o objetivo de configurar o que foi chamado “padrões de amarração”.

Primeiramente, a modulação das alvenarias foi executada procurando sempre a locação perfeita dentro da malha modular, perseguindo sempre a “parede ideal”, ou seja, paredes com trespases de 20cm (ou 2 módulos)¹⁶, conforme ilustra a Figura 3.3.1.

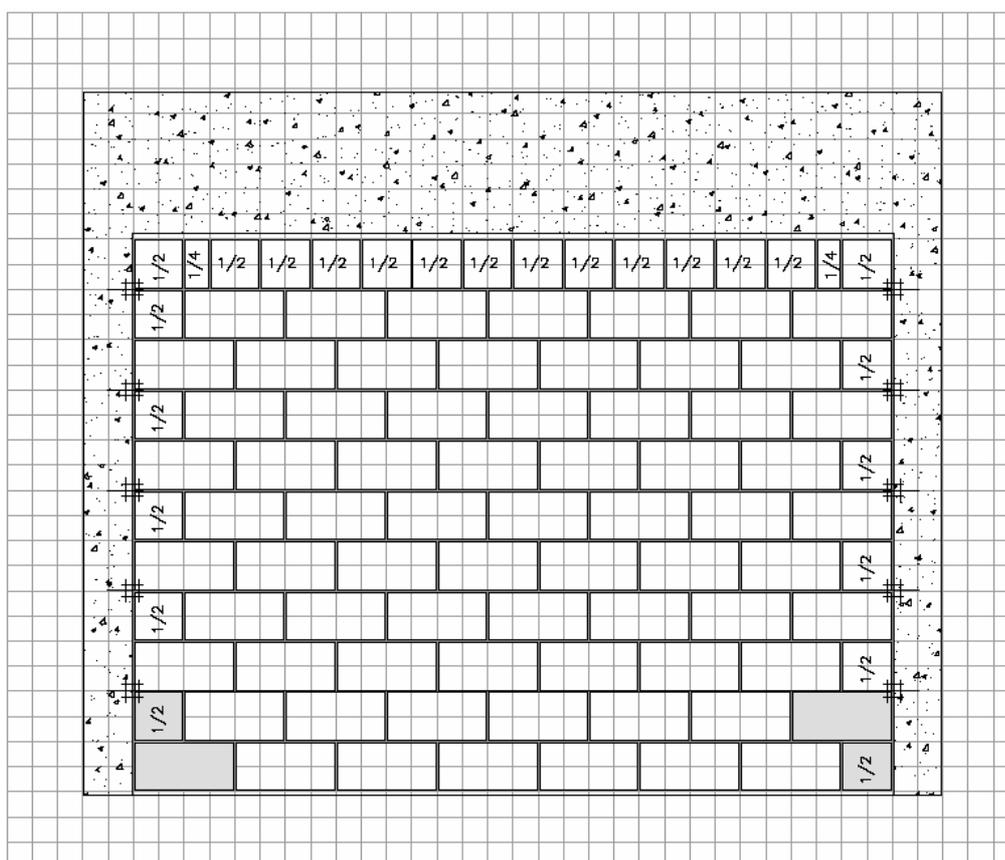


Figura 3.3.1 – Parede com modulação considerada “Ideal”: trespases de 20cm

¹⁶ Trespasse considerado ideal = 20cm, em função da análise em alvenarias moduladas com peças inteiras de medida modular = 40cm.

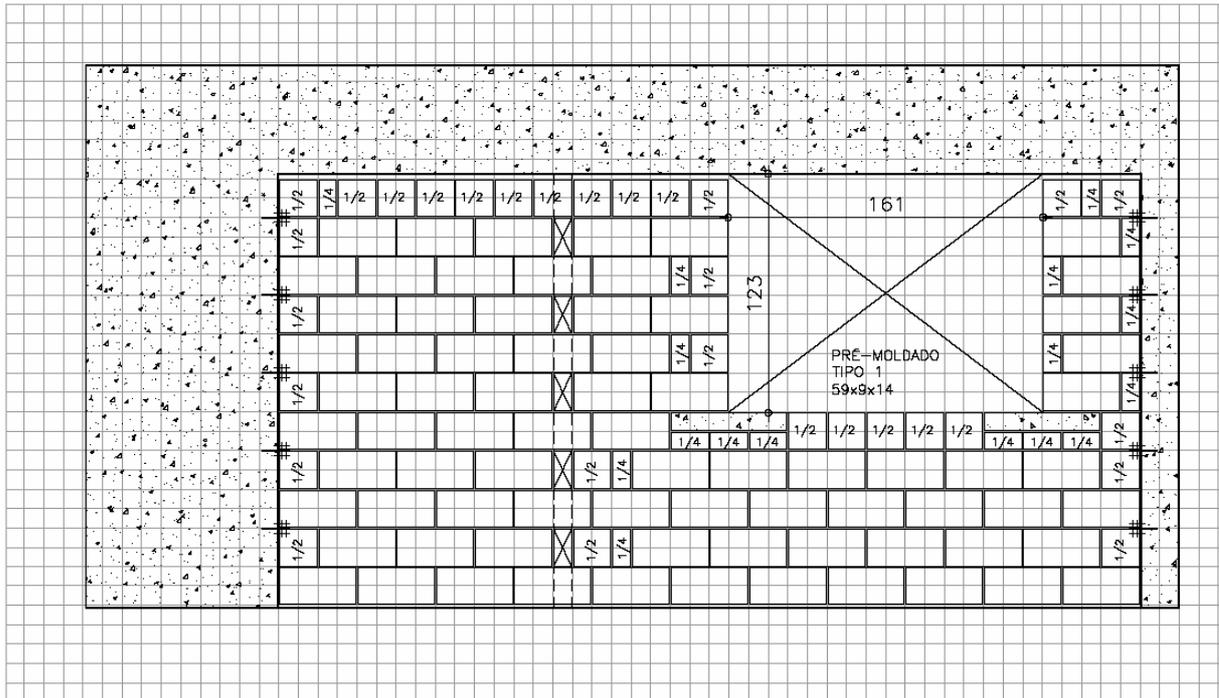
Observa-se que, teoricamente, se os projetos de Arquitetura e Estrutura estão perfeitamente enquadrados na malha modular, se terá como consequência imediata dimensões sempre modulares nas alvenarias, o que configurará modulações com maior índice de repetitividade.

Mas as alvenarias dos projetos praticados atualmente raramente possuem uma configuração tão simples quanto à ilustrada na Figura 3.3.1 . Na prática, percebe-se que temos que conviver com diversas variáveis, que acabam resultando em paredes e modulações diferentes, ou aparentemente diferentes. Dentre essas variáveis, foi possível observar:

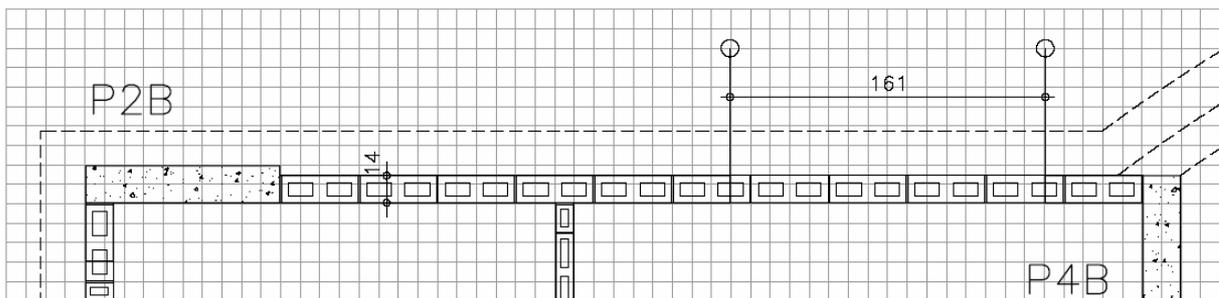
- A malha modular tem o módulo básico de 10cm;
- Os padrões de amarração ideais dos blocos são de 20cm;
- Larga utilização da alvenaria com espessura modular de 15cm (medida nominal=14cm);
- Larga utilização da alvenaria com espessura de 12.5cm (medida nominal=11.5cm);
- Intertravamentos de paredes de 10cm, 12.5cm, 15cm e 20cm, com algumas combinações de posições possíveis dentro da malha, incluindo amarrações de “meio de parede” e amarrações de “canto de parede”;
- Dimensão modular total da parede, que influencia decisivamente na quantidade, tipo e posição das peças.

Para equacionar todos esses fatores, as peças de alvenaria foram locadas, nos estudos de caso, sempre com referência na malha, de forma tridimensional, já que o projeto engloba plantas (num plano horizontal) e as vistas das paredes (num plano vertical), conforme é ilustrado na Figura 3.3.2.

Nota-se que os blocos inteiros foram sempre locados em 4 módulos inteiros, assim como os $\frac{1}{2}$ blocos foram locados em 2 módulos inteiros e o $\frac{1}{4}$ bloco sempre ocupa 1 módulo, de forma a enquadrar perfeitamente os componentes da alvenaria na malha modular, respeitando os ajustes modulares de 0,5cm para cada lado de cada componente.



VISTA DA PAREDE ENQUADRADA NA MALHA MODULAR
PLANO VERTICAL



VISTA DA PAREDE ENQUADRADA NA MALHA MODULAR
PLANO HORIZONTAL

Figura 3.3.2 – Enquadramento das alvenarias na malha modular: plano Horizontal e plano Vertical

Percebe-se que, em função da configuração que a malha modular dá ao projeto, é possível a amarração por intertravamento de quase a totalidade das paredes, o que otimiza a qualidade das amarrações entre alvenarias, e minimiza substancialmente a quantidade de telas metálicas necessárias.

Nesses intertravamentos, nota-se que os blocos de topo (que cortam dada parede) funcionam como elementos entrantes, que puxam a modulação da alvenaria para fora do trespasse ideal

de 20cm ou dois módulos. A função das peças compensadoras de 9cm e de 4cm é justamente reajustar a modulação, enquadrando-a novamente nos padrões ideais.

Assim, conclui-se que sempre que for necessária a utilização do $\frac{1}{2}$ módulo, é obrigatória a compensação desse $\frac{1}{2}$ módulo com a peça de 4cm (ou $\frac{1}{8}$ bloco), para que a modulação persiga os trespases ideais de 20cm e permaneça sempre locada corretamente na malha. Assim ilustra a Figura 3.3.3.

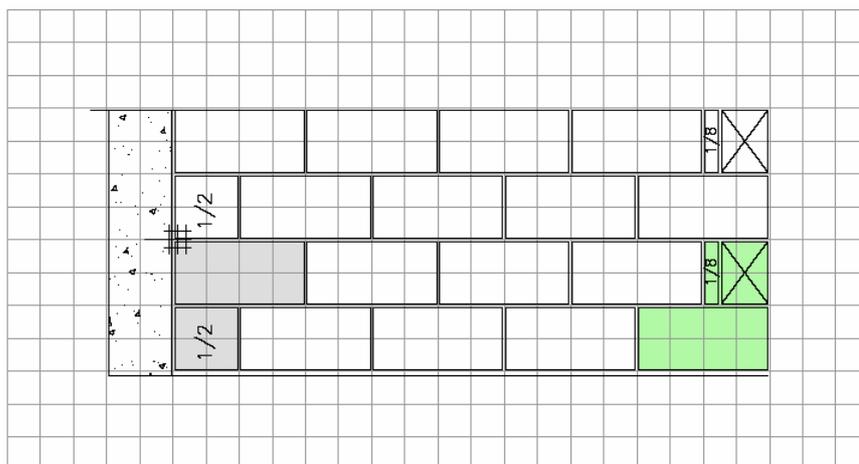


Figura 3.3.3 – Compensação de $\frac{1}{2}$ módulo com o bloco compensador de 5cm (medida modular)

Da mesma forma, quando a compensação necessária for de 10cm (ou 1 módulo inteiro), a peça a ser utilizada para perseguir o trespasse ideal será o $\frac{1}{4}$ bloco, ou peça compensadora de 9cm, conforme ilustrado na Figura 3.3.4.

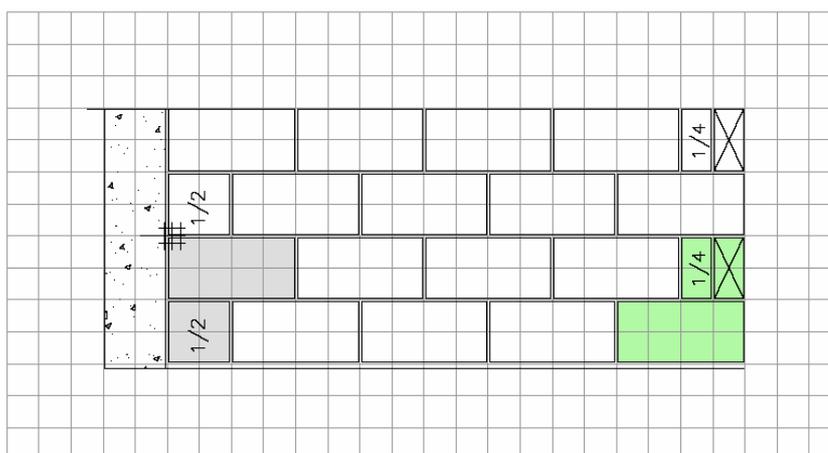


Figura 3.3.4 – Compensação de 1 módulo com o bloco compensador de 10cm (medida modular)

O raciocínio é o mesmo para os intertravamentos de 9cm “no canto” da parede.

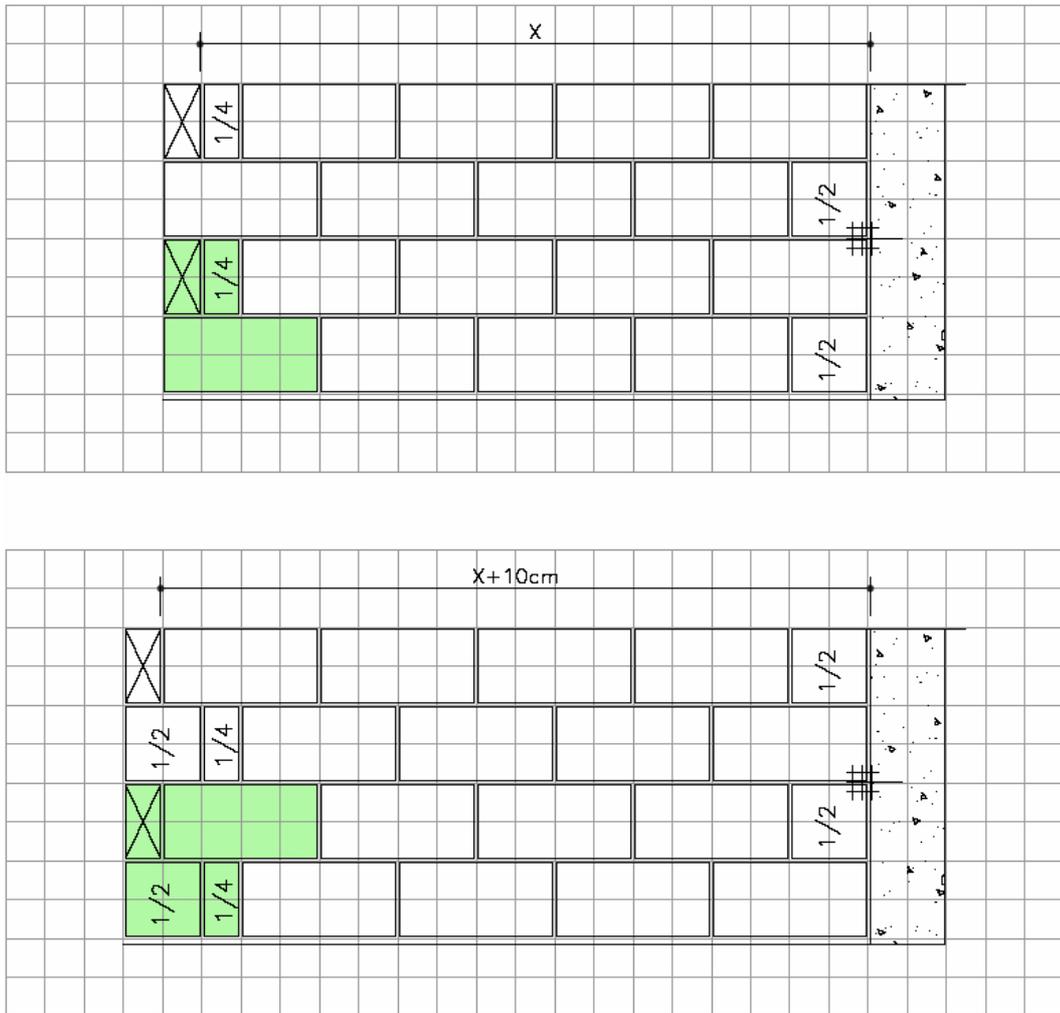


Figura 3.3.6 – Amarrações padrão de 9cm para “canto de parede”

Da mesma forma, a compensação da malha é sempre realizada próxima ao elemento que corta a modulação ideal, ou seja, a parede de topo, com o objetivo de retornar imediatamente ao trespasse ideal.

Percebe-se que, mesmo aumentando a dimensão da alvenaria em 10cm, 20cm ou 30cm, se recai sempre no mesmo padrão de intertravamento, conforme ilustra a Figura 3.3.7.

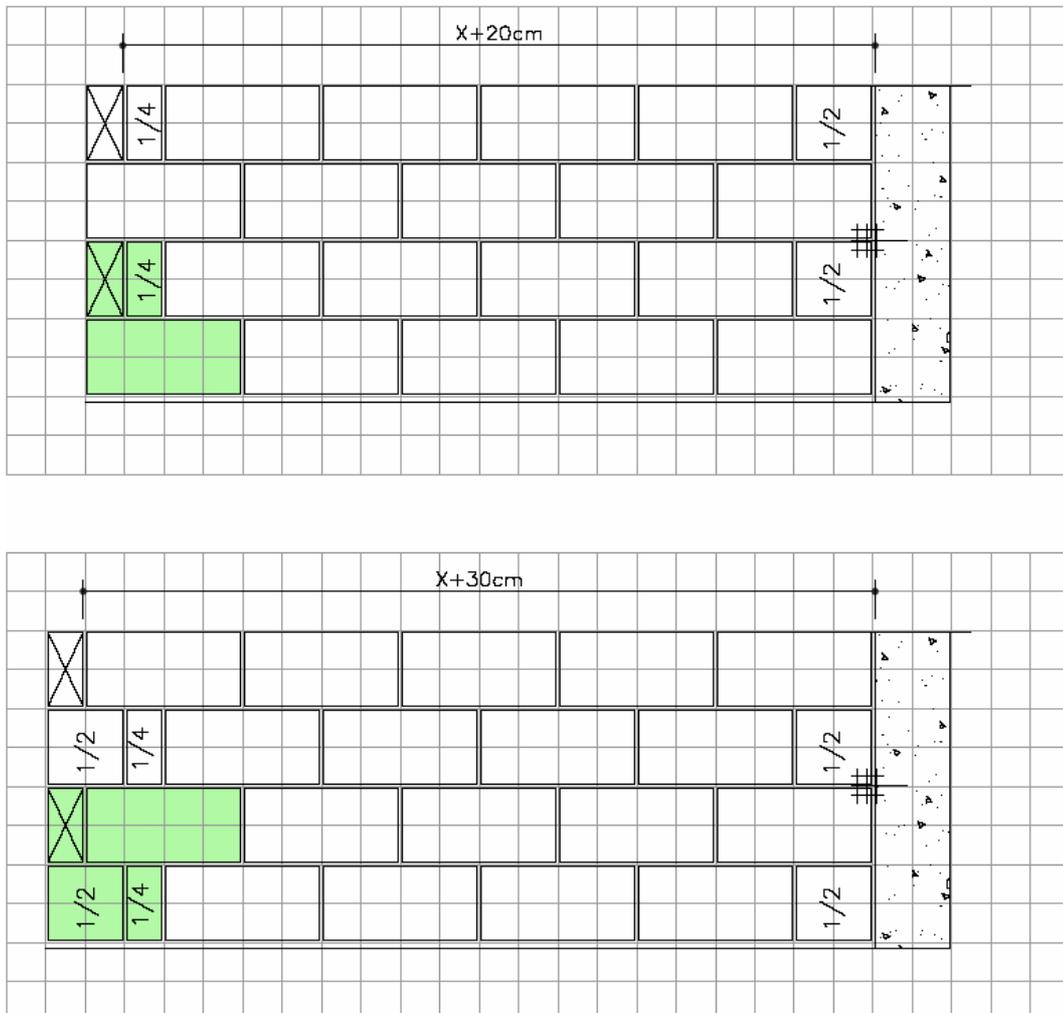


Figura 3.3.7 – Amarrações padrão de 9cm para “canto de parede” – estudo de dimensões

Seguindo a mesma linha de pensamento, tem-se os padrões encontrados para a amarração por intertravamento com paredes de 14cm. Da mesma forma, a compensação da malha é sempre realizada junto ao elemento que corta a modulação ideal, retornando imediatamente ao trespasse de 20cm. Essa compensação pode ser feita fiadas distintas, dependendo da dimensão total da parede, e objetivando a melhor solução global.

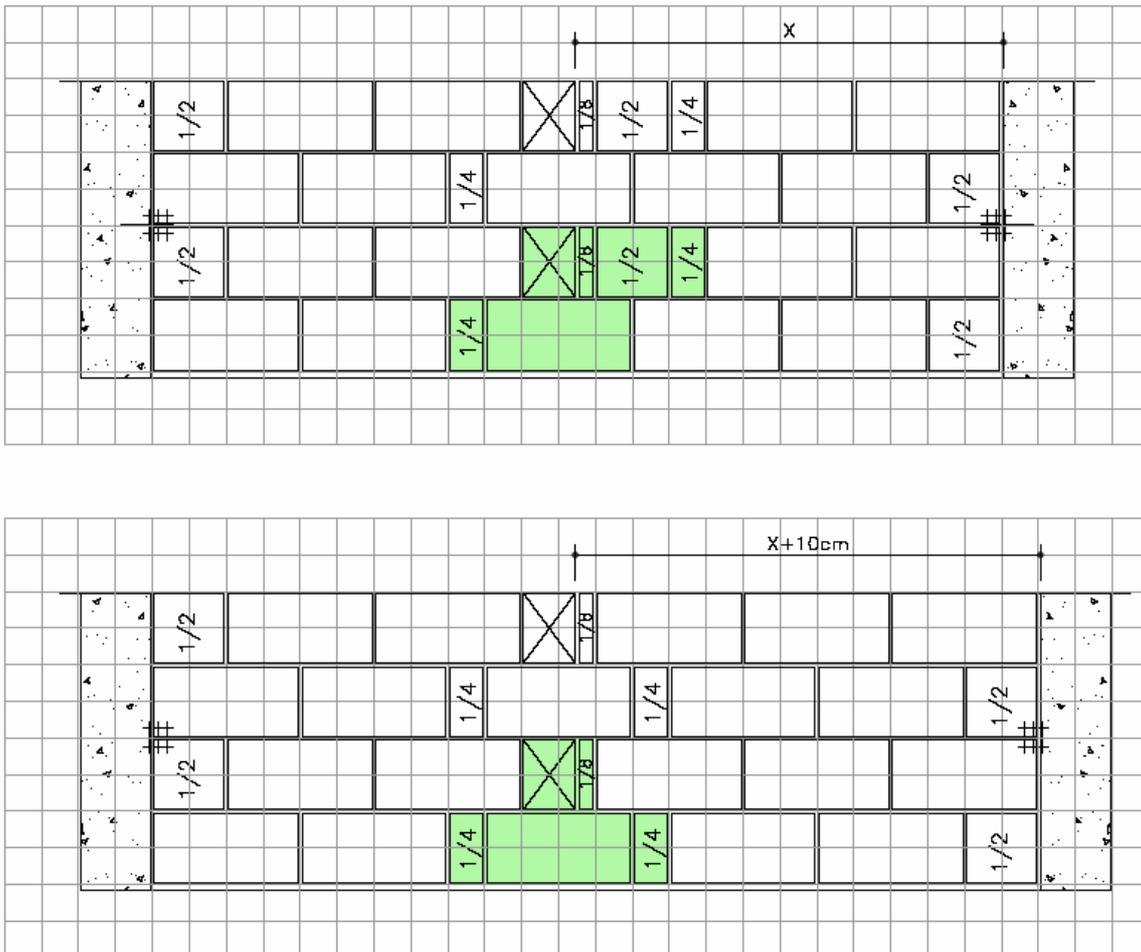


Figura 3.3.8 – Amarrações padrão de 14cm para “meio de parede”

Para os intertravamentos de 14cm “no canto” da parede, a Figura 3.3.9 abaixo ilustra os padrões que se obtve. Como a alvenaria de 14cm utiliza 1 ½ módulo e pode, por definição, estar alinhada a qualquer um dos lados da malha modular, estudou-se a dimensão das paredes em múltiplos de 5cm ou ½ módulo.

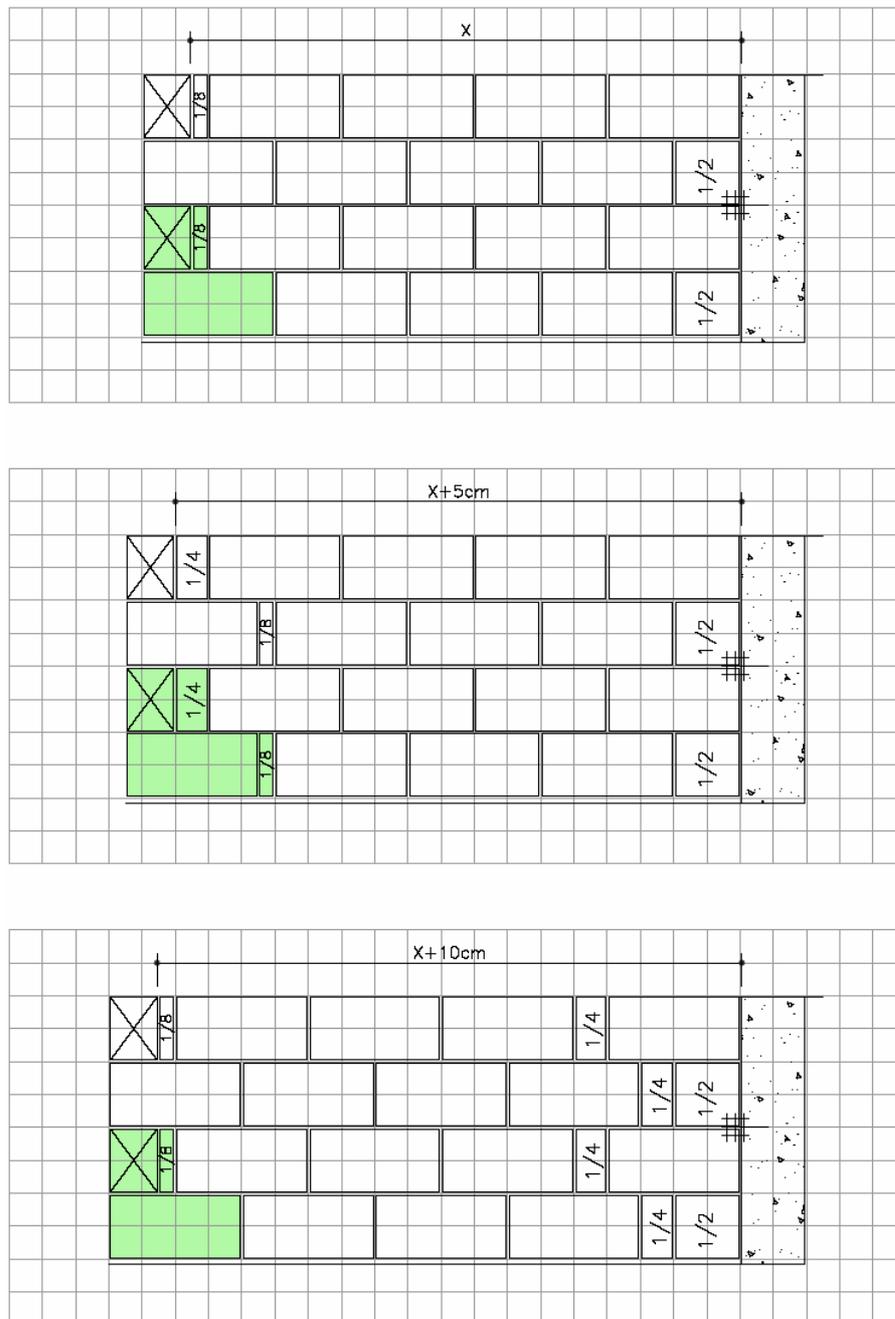


Figura 3.3.9 – Amarrações padrão de 14cm para “canto de parede”

Da mesma forma, se a dimensão da alvenaria for gradativamente aumentada, se observará as mesmas soluções de intertravamento, conforme ilustra a Figura 3.3.10. Nota-se que a parede é modulada sempre rigorosamente na malha modular. Apenas a parede de 14cm invade $\frac{1}{2}$ módulo para uma face ou para outra do bloco.

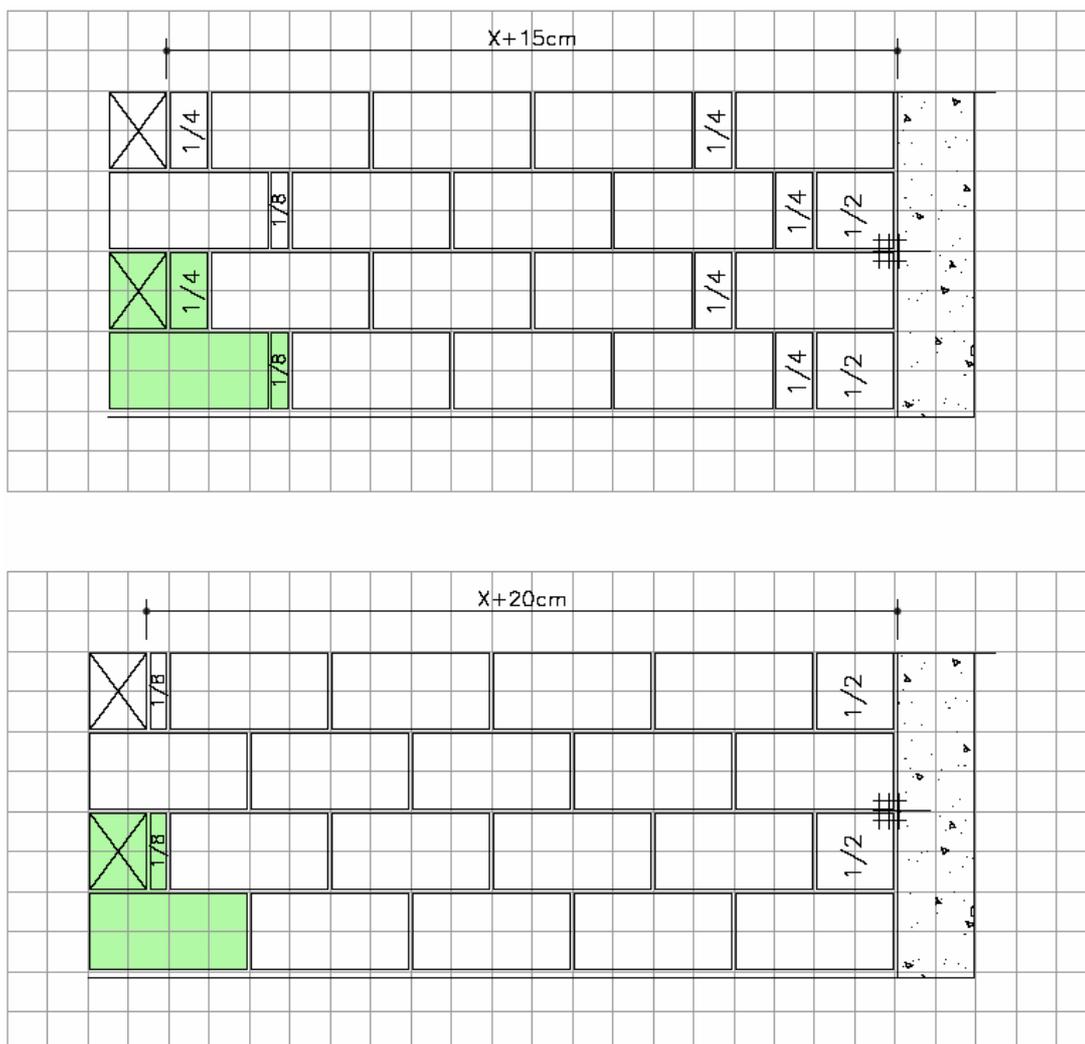


Figura 3.3.10 – Amarrações padrão de 14cm para “canto de parede” – estudo de dimensões

Para o intertravamento com paredes de 19cm, observa-se um quadro semelhante ao das paredes de 14cm, sem que seja necessário o uso do compensador de 5cm, conforme ilustra a Figura 3.3.11.

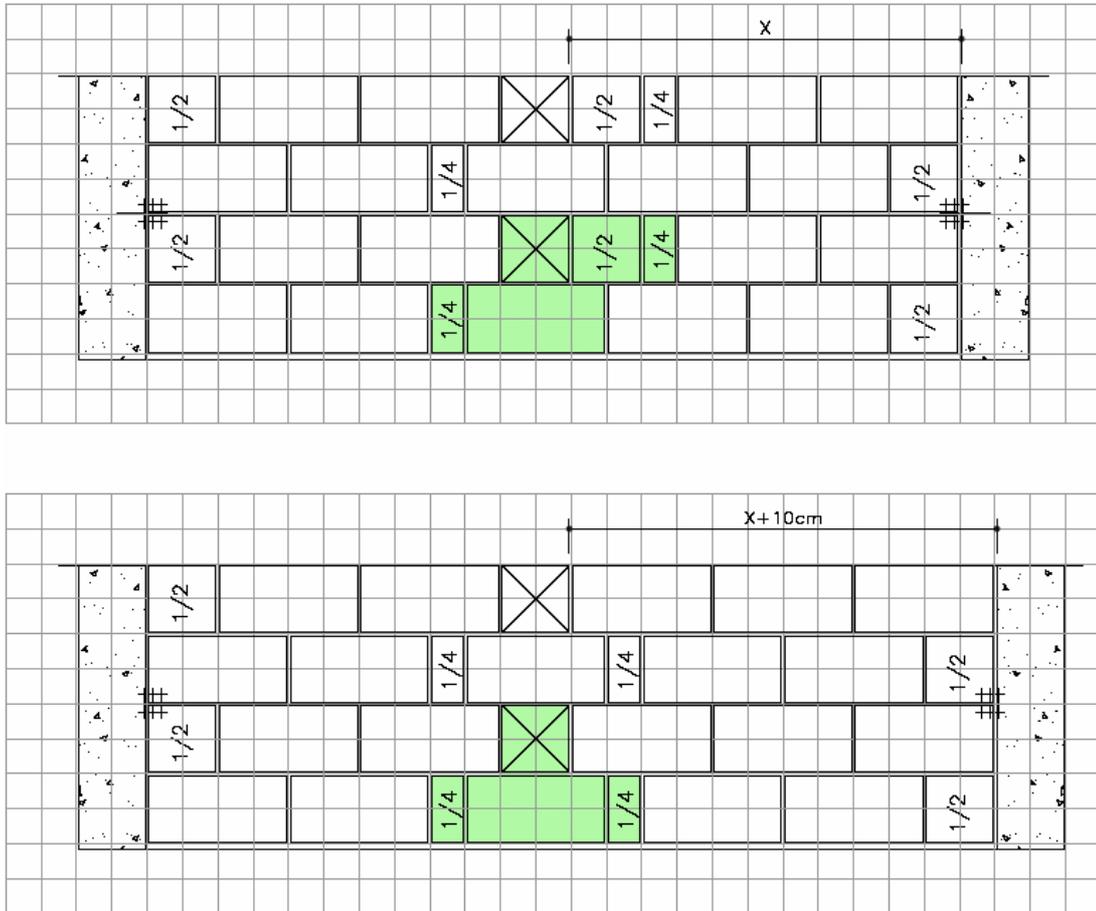


Figura 3.3.11 – Amarrações padrão de 19cm para “meio de parede”

Os intertravamentos com paredes de 19cm em cantos de parede, configuram sempre o mesmo padrão, inclusive quando variamos a dimensão da alvenaria. Esta situação é ilustrada na Figura 3.3.12 a seguir.

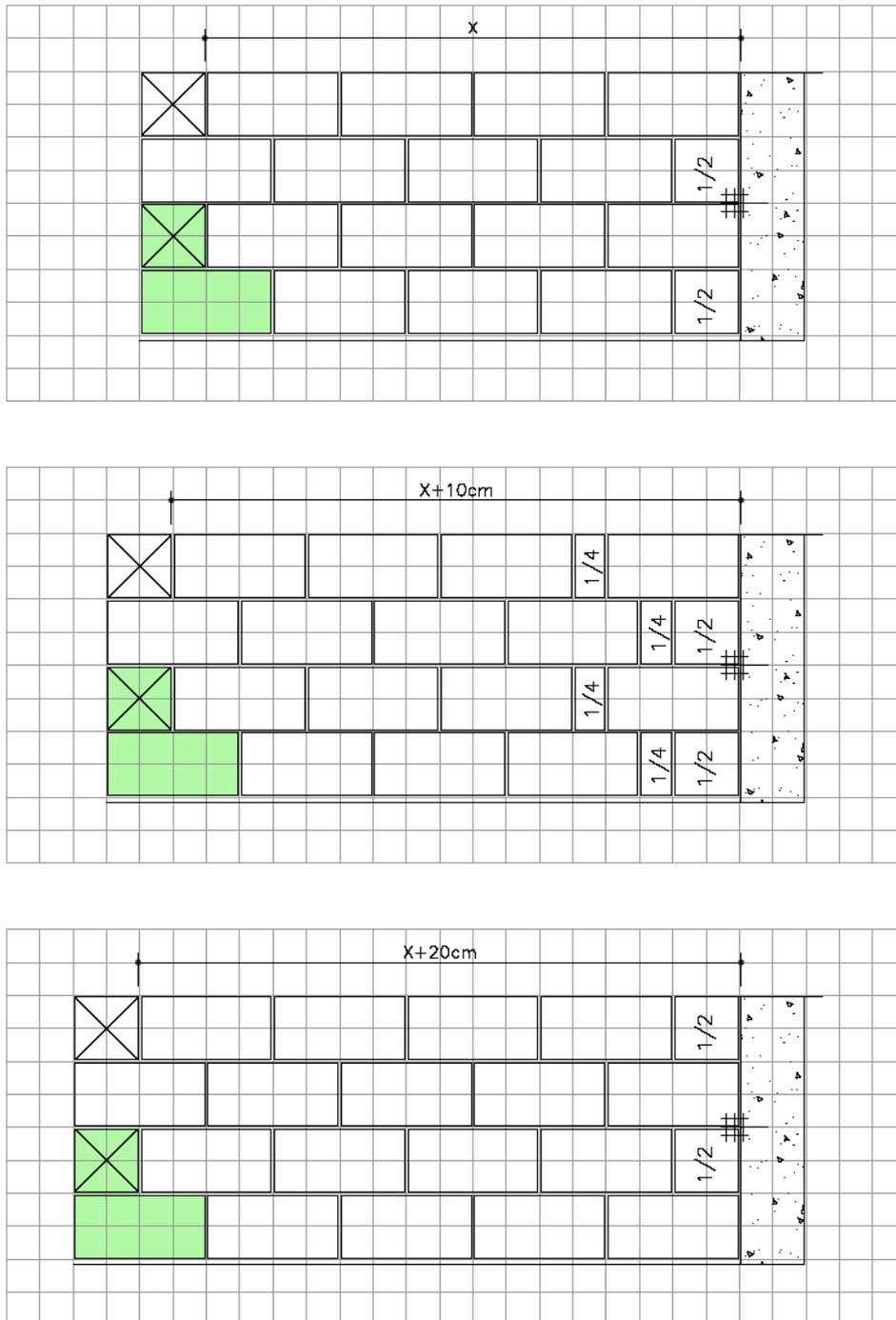


Figura 3.3.12 – Amarrações padrão de 19cm para “canto de parede” – estudo de dimensões

Considerando as peças de alvenaria disponibilizadas no mercado atualmente, as paredes de 11.5cm não deveriam ser utilizadas dentro do conceito da malha modular, pois não se enquadram nas medidas modulares de 1 ou $\frac{1}{2}$ módulo (para as quais se possui peças de alvenaria compensadoras). Mas diante da larga utilização dessas paredes no mercado e, em muitos casos, diante da impossibilidade de substituição das mesmas por paredes de 14cm (em função das dimensões mínimas de ambientes) ou de 9cm (em função da esbelteza para paredes longas ou locação sob estruturas muito deformáveis), pode-se propor uma solução, que não é ideal nos parâmetros da coordenação modular, mas pode ser tecnicamente utilizada.

Nessa proposta, a parede de 11.5cm é intertravada como uma parede de 14cm, e os 3.5cm faltantes são completados com enchimento em argamassa, conforme indica a Figura 3.3.13.

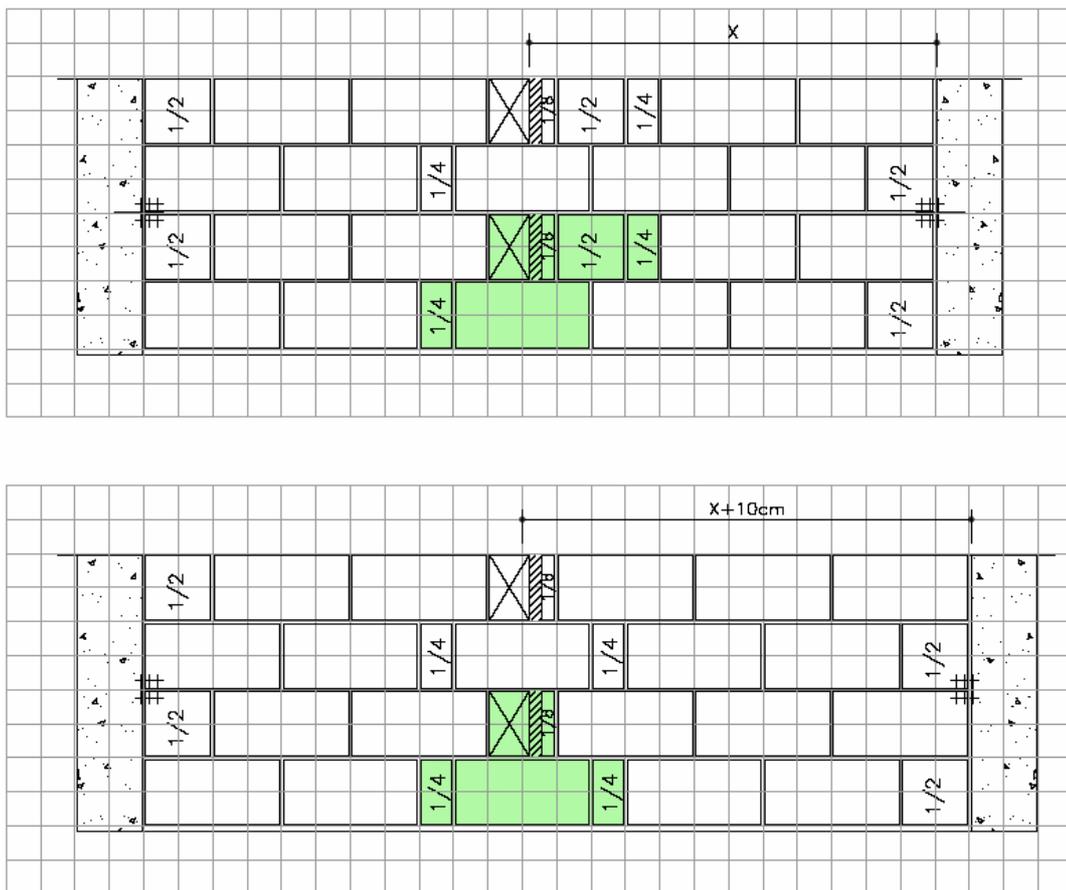


Figura 3.3.13 – Amarrações padrão de 11.5cm para “meio de parede”

Para as amarrações de canto com paredes de 11.5cm se tem a situação ilustrada na Figura 3.3.14.

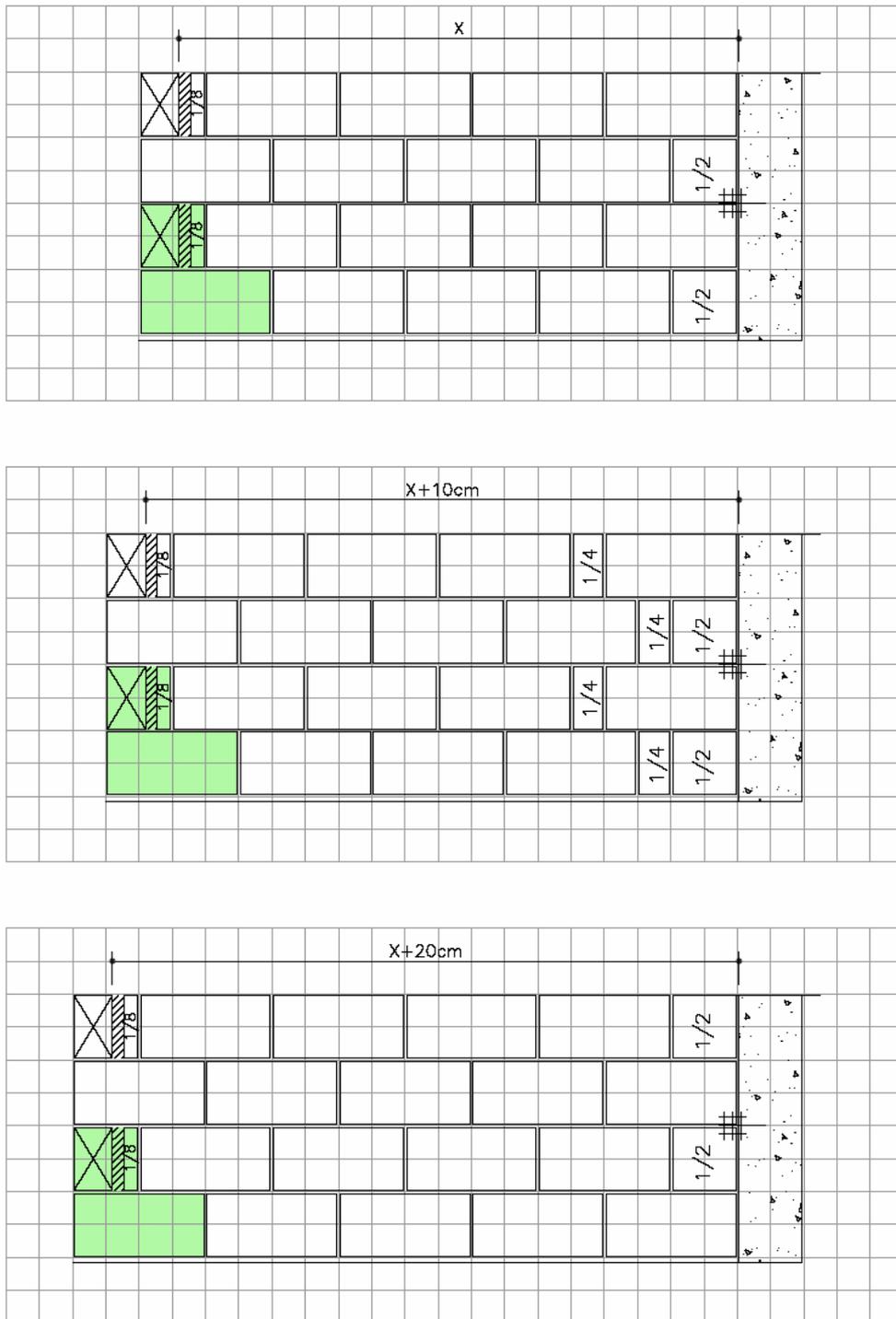


Figura 3.3.14 – Amarrações padrão de 11.5cm para “canto de parede” com estudo de dimensões

Além desses padrões de canto e de meio de parede, pôde-se adotar padrões para intertravamento de espaletas, sejam elas de 5cm (1/2 módulo), ou de 10cm (módulo inteiro). As Figuras 3.3.15, 3.3.16 e 3.3.17 ilustram esses casos.

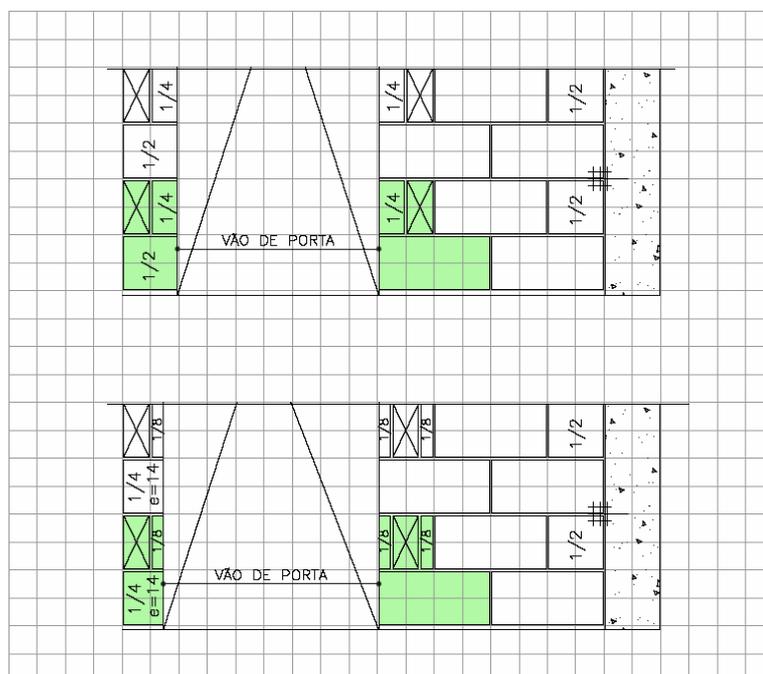


Figura 3.3.15 – Amarrações padrão de 9 cm para espaletas

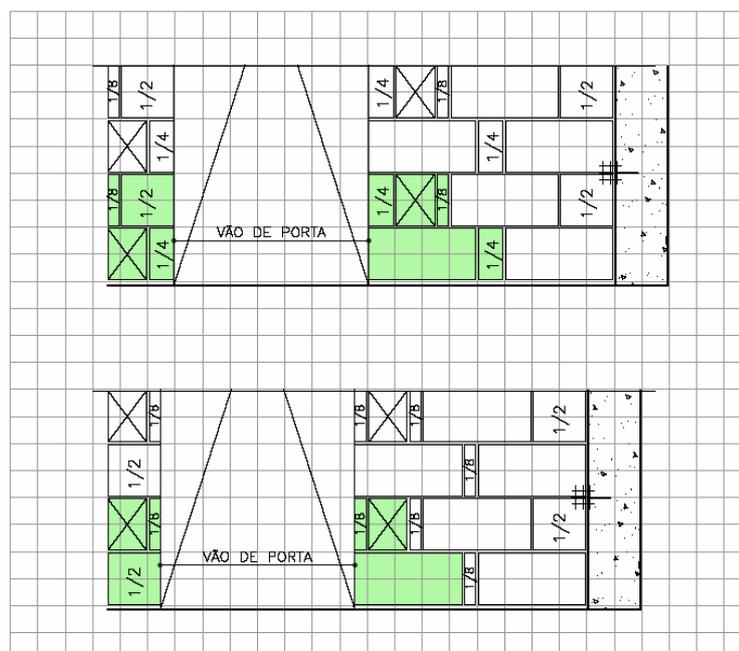


Figura 3.3.16 – Amarrações padrão de 14 cm para espaletas

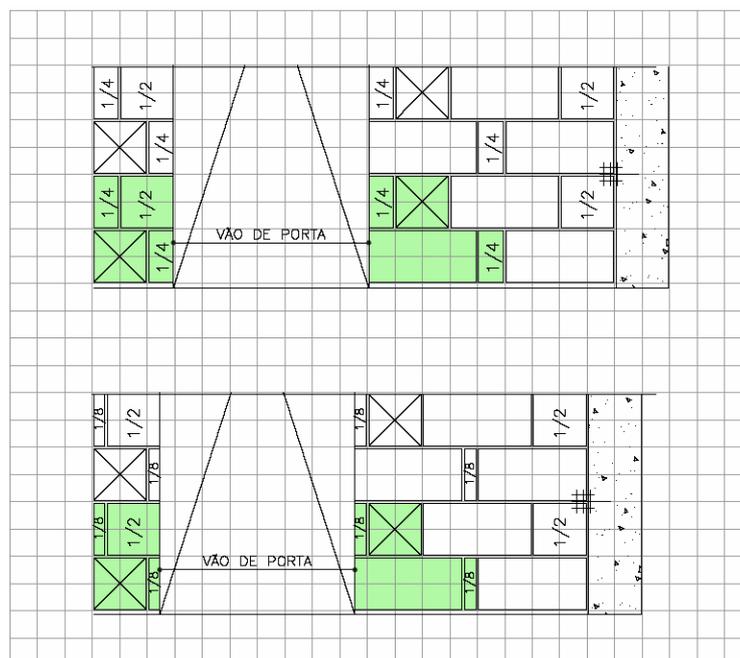


Figura 3.3.17 – Amarrações padrão de 19 cm para espaletas

A observação e pontuação desses raciocínios tornou possível o desenvolvimento dos projetos de modulação dos Estudos de Caso de forma padronizada, ou seja, com as mesmas soluções de amarração para casos classificados como semelhantes.

A modulação passou a ser absolutamente racional, e não mais parcialmente intuitiva como acontece nos projetos convencionais. Isso ficou ainda mais claro e palpável quando se obteve modulações idênticas das alvenarias tomadas como teste, sendo desenvolvidas concomitantemente por diferentes profissionais de projeto, durante os Estudos de Caso.

Num primeiro momento, imaginou-se que essa padronização das amarrações poderia possibilitar a execução das paredes em obra apenas com o projeto da 1ª fiada da alvenaria, aliado a elevações genéricas, que instruissem o profissional de obra a executar a alvenaria com base nos princípios das amarrações padrão.

Isso seria possível, considerando-se:

- Marcação de 1ª fiada de alvenaria projetada para atender ao padrão dos intertravamentos e vistas genéricas instrutivas;
- A correta instrução do profissional de “como amarrar” cada parede, conforme já foi ilustrado anteriormente;
- Determinação de uma seqüência de execução da parede, de forma que o profissional fizesse os assentamentos das peças sem a possibilidade de distorcer o padrão estabelecido.

Para obter o resultado pretendido, essa seqüência de execução das alvenarias poderia ser fixada da seguinte forma:

1. Assentamento da 1ª fiada conforme projeto de vedações;

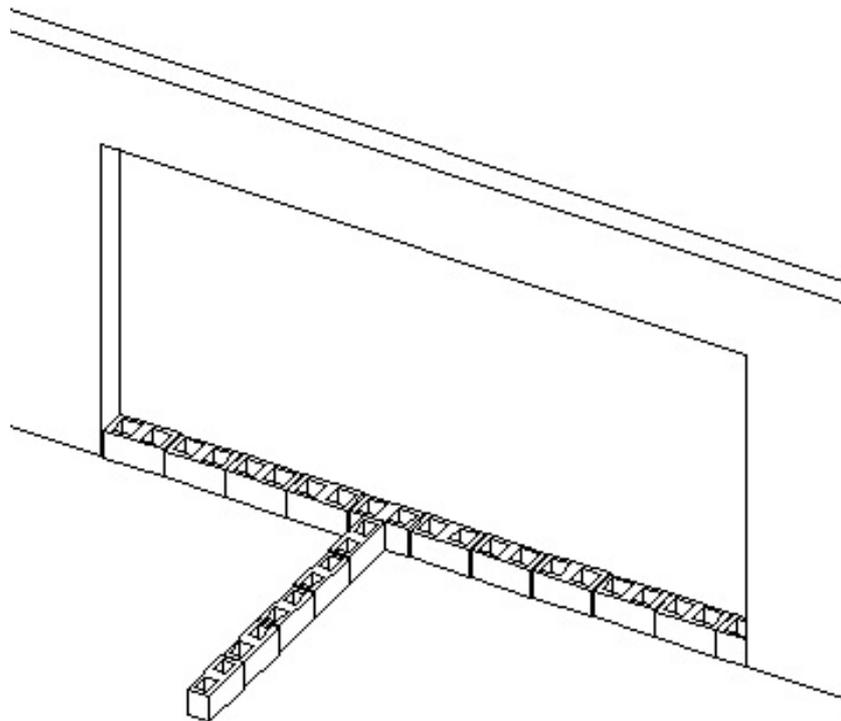


Figura 3.3.18 – Seqüência de assentamento da alvenaria – 1ª Fiada

2. Assentamento das peças nas extremidades da parede e das peças de intertravamento com outras alvenarias, sempre lembrando a amarração ideal de 20cm;

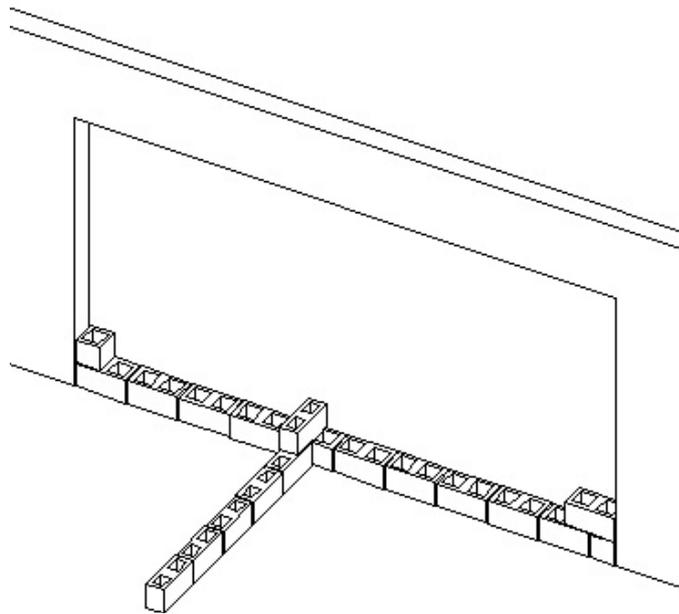


Figura 3.3.19 – Seqüência de assentamento da alvenaria – Extremidades

3. Assentamento da 2ª fiada das pontas em direção às peças de intertravamento;

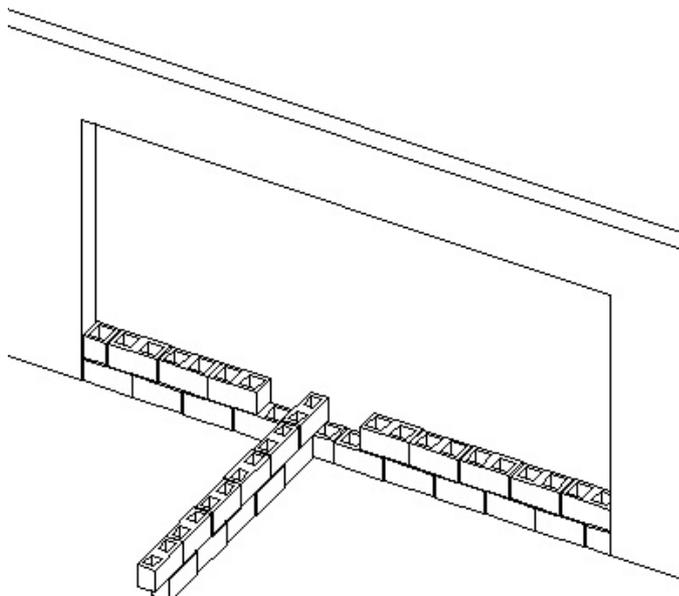


Figura 3.3.20 – Seqüência de assentamento da alvenaria – 2ª Fiada

4. Assentamento dos blocos de travamento das amarrações, com o trespasse mínimo de 10cm em mente;

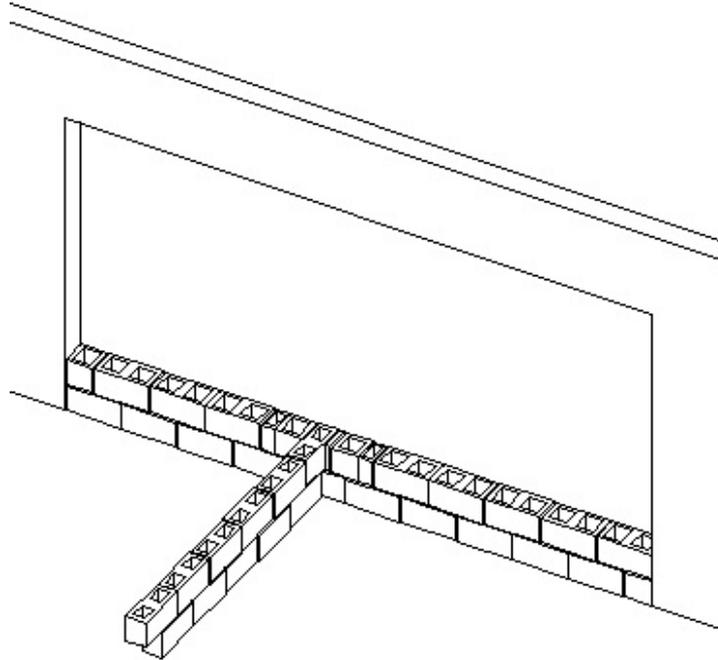


Figura 3.3.21 – Seqüência de assentamento da alvenaria – Travamentos

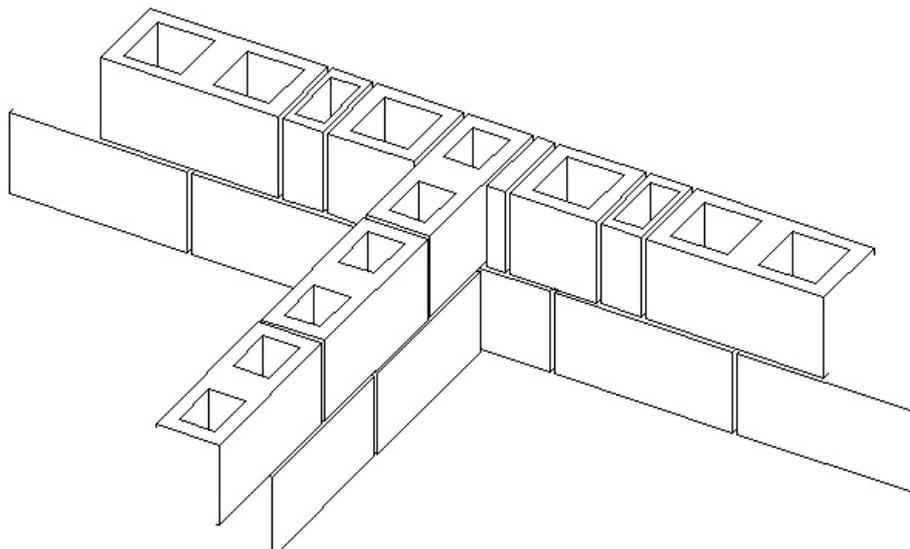


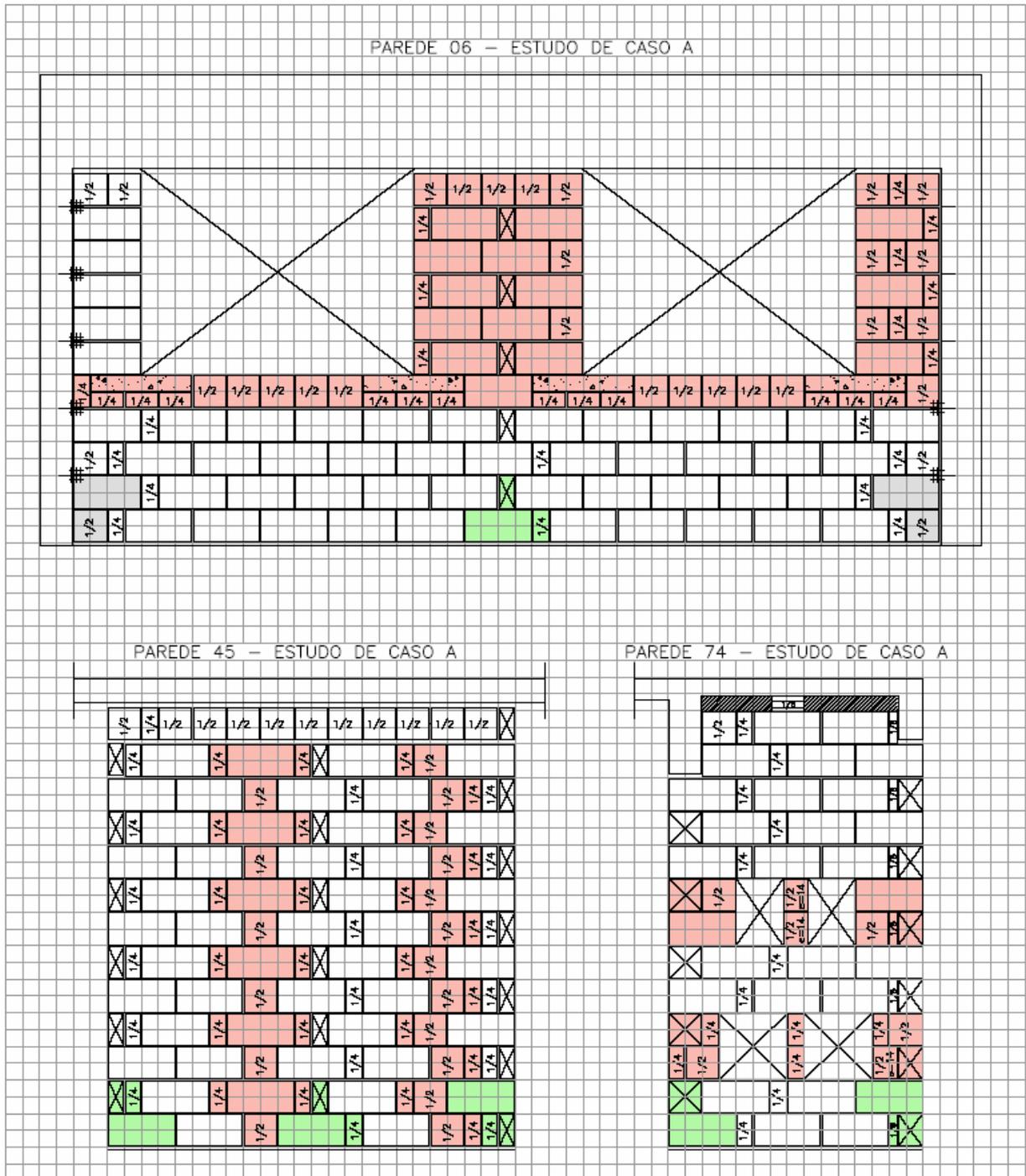
Figura 3.3.22 – Seqüência de assentamento da alvenaria – Detalhe Ampliado

Mas no decorrer dos estudos de caso notou-se que, mesmo com essas informações disponibilizadas, um grande número de paredes configura, em alguma região da sua modulação, o que chamou-se neste trabalho de **zona crítica de modulação**, ou seja, áreas das paredes em que o grande número de interferências acabam por inviabilizar o processo de execução racionalizada sem o projeto de vedações completo.

Geralmente essas zonas críticas se configuraram nos Estudos de Caso na presença de algumas características específicas:

- Paredes com mudança de espessura, o que pode causar confusão no intertravamento dos blocos diferentes;
- Acima de peças pré-moldadas, onde geralmente a modulação não segue o mesmo padrão de modulação estipulado na primeira fiada;
- Junto a vãos, seja de caixilhos ou vãos para passagem de instalações, cuja informação de dimensões e posicionamentos são previamente necessárias para correta modulação da alvenaria;
- Alterações da geometria da estrutura na parede, como alteração de alturas de vigas, ou interferências com vigas perpendiculares;
- Paredes com um grande número de amarrações para uma dimensão pequena no comprimento, dificultando (e algumas vezes inviabilizando) as soluções para intertravamento.

As Figuras 3.3.23 e 3.3.24 ilustram algumas das paredes dos Estudos de Caso desenvolvidos na malha modular que possuem zonas críticas na modulação. O PPVVA completo, com todas as vistas das alvenarias dos Estudos de caso A e B podem ser consultados em mídia eletrônica (cd) anexada ao fim do trabalho.



ONDE:

- AMARRAÇÕES PADRÃO
- AMARRAÇÃO FIXA
- ZONA CRÍTICA DE MODULAÇÃO

Figura 3.3.23 – Exemplos de “zonas críticas” encontradas no Estudo de Caso A

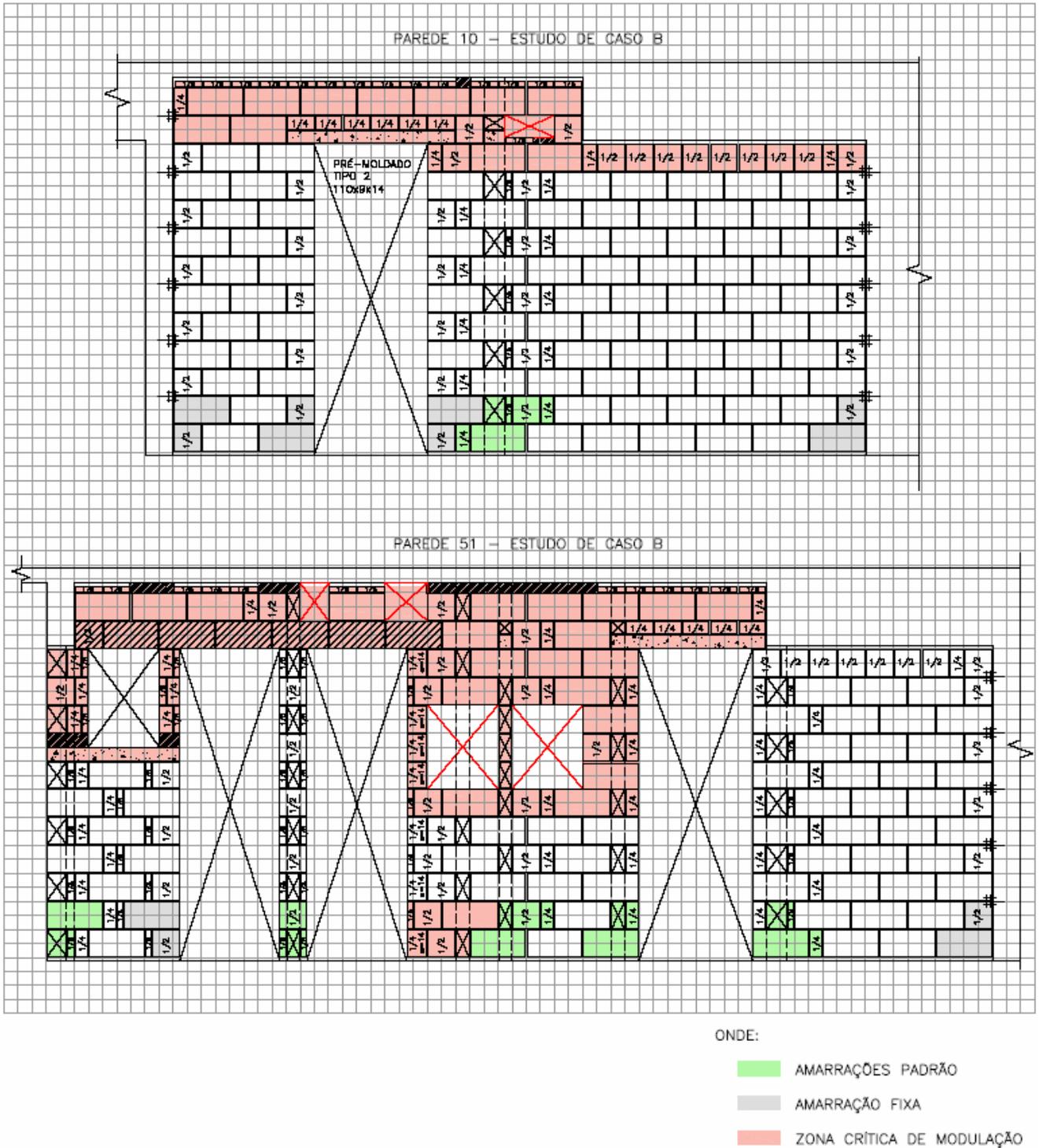


Figura 3.3.24 – Exemplos de “zonas críticas” encontradas no Estudo de Caso B

Como se pode notar, ficaria complicada a execução dessas alvenarias em obra, de forma racional, produtiva e sem prejuízos técnicos, sem a vista completa da parede, mesmo estando o projeto totalmente dentro da malha modular, e tendo os padrões de amarração como premissas.

Ficou claro com estes estudos que a coordenação modular possibilita a adoção de padrões de assentamento e amarração, mas não possibilita, de forma racional e eficiente, a execução da Alvenaria Modulada sem o PPVVA completo. Os ganhos reais estão na interface entre o PPVVA e a coordenação modular, ou seja, estão nos efeitos extremamente positivos que a coordenação modular produz no PPVVA, e conseqüentemente na produção da alvenaria em si.

A padronização do projeto de modulação, conseqüente da coordenação modular e da adoção de padrões de amarração, além de facilitar e agilizar o processo de projeto, pode permitir inclusive, no entender da autora, o desenvolvimento de softwares para o desenho automático das modulações de 1ª e de 2ª fiada, passo hoje ainda muito complicado, dada a diversidade de dimensões e de soluções dentro de um projeto de modulação convencional.

Mas apesar dessas facilidades, a adoção desses padrões de amarração pode também produzir um efeito negativo. Nos estudos de caso analisados, obtivemos um acréscimo de aproximadamente 4,5% na quantidade de peças assentadas por pavimento tipo, quando comparado ao projeto original fora da malha (não coordenado modularmente) conforme mostra a Tabela 3.3.1. Essa conseqüência de aumento nas peças assentadas pode repercutir negativamente na produtividade da alvenaria em obra, no orçamento de compras das peças de alvenaria e conseqüentemente no custo final do subsistema.

		ESTUDO DE CASO A		ESTUDO DE CASO B	
		PROJETO ORIGINAL	PROJETO COORDENADO PADRÕES DE AMARRAÇÃO	PROJETO ORIGINAL	PROJETO COORDENADO PADRÕES DE AMARRAÇÃO
INTEIRO	ESPESSURA 9CM	2634	2668	1002	1002
1/2 BLOCO		954	816	335	320
1/4 BLOCO		420	920	131	238
1/8 BLOCO		842	909	318	457
CANALETA		0	0	12	12
1/2 CANALETA		0	0	2	2
INTEIRO	ESPESSURA 11.5CM	0	0	416	415
1/2 BLOCO		0	0	48	30
1/4 BLOCO		0	0	0	38
1/8 BLOCO		0	0	52	142
INTEIRO	ESPESSURA 14CM	3446	3420	2018	1970
1/2 BLOCO		1575	1419	963	1050
1/4 BLOCO		1020	1318	752	821
1/8 BLOCO		854	693	607	520
CANALETA		31	31	24	24
1/2 CANALETA		9	5	0	0
INTEIRO	ESPESSURA 19CM	206	264	384	386
1/2 BLOCO		154	146	170	184
1/4 BLOCO		64	124	66	102
1/8 BLOCO		102	110	82	30
TOTAL DE PEÇAS ASSENTADAS		12.311	12.843	7.382	7.743
DIFERENÇA %			4,32%		4,89%

Tabela 3.3.1 – Comparativo de quantidades de peças para o pavimento tipo – projeto original X projeto na malha modular com padrões de amarração

Pode-se concluir que esse aumento quantitativo se deve ao efeito “engessamento” da modulação conseqüente da adoção dos padrões de amarração, ou seja, o número pré-determinado de compensações necessárias a cada tipologia de amarração acaba por anular o efeito de otimização quantitativa de peças por fiada de alvenaria, uma das características do projeto convencional. Isso pode ser observado na Figura 3.3.25, que ilustra uma das elevações dos estudos de caso, onde tem-se repetição de peças compensadoras numa mesma fiada de alvenaria. O PPVVA completo, com todas as vistas das alvenarias dos Estudos de caso A e B podem ser consultados em mídia eletrônica (cd) anexada ao final do trabalho.

locação da 1ª fiada e na execução das demais fiadas, já que é mais difícil manter os blocos compensadores no prumo em função da sua própria dimensão e peso. O assentamento dessas peças é mais fácil quando realizado entre os blocos maiores (inteiro e ½ blocos) e, portanto, assim recomendada.

A Figura 3.3.26 ilustra um exemplo dos Estudos de Caso, onde se percebe a localização de blocos compensadores junto aos vãos, além da extensão da “zona crítica de modulação”.

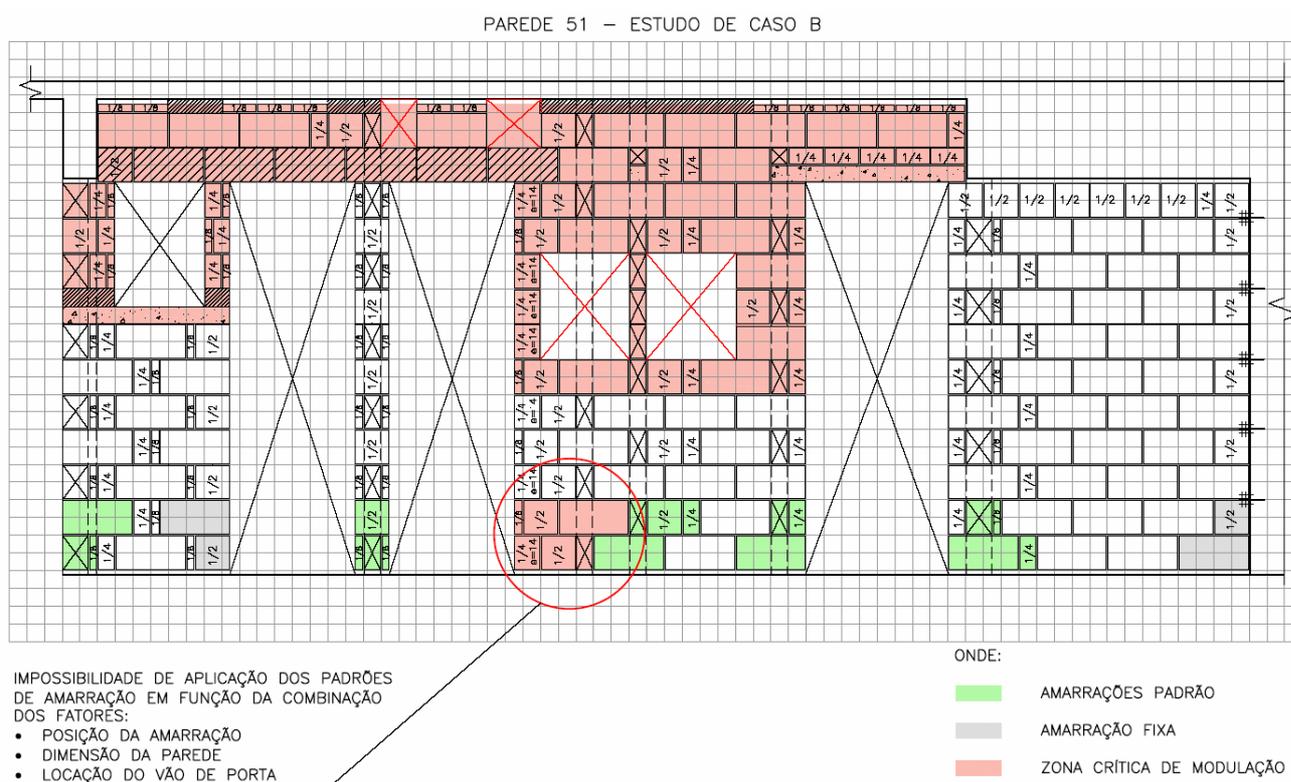


Figura 3.3.26 – Exemplo de impossibilidade de aplicação dos padrões de amarração

3.4. DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS DOS PPVVA COORDENADOS MODULARMENTE BUSCANDO MAIOR RACIONALIDADE QUANTITATIVA

Diante da diferença quantitativa na comparação entre os projetos desenvolvidos na malha com foco na padronização de amarrações e o projeto original fora da malha, sentiu-se a necessidade de desenvolver a modulação das alvenarias dos mesmos projetos enquadrados na malha modular, mas agora desprezando os padrões de amarração, ou seja, procurando

soluções mais inteligentes para o assentamento das peças de alvenaria aliada à racionalidade já imposta pela malha modular.

Foi desenvolvido então, um terceiro projeto de modulação, para cada um dos dois Estudos de Caso, desta vez dentro da coordenação modular, mas sem a imposição dos padrões de amarração encontrados.

Aqui, os projetos de Estrutura e de Arquitetura já estão coordenados modularmente, mas a modulação da alvenaria não necessariamente precisou estar enquadrada na malha. Os principais parâmetros seguidos foram: amarração mínima de 10cm, e otimização das peças assentadas. Ou seja, utilizou-se os mesmos parâmetros básicos de modulação utilizados para o desenvolvimento dos projetos convencionais, mas agora aplicados a projetos na malha modular.

Como resultado, obteve-se um projeto de modulação com um grau ainda mais elevado de racionalização no assentamento das peças, aliando a racionalidade dimensional proporcionada pela malha modular e a racionalidade quantitativa/qualitativa fruto da análise crítica do profissional de projeto.

Observando esses estudos, nota-se que há um ganho visualmente notável na limpeza do projeto com relação aos estudos que utilizaram os padrões de amarração, sem perder absolutamente nada em qualidade da modulação. Continuam sendo perfeitamente possíveis os intertravamentos de quase a totalidade das alvenarias, mas agora com menor número de peças assentadas.

Quantitativamente, estes estudos proporcionaram em média um ganho de aproximadamente 3.7% na quantidade de peças assentadas por pavimento tipo nos Estudos de Caso apresentados, quando comparadas ao projeto original, conforme ilustra a Tabela 3.4.1.

		ESTUDO DE CASO A		ESTUDO DE CASO B	
		PROJETO COORDENADO RACIONALIZ. QUANTITAT.	PROJETO ORIGINAL	PROJETO COORDENADO RACIONALIZ. QUANTITAT.	PROJETO ORIGINAL
INTEIRO 1/2 BLOCO 1/4 BLOCO 1/8 BLOCO CANALETA 1/2 CANALETA	ESPESSURA 9CM	2754	2634	1015	1002
		954	954	338	335
		386	420	181	131
		737	842	395	318
		0	0	12	12
		0	0	2	2
INTEIRO 1/2 BLOCO 1/4 BLOCO 1/8 BLOCO	ESPESSURA 11.5CM	0	0	436	416
		0	0	18	48
		0	0	26	0
		0	0	46	52
INTEIRO 1/2 BLOCO 1/4 BLOCO 1/8 BLOCO CANALETA 1/2 CANALETA	ESPESSURA 14CM	3520	3446	2088	2018
		1434	1575	965	963
		1023	1020	653	752
		423	854	252	607
		31	31	24	24
		5	9	0	0
INTEIRO 1/2 BLOCO 1/4 BLOCO 1/8 BLOCO	ESPESSURA 19CM	285	206	391	384
		144	154	192	170
		54	64	73	66
		90	102	16	82
TOTAL DE PEÇAS ASSENTADAS		11.840	12.311	7.123	7.382
DIFERENÇA %			3,98%		3,64%

Tabela 3.4.1 – Comparativo de quantidades de peças para o pavimento tipo – projeto original X malha racionalizada quantitativamente

Quando comparada ao projeto na malha com os padrões de amarração, essa diferença passa para 8.5% em média, conforme Tabela 3.4.2.

		ESTUDO DE CASO A		ESTUDO DE CASO B	
		PROJETO COORDENADO RACIONALIZ. QUANTITAT.	PROJETO COORDENADO PADRÕES DE AMARRAÇÃO	PROJETO COORDENADO RACIONALIZ. QUANTITAT.	PROJETO COORDENADO PADRÕES DE AMARRAÇÃO
INTEIRO 1/2 BLOCO 1/4 BLOCO 1/8 BLOCO CANALETA 1/2 CANALETA	ESPESSURA 9CM	2754	2668	1015	1002
		954	816	338	320
		386	920	181	238
		737	909	395	457
		0	0	12	12
0	0	2	2		
INTEIRO 1/2 BLOCO 1/4 BLOCO 1/8 BLOCO	ESPESSURA 11.5CM	0	0	436	415
		0	0	18	30
		0	0	26	38
		0	0	46	142
INTEIRO 1/2 BLOCO 1/4 BLOCO 1/8 BLOCO CANALETA 1/2 CANALETA	ESPESSURA 14CM	3520	3420	2088	1970
		1434	1419	965	1050
		1023	1318	653	821
		423	693	252	520
		31	31	24	24
5	5	0	0		
INTEIRO 1/2 BLOCO 1/4 BLOCO 1/8 BLOCO	ESPESSURA 19CM	285	264	391	386
		144	146	192	184
		54	124	73	102
		90	110	16	30
TOTAL DE PEÇAS ASSENTADAS		11.840	12.843	7.123	7.743
DIFERENÇA %			8,47%		8,70%

Tabela 3.4.2 – Comparativo de quantidades de peças para o pavimento tipo - malha racionalizada quantitativamente X padrões de amarração

A Tabela 3.4.3 apresenta o comparativo dos projetos em área de parede modulada. Para este cálculo foram consideradas as medidas modulares dos blocos, ou seja, as medidas nominais + ajustes modulares. Portanto, para:

- Bloco Inteiro = 0,40m (0,39 medida nominal + 0,01 ajuste modular) x 0,20m (0,19 medida nominal + 0,01 ajuste modular) = 0,08 m²
- 1/2 Bloco = 0,20m (0,19 medida nominal + 0,01 ajuste modular) x 0,20m (0,19 medida nominal + 0,01 ajuste modular) = 0,04 m²
- 1/4 Bloco = 0,10m (0,09 medida nominal + 0,01 ajuste modular) x 0,20m (0,19 medida nominal + 0,01 ajuste modular) = 0,02 m²
- 1/8 Bloco = 0,05m (0,04 medida nominal + 0,01 ajuste modular) x 0,20m (0,19 medida nominal + 0,01 ajuste modular) = 0,01 m²

		ESTUDO DE CASO A		ESTUDO DE CASO B	
		PROJETO COORDENADO RACIONALIZ. QUANTITAT.	PROJETO COORDENADO PADRÕES DE AMARRAÇÃO	PROJETO COORDENADO RACIONALIZ. QUANTITAT.	PROJETO COORDENADO PADRÕES DE AMARRAÇÃO
INTEIRO = 0,080 m ²	ESPESSURA 9CM	220,320	213,440	81,200	80,160
1/2 BLOCO = 0,040 m ²		38,160	32,640	13,520	12,800
1/4 BLOCO = 0,020 m ²		7,720	19,400	3,620	4,760
1/8 BLOCO = 0,010 m ²		7,370	9,090	3,950	4,570
CANALETA = 0,080 m ²		0,000	0,000	0,960	0,960
1/2 CANALETA = 0,040 m ²		0,000	0,000	0,080	0,080
INTEIRO = 0,080 m ²	ESPESSURA 11.5CM	0,000	0,000	34,880	33,200
1/2 BLOCO = 0,040 m ²		0,000	0,000	0,720	1,200
1/4 BLOCO = 0,020 m ²		0,000	0,000	0,520	0,760
1/8 BLOCO = 0,010 m ²		0,000	0,000	0,460	1,420
INTEIRO = 0,080 m ²	ESPESSURA 14CM	281,600	273,600	167,040	157,600
1/2 BLOCO = 0,040 m ²		57,360	56,760	38,600	42,000
1/4 BLOCO = 0,020 m ²		20,460	26,360	13,080	16,420
1/8 BLOCO = 0,010 m ²		4,230	6,930	2,520	5,200
CANALETA = 0,080 m ²		2,480	2,480	1,920	1,920
1/2 CANALETA = 0,040 m ²		0,200	0,200	0,000	0,000
INTEIRO = 0,080 m ²	ESPESSURA 19CM	22,800	21,120	31,280	30,880
1/2 BLOCO = 0,040 m ²		5,760	5,840	7,680	7,360
1/4 BLOCO = 0,020 m ²		1,080	2,480	1,460	2,040
1/8 BLOCO = 0,010 m ²		0,900	1,100	0,160	0,300
ÁREA TOTAL DE ALVENARIA/PAVIMENTO TIPO (m²)		670,440	670,440	403,630	403,630

Tabela 3.4.3 – Comparativo de áreas das peças de alvenaria para o pavimento tipo - malha racionalizada quantitativamente X padrões de amarração

Conforme mostra a tabela, embora as áreas parciais por tipologia de blocos sejam diferentes, a soma das áreas (no plano bidimensional vertical) de todos os blocos utilizados em cada projeto é exatamente igual para os dois formatos do projeto de vedações apresentado (padrões de amarração e racionalização quantitativa) ambos desenvolvidos dentro da coordenação modular. Conclui-se portanto que, a diferença obtida anteriormente entre o número de peças de alvenaria desses dois formatos (vide Tabela 3.4.2) se deve, essencialmente, à otimização das peças na modulação das paredes que é possível quando desprezados os padrões de amarração e mantendo, contudo, o intertravamento dos blocos nos encontros das alvenarias.

3.5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

3.5.1 A MODULAÇÃO DA ALVENARIA

A partir dos resultados obtidos com esses estudos de caso, podemos concluir que a coordenação modular conferiu aos projetos qualidade tal que possibilitou um aumento significativo do grau de racionalização da modulação da alvenaria, sob alguns dos aspectos mais relevantes dentro desse subsistema construtivo.

Nota-se claramente uma diferença substancial na **qualidade da modulação** geral das paredes. No projeto coordenado modularmente temos, como já foi colocado anteriormente, o intertravamento de quase a totalidade das alvenarias (sem a necessidade de telas metálicas), configurando ligações mais eficientes e baratas entre as paredes.

Os trespasses são, excetuando-se casos raros, de 10cm no mínimo (1 módulo), e conseguimos na maioria das alvenarias garantir o trespasses ideal de 20cm, o que nos garante maior eficiência na distribuição das cargas, considerando a posição constante dos septos centrais (dos blocos inteiros) da grande maioria dos fabricantes no padrão estudado.

Além disso, nas paredes dos projetos coordenados modularmente praticamente não temos blocos quebrados, dadas as condições de perfeita modularidade conseguida através da malha.

Temos ainda a inexistência de juntas diferentes de 1 cm, (excetuando-se os casos de paredes com 11.5cm de espessura – não recomendado) conferindo ao projeto uniformidade, objetividade e clareza, já que não são mais necessários processos de “abrir juntas” para viabilizar a modulação, o que certamente agiliza não só o processo do projeto, como também a execução da obra.

Percebe-se também uma objetividade, organização e clareza tais, que possíveis erros e incompatibilidades se tornam mais facilmente perceptíveis no contexto.

Além disso, as horas técnicas necessárias para resolver a modulação dos estudos de caso coordenados modularmente caíram aproximadamente para 70% do que demandaram os projetos convencionais dos Estudos de Caso.

A malha modular possibilitou também a visualização dos projetos sob dois aspectos importantíssimos dentro do contexto das vedações: a padronização das soluções de modulação e a otimização na quantidade de peças assentadas. Os projetos puderam ser desenvolvidos sob estas duas lentes, e cada uma delas conferiu ganhos e perdas ao subsistema como um todo. Quando priorizou-se a padronização, aumentou-se o número de peças assentadas. Quando foi racionalizado o assentamento das peças em número, não foi possível promover uma padronização das soluções de amarração.

No entender da autora, os ganhos reais para o empreendimento, sob a ótica do subsistema vedações, estão na interface entre o PPVVA e a coordenação modular, ou seja, estão no potencial dimensional e racional básico que a coordenação modular confere ao projeto, aliado à busca da máxima racionalização sistêmica da alvenaria proporcionada pelo projeto de vedações.

3.5.2 AS PEÇAS PRÉ- MOLDADAS

Como se pode notar nos Estudos de Caso desenvolvidos na malha modular¹⁷, o planejamento das peças pré-moldadas como vergas e contra-vergas fica significativamente facilitado, já que todas estas peças passam a ter medidas modulares.

Se considerarmos que a maioria absoluta dos vãos de portas seguirão sempre o padrão de dimensões 71cm/ 81cm/ 91cm/ 101cm (medidas nominais), e combinarmos com as espessuras das paredes 09cm/ 14cm, 19cm (medidas nominais), poderemos criar padrões de mercado para essas peças, já que altura e trespasse serão sempre os mesmos dentro da malha modular (09cm e 19cm respectivamente em medidas nominais), possibilitando a compra desses pré-fabricados ao invés da fabricação no canteiro.

¹⁷ O PPVVA completo, com todas as vistas das alvenarias dos Estudos de caso A e B podem ser consultados em mídia eletrônica (cd) anexada ao fim do trabalho.

A Tabela 3.5.2.1 traz uma exemplificação de padronização dimensional possível para os pré-moldados mais utilizados atualmente, adaptados às premissas da coordenação modular.

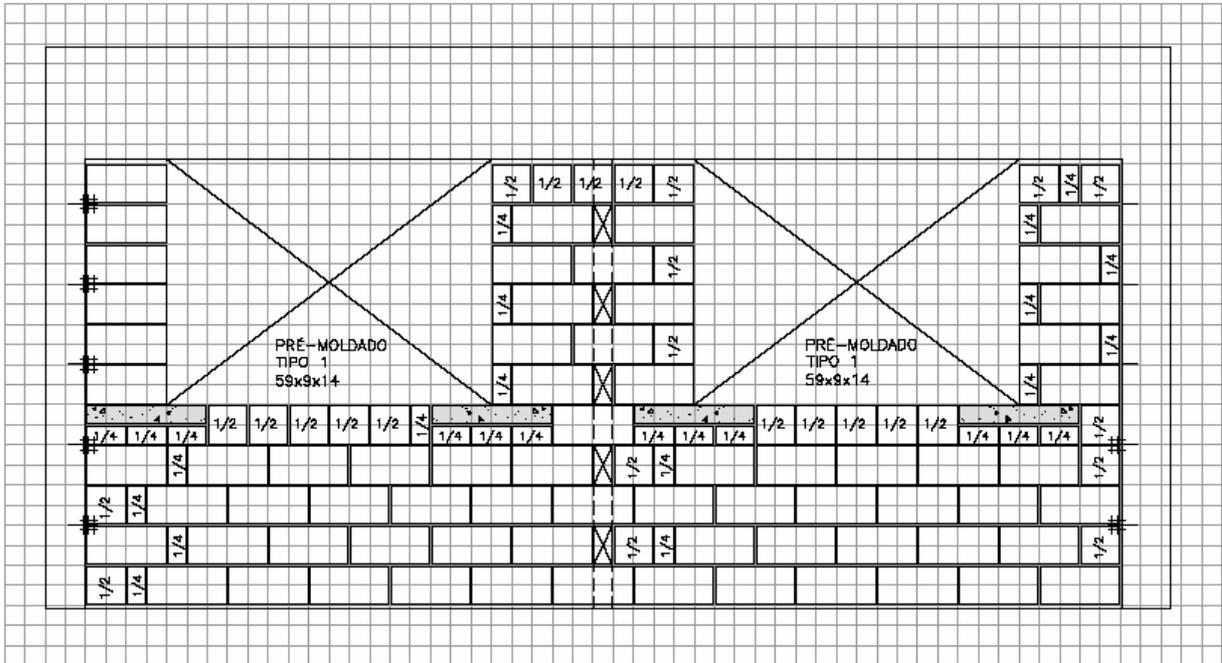
			PRÉ-MOLDADOS (MEDIDAS NOMINAIS)				
VÃO NOMINAL NA ALVENARIA	VÃO LUZ ACABADO	FOLHA DA PORTA	ALTURA (CM)	LARGURA (CM)	ESPESSURA (CM)		
71 cm	60 cm	62 cm	9	109	9	14	19
81 cm	70 cm	72 cm	9	119	9	14	19
91 cm	80 cm	82 cm	9	129	9	14	19
101 cm	90 cm	92 cm	9	139	9	14	19
Independente	-	-	9	59	9	14	19

Tabela 3.5.2.1 – Exemplificação de padronização para pré-moldados dentro da malha modular

Nota-se que o cálculo da largura dos pré-moldados sempre considera o ajuste modular de 0.5cm para cada lado, resultando em dimensões “final 9”. Uma exemplificação de locação desses pré-moldados é ilustrada na Figura 3.5.2.1. O PPVVA completo, com todas as vistas das alvenarias dos Estudos de caso A e B podem ser consultados em mídia eletrônica (cd) anexada ao fim do trabalho.

Nota-se que os trespasses dos pré-moldados às alvenarias são sempre em medidas modulares, ou seja, 2 ou 3 módulos inteiros, conforme o tipo e aplicação da peça na parede.

PAREDE 06 – ESTUDO DE CASO A



PAREDE 10 – ESTUDO DE CASO B

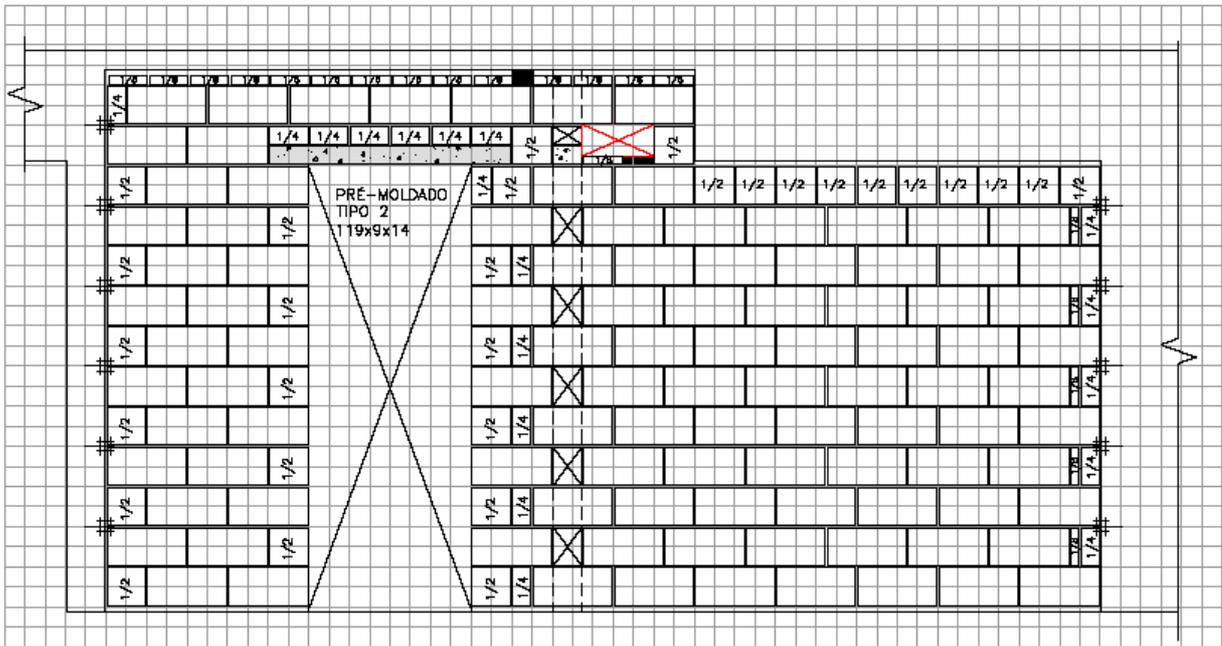


Figura 3.5.2.1 – Exemplificação de locação de pré-moldados padronizados nos Estudos de Caso

3.5.3 AS TELAS METÁLICAS

Como já foi colocado anteriormente, o desenvolvimento dos Estudos de Caso na malha modular possibilitou o intertravamento das alvenarias na quase totalidade das paredes. A utilização das telas metálicas ficou praticamente restrita às amarrações de paredes de shafts, mais por determinação de tecnologia construtiva do que por impossibilidade de adequá-las a malha modular, e ao encontro das alvenarias com pilares. A Tabela 3.5.3.1 quantifica essa diferença nos Estudos de Caso analisados.

	ESTUDO DE CASO A (SHAFTS EM GESSO ACARTONADO)		ESTUDO DE CASO B (SHAFTS EM ALVENARIA)	
	PROJETO COORDENADO MODULARMENTE	PROJETO ORIGINAL	PROJETO COORDENADO MODULARMENTE	PROJETO ORIGINAL
TELAS ENTRE ALVENARIAS	55	373	104	295
TELAS ENTRE ALVENARIA E ESTRUTURAS	695	695	647	647
TOTAL DE TELAS UTILIZADAS	750	1.068	751	942
DIFERENÇA %		42,40%		25,43%

Tabela 3.5.3.1 – Comparativo de quantidades de telas para o pavimento tipo – projeto original X projeto coordenado modularmente

Pode-se notar que a condição de modularidade conquistada com o uso da malha modular possibilitou uma redução significativa no número de telas necessárias para ligar alvenarias. Se aliarmos esses resultados ao fato de que, atualmente a eficiência das telas de amarração com os pilares tem sido muito discutida e, em vários casos a utilização das mesmas tem sido reduzida a alguns pontos apenas, concluímos que pode-se chegar a uma necessidade de utilização desse componente bastante restrita dentro do subsistema vedações.

3.5.4 A LOCAÇÃO DAS INSTALAÇÕES

A proposta deste trabalho é analisar as conseqüências diretas da coordenação modular no projeto de vedações em alvenaria, com foco na modulação. Isso levou a uma análise mais aprofundada no que diz respeito às interfaces entre os projetos de Estrutura e de Arquitetura, já

que estes são os principais determinantes da configuração das alvenarias. Mas durante os estudos de caso, foi possível perceber e algumas questões interessantes quanto aos projetos de instalações, cujo estudo aprofundado pode ser alvo de outro trabalho.

Com relação ao projeto de instalações elétricas, a passagem dos eletrodutos pelo interior dos blocos passou a ser levemente facilitada no projeto coordenado modularmente, já que os trespasses entre as peças ficaram mais uniformes.

Com relação às instalações hidráulicas, percebe-se que, dependendo do conceito construtivo, a adoção de eixos de peças sobrepostos à malha modular não é uma boa solução na interface com a modulação da alvenaria. Por exemplo, se as instalações hidráulicas forem embutidas na alvenaria, ou seja, a alvenaria será rasgada para a passagem da tubulação, a adoção do eixo da peça coincidindo com a malha pode implicar num rasgo na alvenaria bem na região dos septos dos blocos, o que não é recomendado, conforme ilustra a Figura 3.5.4.1 abaixo.

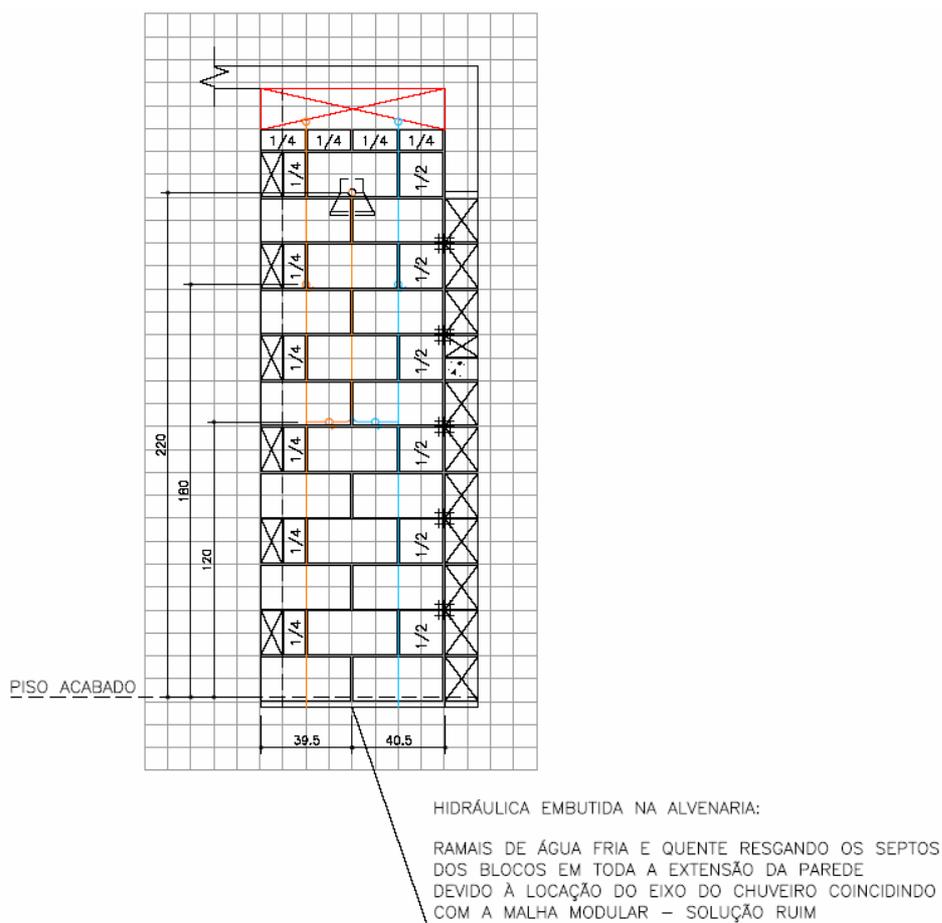


Figura 3.5.4.1 – Exemplo de eixo de chuveiro locado na malha modular

Neste caso, seria mais interessante a adoção da $\frac{1}{2}$ malha, como ilustrado na Figura 3.5.4.2, ou se possível, a determinação do eixo da peça deveria ser feita mediante o desenvolvimento da 1ª fiada da alvenaria, possibilitando a visualização prévia dessas interferências.

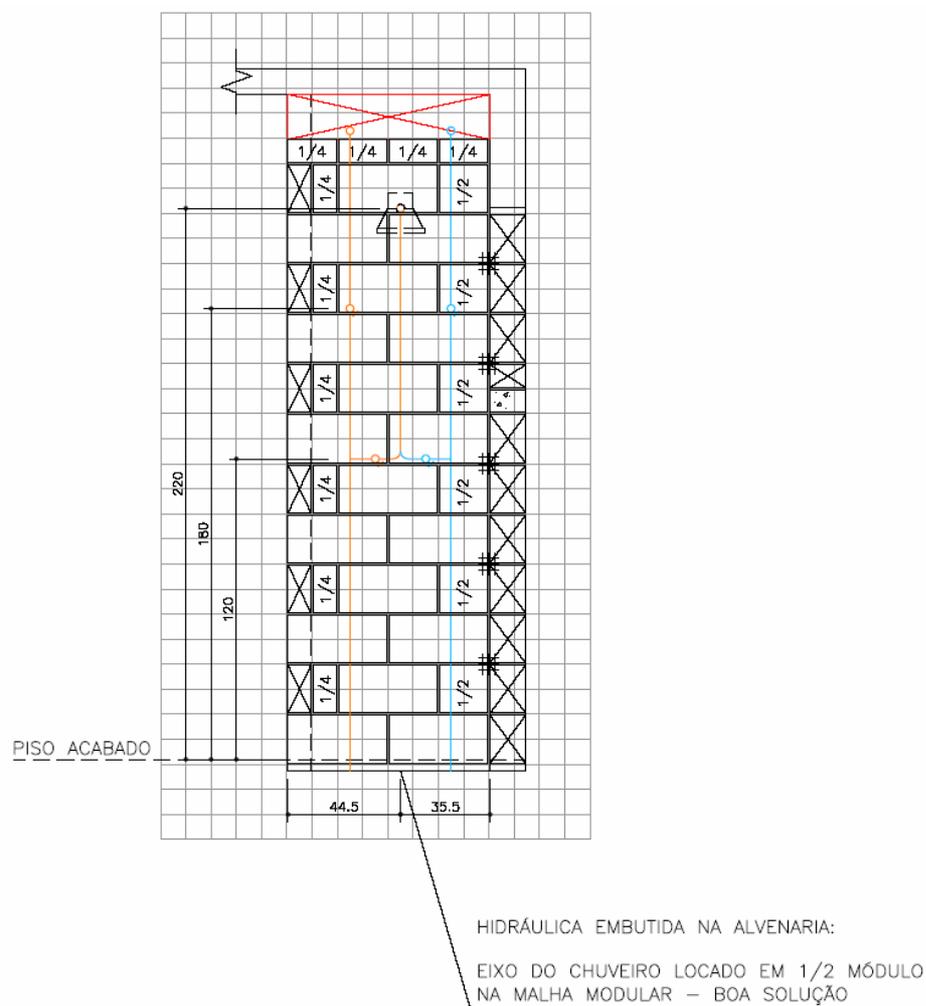
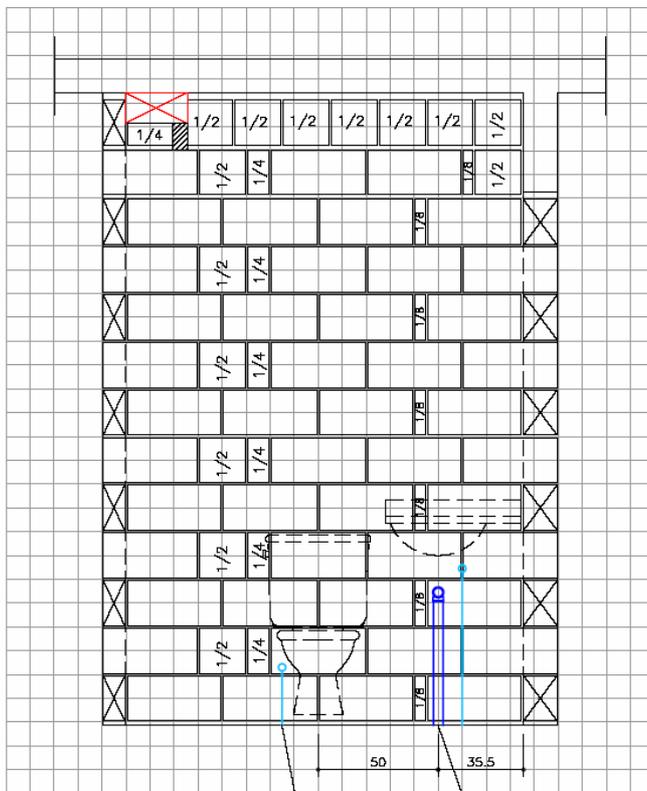


Figura 3.5.4.2 – Exemplo de eixo de chuveiro locado em $\frac{1}{2}$ módulo na malha modular

Para instalações de lavatórios e bacias sanitárias temos a situação ilustrada na Figura 3.5.4.3. Para eixos de bacia sanitária é interessante que o mesmo coincida com a malha modular, já que o ramal hidráulico está sempre a 15cm do eixo, ou seja um módulo e meio. Para os eixos de lavatórios, é recomendável a adoção da meia malha, pois na adoção do mesmo coincidindo com a malha certamente teremos o ramal de esgoto ou o ramal de água fria rasgando os septos dos blocos. Já se as instalações forem aparentes, em carenagens ou enchimentos, não existe relevância com relação à coincidência dos eixos das peças com a malha modular ou não.

PAREDE 52 – ESTUDO DE CASO A



HIDRÁULICA EMBUTIDA NA ALVENARIA:

RAMAL DE ÁGUA FRIA RESGANDO OS SEPTOS DOS BLOCOS DEVIDO À LOCAÇÃO DO EIXO DO LAVATÓRIO COINCIDINDO COM A MALHA MODULAR – SOLUÇÃO RUIM

HIDRÁULICA EMBUTIDA NA ALVENARIA:

RAMAL DE ÁGUA FRIA RESGANDO OS BLOCOS NUMA REGIÃO FAVORÁVEL
NO CASO DA BACIA SANITÁRIA A LOCAÇÃO DO EIXO COINCIDINDO COM A MALHA MODULAR É UMA BOA SOLUÇÃO

Figura 3.5.4.3 – Exemplo de eixo de chuveiro locado em $\frac{1}{2}$ módulo na malha modular

No que se refere às conseqüências da coordenação modular durante o desenvolvimento dos projetos de instalações e demais subsistemas, não foi possível concluir, dada a análise superficial deste trabalho sob este aspecto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1. CONSIDERAÇÕES PARA PREMISSAS APLICÁVEIS

Respeitando as particularidades de cada caso de aplicação, a coordenação modular em si traz conseqüências extremamente positivas para o processo de projeto de vedações. Já ficou claro que o módulo básico de 10cm pode perfeitamente enquadrar a grande maioria, senão a totalidade, dos projetos arquitetônicos de edifícios residenciais e comerciais desenvolvidos atualmente.

Mas durante todo o desenvolvimento dos Estudos de Caso, notou-se que algumas das premissas apresentadas como aplicáveis para a coordenação modular no levantamento teórico realizado para este trabalho, trazem conseqüências negativas para o projeto e execução de vedações particularmente, enquanto que algumas outras premissas são aplicáveis, mas devem ser observadas algumas particularidades quando aplicadas à alvenaria modulada, conforme será colocado a seguir.

4.1.1 UTILIZAÇÃO DOS SUBMÓDULOS DA MALHA UNIVERSAL E PAREDES DE 11.5cm

A utilização de diversos submódulos, sob o aspecto das vedações em alvenaria, acaba por neutralizar os efeitos da coordenação modular, quando analisado o subsistema vedações. A exceção é feita ao $\frac{1}{2}$ módulo, que pode ser adotado em dois casos específicos: as espaletas de 5cm e as paredes de 14cm, pois o padrão dimensional de blocos disponíveis no mercado atualmente para alvenaria modulada disponibiliza a peça compensadora de 5cm, possibilitando o perfeito encaixe da alvenaria na malha.

A adoção de paredes de 11.5cm de espessura, ou seja, a adoção de $\frac{1}{4}$ de módulo, traz conseqüências negativas à perfeita modularidade das vedações, dificultando a padronização de soluções de intertravamento, já que não se possui peças compensadoras ou blocos na maioria dos fornecedores do mercado que absorvam essa diferença dimensional.

Dada a larga utilização dessa espessura de alvenaria atualmente, em substituição às paredes de 9cm (consideradas muito esbeltas e, portanto, mais susceptíveis a patologias), pode-se arriscar uma solução prática possível, conforme foi apresentado no Capítulo 3.2: a adoção de

um enchimento ou a distribuição dessa diferença dimensional de $\frac{1}{4}$ de módulo na argamassa entre as demais juntas verticais da alvenaria, quando houver a intersecção com uma parede de 11.5cm. Como essa diferença é pequena (2,5cm), é possível a adoção dessas soluções sem implicação técnica negativa. No caso da adoção dessas práticas, as paredes de 11.5cm devem estar enquadradas na malha por uma das faces (assim como as paredes de 14cm), para possibilitar o intertravamento com as demais alvenarias com o mínimo de prejuízos à malha modular.

Apesar de aceitável prática e tecnicamente, esta é uma solução que vai contra as premissas teóricas de perfeita modularidade e acoplamento entre as peças coordenadas modularmente, já que se adota um ajuste modular diferente do estipulado no sistema. É portanto uma solução técnica possível, mas não recomendada.

4.1.2 LOCAÇÃO DE PAREDES DE 14cm

As paredes de 14cm de espessura, por definição, obrigam a compensação da meia malha com blocos compensadores de 4cm. Quando se trata de uma só amarração transversal, o problema é facilmente contornável, mas se complica quando existem diversas amarrações transversais num mesmo pano de alvenaria. A parede de 14cm de espessura deve sempre estar alinhada com a malha em uma das faces, ocupando mais $\frac{1}{2}$ malha na outra face. Não é uma boa solução a locação das paredes de forma simétrica, ou seja, no eixo da malha. No caso das paredes externas de 14cm, o ideal é que sejam lançadas com a $\frac{1}{2}$ malha para o lado externo, ou seja, alinhadas na malha pelo lado interno do edifício. Desta forma, automaticamente, se enquadra a estrutura na malha pelo lado de dentro do edifício, e se evita a compensação da $\frac{1}{2}$ malha em várias situações, descartando o uso de blocos compensadores em todas as paredes internas que forem de encontro às externas.

4.1.3 LOCAÇÃO DE PAREDES DE 9 E 19cm

As paredes de medidas modulares 10 e 20cm (nominais 9 e 19cm) devem sempre estar enquadradas na malha inteira. Jamais na meia malha, pois implica na compensação dessa meia malha tanto para um lado quanto para o outro da amarração. Não recomenda-se portanto, assim como para as alvenarias de 14cm, a adoção da locação simétrica para as paredes de 9cm, o que implicaria também na compensação de $\frac{1}{2}$ módulo para cada lado da parede.

4.1.4 ADOÇÃO DA ZONA NEUTRA

Outra questão importante com relação a premissas da coordenação modular, é a utilização da Zona Neutra no plano horizontal (em planta). Ficou evidente durante o desenvolvimento dos estudos de caso, que a utilização da zona neutra cortando o projeto é uma péssima solução para a alvenaria dentro da coordenação modular. A zona neutra deve ser sempre evitada, pois acaba inviabilizando a perfeita modularidade de todas as paredes que tem alguma ligação com essa região do projeto, envolvendo desperdícios em argamassa, número alto de blocos compensadores e amarrações fora do padrão observado no restante do projeto. Podem ser feitas exceções às caixas de escada quando estiverem em linha com os elevadores, como é o caso do Estudo A (geralmente tipologias 4/P em formato H), pois essa região secciona o projeto de forma completa, entre unidades que não se interligam.

4.1.5 LOCAÇÃO DOS SHAFTS

As paredes de shafts no geral podem ficar fora da malha, pois na grande maioria das vezes são (por definição técnica) amarrados com telas metálicas (não afetando a modulação das paredes a eles ligadas), mas nada impede que estas paredes sejam também enquadradas na malha, possibilitando amarrações por intertravamento dos blocos e otimizando a qualidade da sua modulação.

4.1.6 EIXO DE SIMETRIA E DIVISAS ENTRE UNIDADES

O eixo de simetria do edifício (quando houver) deve sempre coincidir com a partida da malha. Assim, as paredes divisórias de apartamentos devem preferencialmente ser de 19cm, pois ocupam exatamente um módulo inteiro para cada lado do eixo, não implicando em compensações. Devem ser evitadas as paredes de 14cm nestes casos, pois estas impõe a necessidade de compensação de 7.5cm para cada lado do eixo, ou seja ($\frac{1}{2}$ módulo + $\frac{1}{4}$ módulo), recaindo sobre as inconveniências na utilização de submódulos, já apresentadas anteriormente.

4.1.7 LOCAÇÃO DA ESTRUTURA

Com relação à estrutura em planta, todos os pilares, incluindo caixas de elevadores sempre que possível, devem estar enquadrados dentro da malha, em módulos inteiros. O $\frac{1}{2}$ módulo deve ser utilizado apenas para vigas e pilares alinhados com alvenarias de 14cm.

É interessante que as dimensões nominais das peças estruturais sejam 0.5cm menores de cada lado em relação à dimensão modular, propiciando um ajuste modular igual ao adotado na alvenaria e facilitando alinhamento dos revestimentos.

Para os eixos de coordenadas de locação da estrutura podemos ter duas situações igualmente possíveis:

- Esses eixos estão todos coincidindo com a malha modular, o que proporcionará cotas (acumuladas ou não) sempre múltiplas de 5 + o ajuste modular (0.5cm), ou seja, 60.5cm, 120.5cm, 185.5cm, 215.5cm, etc.
- Os eixos estão locados exatamente a 0.5cm da malha modular, o que produzirá o efeito das cotas sempre redondas (sem casas decimais), com “finais 0, 1, 5 ou 6”, ou seja, 60cm, 121cm, 185cm, 216cm, etc.

Quanto à fixação da alvenaria junto aos pilares, é necessário um ajuste de premissas para a adoção da malha modular: Atualmente considera-se de 2.0 a 3.0cm de folga para a fixação das alvenarias à estrutura vertical, ou seja, aos pilares. Se não houver implicação técnica, essa folga poderá ser reduzida para a 1.0cm, para se enquadrar os ajustes modulares praticados dentro do sistema.

Caso essa folga não seja tecnicamente admissível, poderá ser adotado um ajuste modular maior para os pilares, apenas nas faces ligadas à alvenaria, o que possibilitaria uma folga de 2cm, por exemplo.

4.1.8 VÃOS DE PORTAS E CAIXILHOS

Para os vãos de caixilhos e portas no plano horizontal (em planta), é altamente desejável que as dimensões se enquadrem sempre na malha inteira, ou seja, os vãos ocupando módulos inteiros.

Para os vãos de porta, isso implica em que os vãos osso devem ser “final 1” (71cm, 81cm, 91cm, 101cm, etc) e não “final 0” (70cm, 80cm, 90cm, 100cm, etc.) ou “final 9” (69cm, 79cm, 89cm, 99cm, etc.) como convencionalmente adotamos. Como consequência, o projeto deve acolher mais 0.5cm de folga para cada lado da porta, para a instalação do batente, ou as folhas das portas devem ser aumentadas em 1cm, caso haja possibilidade.

Para os vãos de caixilhos, geralmente metálicos, os vãos osso devem também estar previstos com final 1, ou seja, devem ser de 71cm, 101cm, 141cm, 161cm e assim por diante. A consequência é uma simples inversão da forma como se raciocina os caixilhos atualmente.

Hoje, a arquitetura fixa uma medida geralmente “redonda” para o caixilho acabado, e se acrescenta a folga lateral necessária para a locação dos contra-marcos (3cm para cada lado, por exemplo) para se chegar ao vão osso, que geralmente fica com final 6, ou seja, 66cm, 106cm, 166cm, etc.

Com a malha modular, fixa-se o vão osso, e subtrai-se a folga lateral para dimensionar o caixilho acabado. Assim, para um vão osso de 71cm por exemplo, tem-se um caixilho acabado de 65cm já que descontamos 3cm de cada lado para fixação. Os caixilhos acabados, portanto, passam a ter “final 5”, ou seja, 65cm, 105cm, 165cm, etc.

É claro que a adoção desses novos parâmetros em nada prejudica a concepção da caixilharia pelo projeto de arquitetura. É apenas uma questão de adequação do pensamento.

A utilização da $\frac{1}{2}$ malha nos vãos dos caixilhos não é impossível, mas traz a consequência imediata na quantidade de compensações a serem feitas tanto nas paredes que os contém quanto nas paredes transversais eventualmente.

Para as espaletas, o ideal seria a utilização de um módulo inteiro, o que geraria espaletas com 10cm (medida modular). Mas em função da visível diminuição das dimensões dos ambientes, principalmente em projetos de médio e baixo padrão, é muitas vezes necessária a adoção das espaletas de 5cm, meia malha, o que pode ser feito sem grandes prejuízos à modulação, como se pode notar nos estudos de caso apresentados. Sob o aspecto da racionalização da modulação da alvenaria dentro da malha modular é, portanto, desaconselhada a adoção de espaletas com dimensões diferentes de 5cm e 10cm (medidas modulares).

4.1.9 MODULAÇÃO VERTICAL: Estrutura x Alvenaria x Dimensionamento de Caixilhos e Portas

No que se refere à modulação vertical dentro da coordenação modular, existem alguns parâmetros que devem ser observados para tornar compatíveis cálculos estruturais, modulação da alvenaria e dimensões dos caixilhos.

Convencionalmente, o piso a piso é determinado em função dos cálculos do número de degraus das escadas x altura dos espelhos além do padrão do empreendimento. Alguns padrões de piso a piso muito utilizados atualmente para médio padrão são 2.88m (16 degraus x 18cm de espelho), 2.80m(16 degraus x 17.5cm de espelho) ou 2.72m(16 degraus x 17cm de espelho).

A partir dessa definição, se lança alturas de vigas, geralmente compatibilizadas com a modulação vertical das alvenarias, a fim de minimizar cortes e blocos compensadores na fixação. Assim, considerando parâmetros como altura dos blocos, folga para marcação da 1ª fiada, junta horizontal de assentamento, folga para fixação junto à estrutura, e altura mínima para instalação de portas sob vigas, determina-se uma altura de viga que atenda aos cálculos estruturais e à modulação da alvenaria. Sob as lajes essa compatibilização entre estrutura e modulação de alvenaria fica mais complicada, já que qualquer diferença proposta na altura das mesmas impacta muito no cálculo e consumos finais da estrutura. Mas são comuns casos como ilustram as Figuras abaixo:

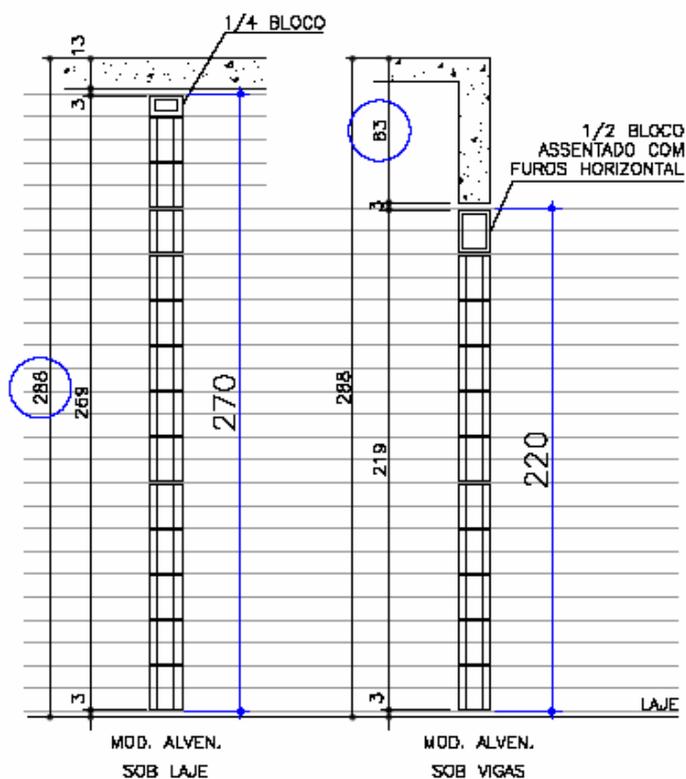


Figura 4.1.9.1 – Exemplo de modulação vertical geralmente adotada para Piso a Piso=288cm

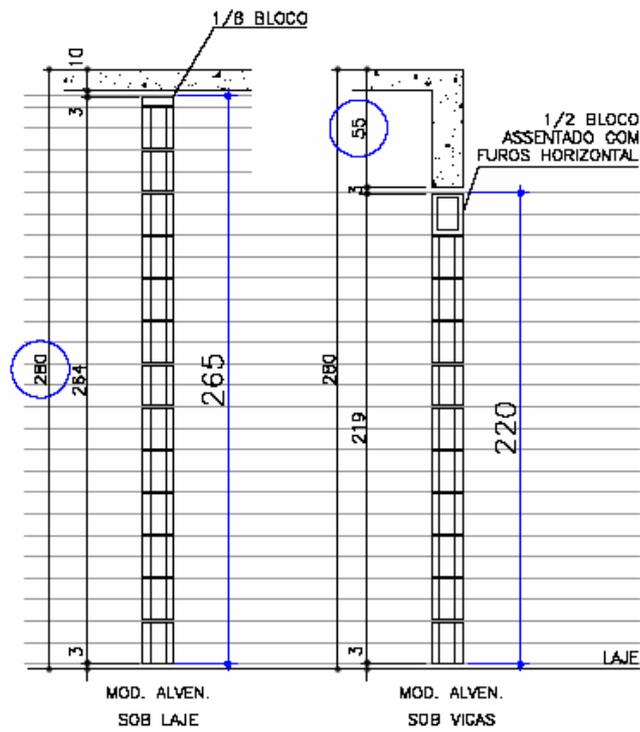


Figura 4.1.9.2 – Exemplo de modulação vertical geralmente adotada para Piso a Piso=280cm

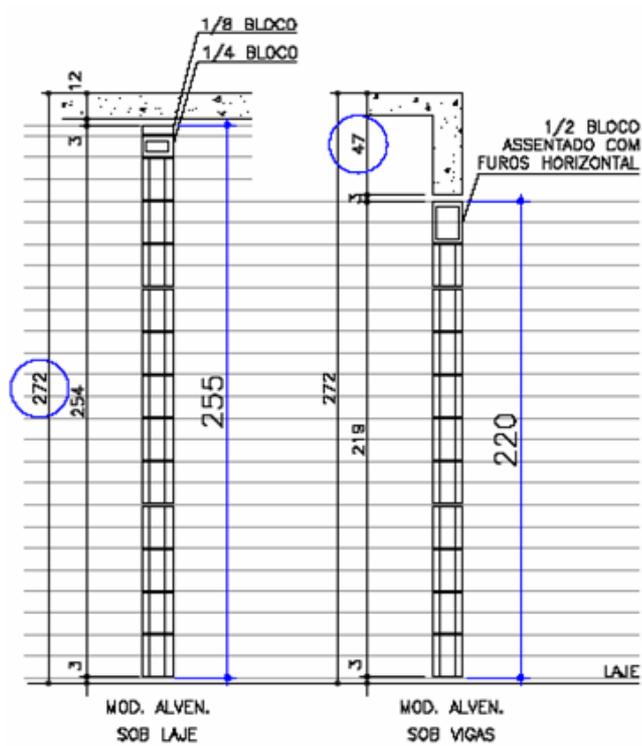


Figura 4.1.9.3 – Exemplo de modulação vertical geralmente adotada para Piso a Piso=272cm

Nota-se que é mantida uma altura mínima modular de alvenaria sob as vigas = 220cm, a fim de possibilitar a instalação de portas com padrão recomendado de altura = 210cm acima do piso acabado.

Como as peças de alvenaria que geralmente utilizamos já atendem ao padrão da malha modular (altura dos blocos = 20cm = 2 módulos / ¼ bloco deitado = 10cm = 1 módulo / 1/8 bloco deitado = 5cm = ½ módulo), quando se projeta a modulação vertical da alvenaria, compatibilizando estrutura e vãos de portas e janelas, já estamos automaticamente enquadrando o projeto na malha modular num plano vertical.

Neste caso, é conveniente adotar a zona neutra para englobar o conjunto: folga de fixação superior + altura da viga + folga de assentamento de 1ª fiada, sem prejuízos à alvenaria sob vigas, conforme já foi ilustrado no Capítulo 2.2, Figura 2.2.7.

Seguindo a linha do raciocínio da padronização dos conjuntos de alvenarias, pode-se também determinar alguns padrões de modulações verticais, que incluem também alturas padrão para os caixilhos utilizados em maior número nos pavimentos tipo (caixilhos de dormitórios e de banheiros). Algumas possibilidades dessa padronização são ilustradas nas Figuras 4.1.9.4, 4.1.9.5 e 4.1.9.6.

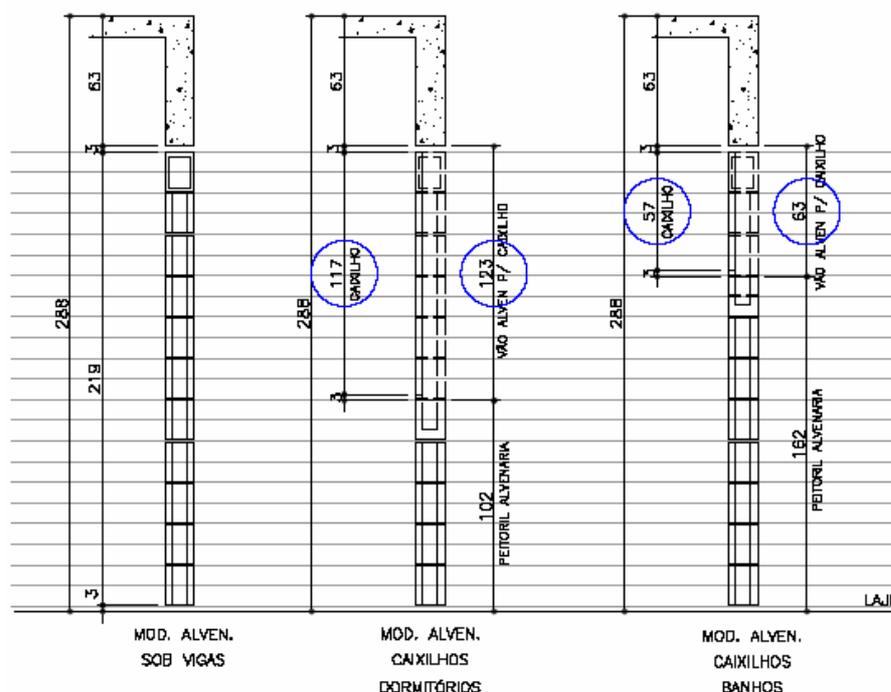


Figura 4.1.9.4 – Exemplo de modulação vertical de caixilhos para Piso a Piso=288cm

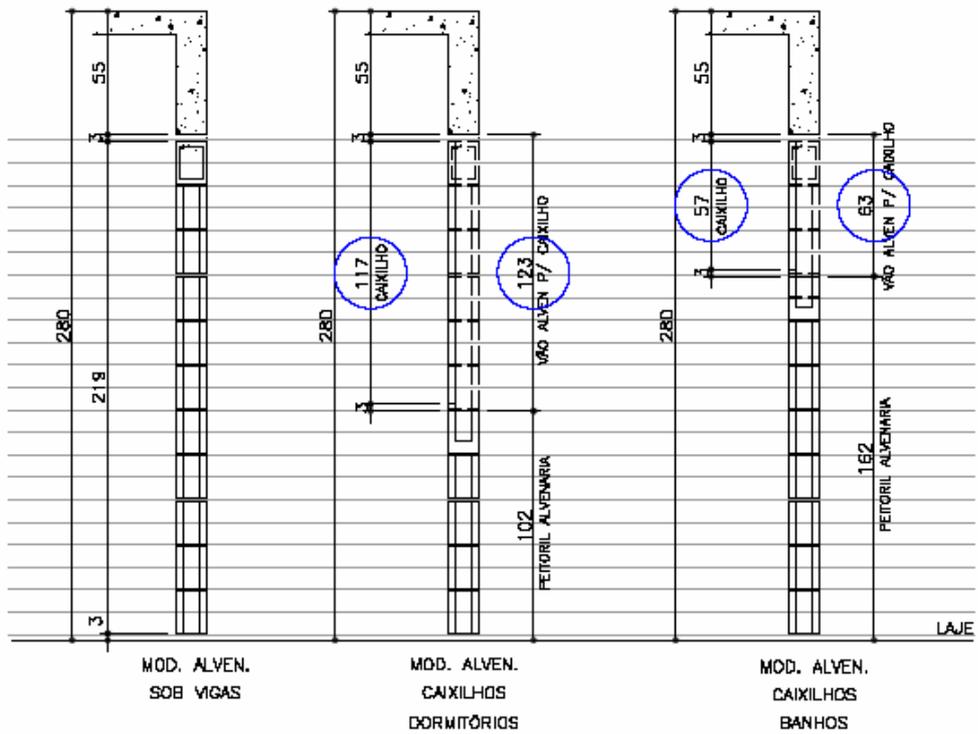


Figura 4.1.9.5 – Exemplo de modulação vertical de caixilhos para Piso a Piso=280cm

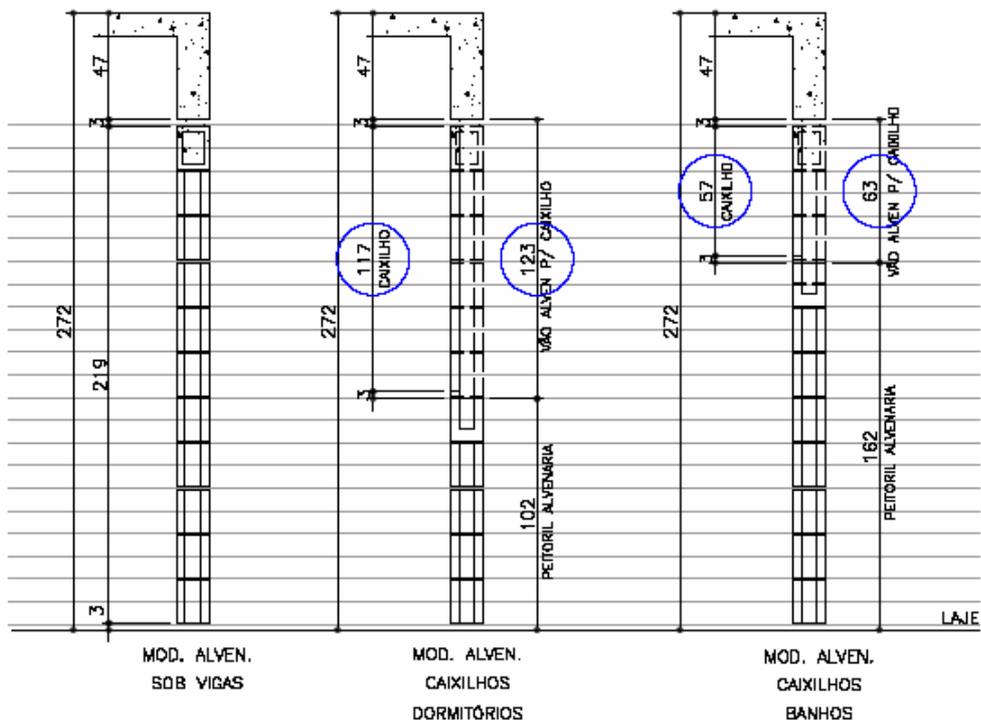


Figura 4.1.9.6 – Exemplo de modulação vertical de caixilhos para Piso a Piso=272cm

Nota-se que é possível manter os mesmos padrões dimensionais para os caixilhos, dentro de padrões de piso a piso diferentes desenvolvidos modularmente, logo que seja mantida a altura modular padrão de 220cm das alvenarias sob vigas.

Com a padronização de modulações verticais no mercado, pode-se possibilitar a definição de padrões para formas, escoras e garfos da estrutura, além da padronização de caixilhos para larga escala de fabricação.

4.2. PROPOSTAS PARA PEÇAS DE ALVENARIA

Diante dos resultados e conclusões tiradas a partir do desenvolvimento dos Estudos de Caso, pode-se apontar duas propostas que, se incorporadas pela indústria, podem ajudar de maneira sensível o processo de projeto de vedações e, principalmente, a execução das vedações em obra.

Uma dessas propostas é a fabricação do bloco de 29cm (medida nominal) / 30cm (medida modular), já existente no *Sistema Tecnogresca* atualmente, para as demais famílias dos blocos de vedação. Esse bloco poderia substituir o conjunto $\frac{1}{2}$ bloco + $\frac{1}{4}$ bloco, presente na maioria das amarrações por intertravamento, e em muitas das espaletas de fachadas por exemplo. A Figura 4.2.1 ilustra um exemplo de incorporação dessa peça, dentro das várias outras possibilidades dentro dos padrões de amarração.

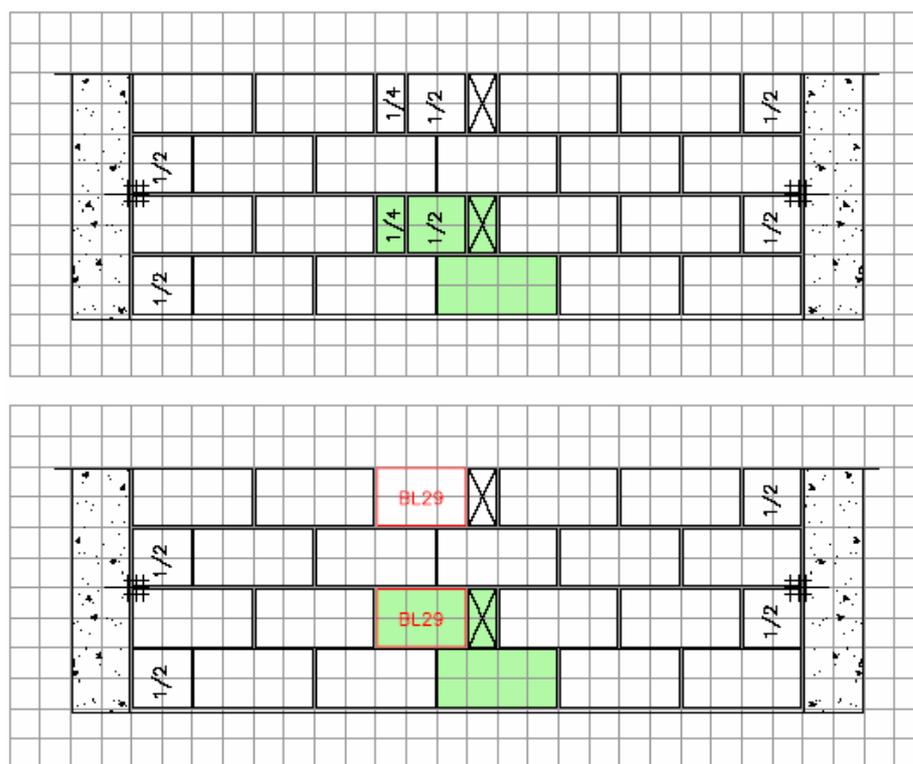


Figura 4.2.1 – Exemplo de incorporação do bloco de 29cm nos padrões de amarração

A outra proposta é a fabricação do bloco de vedação de 34cm (medida nominal) / 35cm (medida modular), que substituiria os conjuntos $\frac{1}{2}$ bloco + $\frac{1}{4}$ bloco + $\frac{1}{8}$ bloco, presentes

principalmente nas amarrações por intertravamento das paredes de 14cm, como ilustra a Figura 4.2.2.

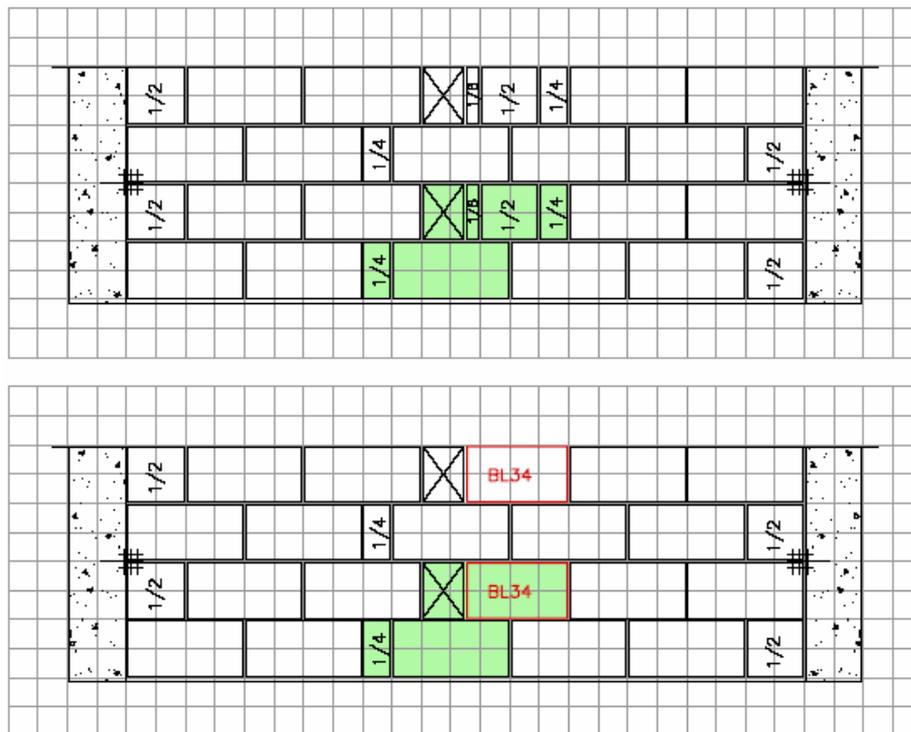


Figura 4.2.2 – Exemplo de incorporação do bloco de 34cm nos padrões de amarração

A incorporação desses blocos junto ao desenvolvimento da alvenaria na coordenação modular teria como principais conseqüências:

- o diminuição importante nas quantidades de compensadores utilizados no projeto e na obra, bem como redução do número de peças assentadas;
- o viabilidade quantitativa da adoção dos padrões de amarração estudados neste trabalho;
- o otimização da qualidade da modulação, já que os trespases seriam sempre ideais (20cm), melhorando a eficiência do intertravamento das paredes;
- o maior facilidade para passagem das instalações, já que estas peças maiores substituiriam em muitos casos as peças compensadoras, e possibilitariam tanto a passagem de conduites pelos furos, como o corte para passagem de instalações hidráulicas por exemplo.

4.3. ANÁLISE FINAL

Diante desse estudo, fica nítido que a adoção da coordenação modular no desenvolvimento dos projetos é fundamental para darmos mais um passo em direção à padronização de componentes e de soluções.

Ficou claro que, dentro da perspectiva do projeto para produção de vedações verticais em alvenaria, é um passo imprescindível para evoluirmos do projeto de modulação artesanal e intuitivo produzido hoje, para um processo de modulação mais padronizado e altamente racionalizado que, aliado a eficientes processos de gestão, certamente terá repercussões valiosas não só no âmbito do processo de projeto em si, mas principalmente na produtividade e otimização dos custos de produção, dentro do conceito de eficácia e eficiência global.

Evidentemente, a aplicação de projetos coordenados modularmente NA PRÁTICA vai trazer mais informações, com um *feed back* de obra fundamental para se expandir esse horizonte da padronização, do qual hoje só se pode visualizar uma pequena parte, quando comparada a construção civil às indústrias de montagem.

Atualmente, já existem algumas experiências bastante valiosas de projetos desenvolvidos dentro das premissas da coordenação modular. Percebe-se que o conceito tem lenta e gradativamente ganhado força entre os profissionais da área. Há sim uma boa parcela de profissionais da construção, tanto coordenadores de projeto como gerenciadores de obra e projetistas, interessados e dispostos em utilizar essa ferramenta para auxiliar os processos de projeto e construtivo, abertos ao aprendizado e prontos para o potencial racional permitido pela coordenação modular.

A experiência com a utilização da malha modular certamente vai despertar a construção civil para a adoção de novos conceitos, novas tecnologias, e novas práticas, sempre na linha da padronização e da produção em grande escala, conseguindo uma visão mais sistêmica e maior entrosamento entre projeto e obra.

Ainda há um longo caminho a percorrer no sentido da mudança da nossa cultura construtiva sob muitos aspectos, já que hoje o nosso processo construtivo ainda possui grandes incompatibilidades com a adoção da malha modular (a projeção de caixilhos específicos, alturas dos conjuntos das portas de madeira muito variáveis, ou a adoção de soluções hidráulicas muito diferenciadas, por exemplo).

Mas essas são mudanças evolutivas necessárias e que, diante do quadro atual de grande aquecimento do setor da construção, já têm a atenção de algumas empresas construtoras em São Paulo que, se levarem a iniciativa adiante de forma persistente e bem gerenciada, impulsionarão um ciclo que, espera-se, não retroceda.

ANEXO A: ESTUDO DE CASO A

Na mídia digital anexada ao fim do trabalho são encontrados os projetos de vedação desenvolvidos e utilizados para estudo e análise neste trabalho.

São apresentadas as vistas das paredes de alvenaria modulada e a planta de marcação da primeira fiada da alvenaria, para as situações de projeto explanadas anteriormente, em diretórios separados por conceito de projeto da seguinte forma:

Estudo de Caso A:

- **Pasta_A.1:** Corresponde ao projeto de vedações original, da tipologia 4 apartamentos/pavimento, desenvolvido convencionalmente e entregue ao cliente, fornecido para os estudos por Paula Vianna Consultoria em Projetos.
- **Pasta_A.2:** Corresponde ao projeto de vedações desenvolvido dentro dos princípios da coordenação modular, utilizando os padrões de amarração para intertravamento das alvenarias.
- **Pasta_A.3:** Corresponde ao projeto de vedações desenvolvido dentro dos princípios da coordenação modular, desprezando os padrões de amarração e buscando maior racionalidade quantitativa e mantendo o intertravamento das alvenarias.

Não estão apresentadas nestes desenhos os caminhamentos das instalações, por não se tratar do foco de análise deste trabalho.

São apresentadas as modulações das alvenarias e seu enquadramento na malha modular (quando é o caso), e são destacados os tipos de amarração e zonas críticas, observados durante o desenvolvimento e análise dos projetos.

ANEXO B: ESTUDO DE CASO B

Na mesma mídia digital anexada ao fim do trabalho são encontrados os projetos de vedação desenvolvidos e utilizados para estudo e análise neste trabalho para o Estudo de Caso B.

São apresentadas as vistas das paredes de alvenaria modulada e a planta de marcação da primeira fiada da alvenaria, para as situações de projeto explanadas anteriormente, em diretórios separados por conceito de projeto da seguinte forma:

Estudo de Caso B:

- **Pasta_B.1:** Corresponde ao projeto de vedações original, da tipologia 2 apartamentos/pavimento, desenvolvido convencionalmente e entregue ao cliente, fornecido para os estudos por Paula Vianna Consultoria em Projetos.
- **Pasta_B.2:** Corresponde ao projeto de vedações desenvolvido dentro dos princípios da coordenação modular, utilizando os padrões de amarração para intertravamento das alvenarias.
- **Pasta_B.3:** Corresponde ao projeto de vedações desenvolvido dentro dos princípios da coordenação modular, desprezando os padrões de amarração e buscando maior racionalidade quantitativa e mantendo o intertravamento das alvenarias.

Da mesma forma, não estão apresentadas nestes desenhos os caminhamentos das instalações, por não se tratar do foco de análise deste trabalho.

São, aqui também, apresentadas as modulações das alvenarias e seu enquadramento na malha modular (quando é o caso), e são destacados os tipos de amarração e zonas críticas, observados durante o desenvolvimento e análise dos projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Coordenação modular da construção**: bases, definições e condições gerais - NBR 05706.

BARROS, M. M. S. B. de. **Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios**. 422p Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BARROS, M. M. S. B. de; SABBATINI, F. H. **Diretrizes para o processo de projeto para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo, EPUSP, 2003. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica, BT/PCC/172.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO. **Coordenação modular da construção**. Rio de Janeiro, BNH/DEG, 1976.

CARDOSO, F. **Estratégias Empresariais e novas formas de racionalização da produção no setor de edificações no Brasil e na França**. Parte 1: O ambiente do setor e as estratégias empresariais. Estudos econômicos da Construção, SindusCon-SP, São Paulo, 1996. p. 97-156.

LUCINI, H.C. **Cyrela: Coordenação modular de projetos**. Conceitos básicos da coordenação modular aplicada e o processo de lançamento de projeto. São Paulo, 2002 (não publicada)

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso de incorporação e construção**. 1994. 294p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B. (coordenador) **Coordenação de Projetos de Edificações**. 2005. 115p. O Nome da Rosa. São Paulo: 2005.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, FAU, 1976.

ROSSO, T. **Racionalização na Construção**. São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, FAU, 1980.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. 336p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SABBATINI, F. H. **A Industrialização e o Processo de Produção de Vedações: Utopia ou Elemento de Competitividade Empresarial?** In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS-VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo. São Paulo, PCC/EPUSP, 1998.

SABBATINI, F. H. **Panorama atual das vedações verticais comercializadas no mercado de São Paulo: como escolher a mais adequada para o seu empreendimento.** In: SEMINÁRIO SECOVI, 2000, São Paulo. São Paulo, SECOVI, 2000.

SABBATINI, F. H.; FRANCO L. S. **Tecnologia de produção de vedações verticais – TG004.** Notas de aula e material impresso fornecido da disciplina TG-04-Tecnologia de produção de vedações verticais (6ª Turma). MBA-TGP USP, PECE, São Paulo, 2005.

PENTEADO, A.F. **Coordenação modular.** 1980. 301p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

IPT. **Catálogo de processos e sistemas construtivos para habitação.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 1988.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AQUINO, J. P. R. de. **Análise do desenvolvimento e da utilização de projetos para produção de vedações verticais na construção de edifícios.** 2004. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BARROS, M. M. S. B. de. **O Processo de produção das alvenarias racionalizadas.** In: SEMINARIO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1998. São Paulo. **Anais.** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. p. 21-48.

BARROS, M. M. S. B. **O papel do projeto na implantação de tecnologia construtiva racionalizada em empresas construtoras.** WORKSHOP QUALIDADE DO PROJETO. São Paulo, 1995. **Anais.** São Paulo, EPUSP, 1995.

DUEÑAS PEÑA, M. **Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria.** 2003. 160p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** 319p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FREIRE, A. M. V. **Coordenação modular de projetos como ferramenta para racionalização da construção.** 2006. 127p. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROCKENBACH, N. P. **Coordenação modular de edificações em alvenaria estrutural.** 1993. Texto para exame de qualificação para Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. (não publicado)

SABBATINI, F. H. **Material para o milênio: professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo expõe as vantagens técnicas e econômicas da alvenaria.** Revista Construção, São Paulo, v.53, n.2711, p.18-19, Jan/2000.

SILVIA, M. M. de A. **Diretrizes para o projeto de alvenaria de vedações.** 2004. 167p.
Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.