

MONOGRAFIA

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA MODULAÇÃO
DA ALVENARIA ESTRUTURAL PARA O
MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

AUTORA: Thiara dos Santos Ramos

Belo Horizonte

2015

THIARA DOS SANTOS RAMOS

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA MODULAÇÃO
DA ALVENARIA ESTRUTURAL PARA O
MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada como requisito avaliativo final do curso de Especialização em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

Ênfase: Técnicas e produtividade das construções

Orientador(a): Prof. Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo

Coorientador(a): Prof. White José dos Santos

Belo Horizonte

Julho 2015

AGRADECIMENTOS

Sou grata todos os dias a Deus pelas oportunidades diárias que me proporciona, todas as coisas e especialmente todas as pessoas que fazem parte do meu convívio. A estas agradeço:

Minha família, em especial minha mãe, pelo amor incondicional, suporte e carinho.

Davi, pelo grande amor e apoio em absolutamente tudo.

Amigos, pelo convívio e alegria partilhada.

Construtora Vesper, pela oportunidade de fazer o curso de especialização e pela disposição de todos os materiais necessários para elaboração deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Construções que utilizaram o conceito da alvenaria	10
Figura 2 - Alvenaria não armada.....	12
Figura 3 - Alvenaria armada ou parcialmente armada.....	13
Figura 4 - Alvenaria protendida.....	13
Figura 5 - Blocos estruturais de concreto (a) e cerâmica (b).....	15
Figura 6 - Blocos vazados de concreto simples, compensadores e tipo canaletas	15
Figura 7 - Bloco estrutural - Argamassa nas paredes longitudinais e transversais.....	16
Figura 8 - Exemplo de aplicação da modulação - horizontal e vertical	19
Figura 9 - Exemplo de amarrações em blocos de concreto para alvenaria estrutural.....	20
Figura 10 - Exemplo de planta de primeira fiada.....	20
Figura 11 - Exemplo de elevação.....	21
Figura 12 - Passagem de tubulação elétrica sem adequada integração de projetos	22
Figura 13 - Previsão de shafts para tubulações verticais	23
Figura 14 - Tubulações horizontais sob a laje a serem ocultas por forro.....	23
Figura 15 - Instalação elétrica embutida nas células dos blocos.....	24
Figura 16 - Variações máximas da espessura das juntas de argamassa	25
Figura 17 - Limites máximos para o desaprumo e desalinhamento das paredes	26
Figura 18 - Localização do empreendimento Condomínio Vesper Jardim Finotti.....	30
Figura 19 - Implantação do empreendimento Condomínio Vesper Jardim Finotti	31
Figura 20 - Pavimento tipo torres três quartos	32
Figura 21 - Pavimento tipo torre quatro quartos	33
Figura 22 - Pavimento tipo torres três quartos - adequado	34
Figura 23 - Pavimento tipo torre quatro quartos - adequado	35
Figura 24 – Composição de custo unitário para execução em alvenaria estrutural.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos relativos aproximados entre as estruturas convencionais e a alvenaria estrutural (Brasil)	12
Tabela 2 - Dimensões nominais dos blocos vazados de concreto	16
Tabela 3 - Requisitos para a argamassa no estado fresco e endurecido	17
Tabela 4 - Variáveis de controle geométrico na produção de alvenaria	26
Tabela 5 - Participação do entulho na massa de resíduos sólidos recebidos diariamente pela SLU - Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte - em ton / dia.....	28
Tabela 6 - Comparativo de áreas anteprojeto x projeto modulado Vesper Jardim Finotti.....	36
Tabela 7 - Estimativa de volume de resíduos gerados sem a modulação da alvenaria.....	36
Tabela 8 - Estimativa de redução de custos referente a compra de blocos de concreto	37

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH – Banco Nacional de Habitação
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
NBR - Norma Brasileira
PBH – Prefeitura de Belo Horizonte
SINDUSCON MG - Sindicato da Construção Civil de Minas Gerais
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

Os sistemas construtivos que seguem o conceito de parede resistente existem há muitos séculos e estão em evolução constante desde então. A alvenaria estrutural é composta por elementos modulares que permitem uma boa regularidade e sistematização da produção. Para tanto é essencial que sejam aplicados os conceitos de modulação desde a concepção inicial do processo planejamento, definições e projetos de um empreendimento. Para se obter o melhor que este sistema proporciona - técnicas executivas simplificadas devido à racionalização no processo de produção, eliminar interferências, reduzir o desperdício de materiais e rapidez na produção - é imprescindível que se dê a devida importância à etapa de planejamento dos projetos em conjunto com a modulação da alvenaria. O foco deste trabalho é ressaltar os benefícios que o planejamento e coordenação modular agregam ao processo de produção através de revisão bibliográfica e análise e levantamento de quantitativos de um estudo de caso de um projeto em alvenaria estrutural.

Palavras chave: Alvenaria Estrutural, Sistemas Construtivos, Planejamento, Modulação, Racionalização.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVO	9
2.1	OBJETIVOS GERAIS	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1	A CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL	10
3.1.1	<i>Histórico</i>	10
3.1.2	<i>Vantagens e desvantagens</i>	11
3.1.3	<i>Classificação</i>	12
3.2	O PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	14
3.3	MATERIAIS	14
3.3.1	<i>Blocos</i>	15
3.3.2	<i>Argamassa</i>	16
3.3.3	<i>Graute</i>	17
3.3.4	<i>Armadura</i>	18
3.4	MODULAÇÃO DA ALVENARIA	18
3.5	COMPATIBILIZAÇÃO	21
3.6	PROCESSO EXECUTIVO.....	24
3.6.1	<i>Procedimentos técnicos</i>	24
3.6.2	<i>Controle executivo</i>	27
3.7	RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
4	ESTUDO DE CASO: CONDOMÍNIO VESPER JARDIM FINOTTI	30
5	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A concepção de um projeto é a etapa mais importante dos produtos da construção civil. Nela é possível definir todas as etapas que seguem, otimizar o resultado final e a produção, antecipar possíveis problemas e garantir todas as exigências às quais o produto está submetido (RIBEIRO, 2010).

É no desenvolvimento inicial do produto, ou seja nos projetos, que se deve considerar todas as condicionantes para que o mesmo se enquadre nas premissas que o colocam no mercado, sejam estas técnicas, financeiras, estéticas, etc (RIBEIRO, 2010).

As técnicas construtivas fundamentadas no elemento parede resistente existem a milhares de anos e sofreram uma evolução do conhecimento empírico passando por estudos contínuos desde meados do século XVIII até hoje. Esta evolução do conhecimento técnico-científico sobre o comportamento da alvenaria estrutural permitiram o desenvolvimento dos materiais, das técnicas produtivas e da capacidade das mesmas (SÁNCHEZ, 2013).

Os sistemas construtivos no Brasil não acompanham o ritmo do desenvolvimento das tecnologias da construção mundial, e, por isso, ainda aplicam-se muitas técnicas que não se adequaram ao atual cenário que busca agregar em si os conceitos de planejamento criterioso, desenvolvimento sustentável, redução de mão-de-obra e retrabalho, entre outros (RIBEIRO, 2013).

Uma das principais vantagens da alvenaria estrutural são as técnicas executivas simplificadas devido à racionalização no processo de produção, a qual modula dimensionalmente o projeto em função dos materiais e, conseqüentemente, elimina interferências, reduz o desperdício de materiais e proporciona rapidez na produção (SÁNCHEZ, 2013).

É neste contexto que se insere o foco deste trabalho: o planejamento e modulação da alvenaria. A etapa do planejamento não é muito enfatizada na construção civil brasileira, muito pouco aplicada nas construções de pequeno porte e pouco inserida na produção em larga escala (RIBEIRO, 2013).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo desta pesquisa é investigar o quanto a produção em alvenaria adotando a modulação em sua concepção otimiza o processo de maneira geral. É importante quantificar numericamente a redução do volume de resíduos produzidos, conseqüentemente de desperdício de materiais e de custo, a fim de conscientizar as construtoras da importância da racionalização da produção em alvenaria estrutural.

Conforme aponta Ribeiro (2010), espera-se que, apesar de acrescentar tempo de planejamento na etapa inicial de desenvolvimento dos projetos, a adoção deste sistema aumente a produtividade, reduza a geração de resíduos por meio do corte dos blocos de concreto ou cerâmicos e, conseqüentemente, o custo destes materiais e seus indiretos no total do empreendimento.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar o sistema de produção da alvenaria tradicional e o mesmo utilizando a coordenação modular da alvenaria.
- Estimar a geração de resíduos produzidos quando não se aplica os conceitos de modulação na concepção do empreendimento.
- Estimar economia de custos e custo benefício geral da adoção do sistema de coordenação modular para edificações em alvenaria estrutural.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A construção civil surge da necessidade do ser humano se proteger do ambiente externo e está em evolução contínua desde então. Segundo Melo (2006, pg. 32):

"[...] a configuração de tais espaços esteve condicionada às necessidades das pessoas, ao gosto artístico, aos materiais de construção disponíveis e ao conhecimento técnico existente. A inter-relação destes fatores originou, ao longo dos tempos, exemplos de importantes soluções arquitetônicas que, atreladas ao desenvolvimento de novos materiais e ao aperfeiçoamento técnico dos profissionais, podem ser consideradas responsáveis por definir os rumos da evolução da construção civil no mundo".

O processo evolutivo da construção cresceu significativamente a partir do momento em que a indústria ganhou conhecimento técnico sobre os materiais e as tecnologias de construção, tornando a produção metódica e baseada então em conhecimento científicos e não mais em fundamentos empíricos (RIBEIRO, 2010).

3.1 A construção em alvenaria estrutural

3.1.1 Histórico

O sistema estrutural que tem por base a alvenaria cumprindo função estrutural é utilizado desde a Antiguidade pelo ser humano, podendo-se citar desde o antigo Egito aos grandes monumentos do período romano (Figura 1), muitas delas existentes até hoje e em ótimo estado de conservação (SÁNCHEZ, 2013).

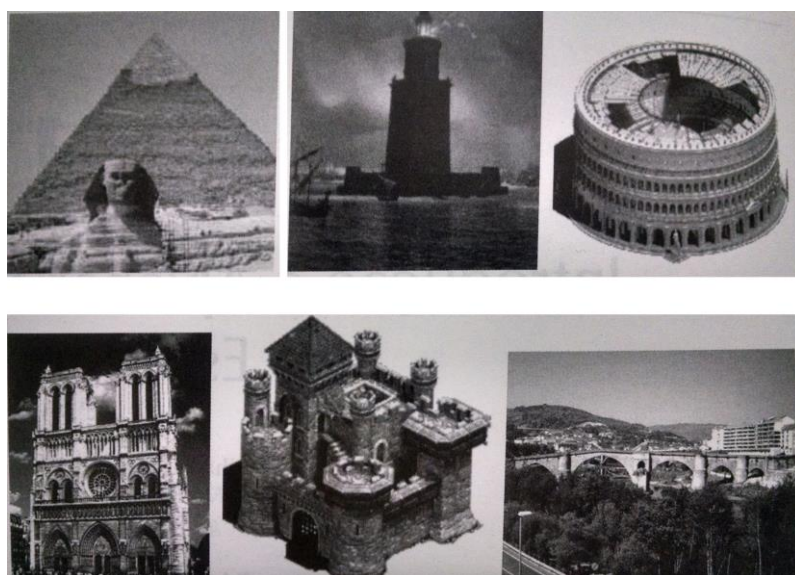


Figura 1 - Construções que utilizaram o conceito da alvenaria

Fonte: SÁNCHEZ, 2013.

No Brasil podemos buscar antecedentes do uso deste sistema estrutural nas construções tradicionais como a taipa, o pau-a-pique, o bloco de adobe, etc. Em todos eles a alvenaria é o elemento principal da construção e cumpre a função de sustentação das edificações. Os blocos de concreto entram em destaque apenas a partir da década de 70, com incentivos do Banco Nacional de Habitação - BNH (SIQUEIRA *et al.*, 2007):

"Foi a partir de 1970 que a alvenaria estrutural com blocos de concreto mais se desenvolveu, impulsionada pelo investimentos do Banco Nacional de Habitação – BNH - no segmento da moradia popular e pelo desenvolvimento de normas técnicas específicas para o sistema, fazendo acelerar o desenvolvimento tecnológico do setor e consolidando definitivamente o sistema construtivo." (SIQUEIRA *et al.*, 2007 pg. 03)

Embora inicialmente tenha sido associado diretamente à produção de habitações populares e conjuntos habitacionais de tipologias pequenas, três a cinco pavimentos, o desenvolvimento tecnológico e pesquisas sobre o sistema nas décadas de 80 e 90 possibilitou que o mercado se expandisse para edifícios de classe média e até mesmo alta (RIBEIRO, 2010).

3.1.2 Vantagens e desvantagens

Ainda existem receios que impedem uma difusão maior o sistema de alvenaria estrutural - como a falta de conhecimento sobre o processo, a dita inflexibilidade arquitetônica, a tradição e domínio das técnicas construtivas em concreto armado, entre outros. No entanto, diante de tantos estudos sobre os materiais utilizados, normatizações dos processos, percebe-se uma aceitação maior do sistema no mercado (SÁNCHEZ, 2013).

Uma das principais vantagens apontada na alvenaria estrutural é a economia decorrente da otimização dos processos da obra, uma vez que utiliza técnicas executivas simplificadas, evita interferências e possui grande facilidade no controle das etapas de produção (SÁNCHEZ, 2013).

Em consequência dos fatores acima, a alvenaria estrutural possibilita ainda uma redução considerável no desperdício de materiais e, portanto, na produção de resíduos sólidos que é um grande ponto negativo da construção civil como um todo. Desta forma, o sistema torna-se altamente competitivo com os sistemas tradicionais

na produção de edificações de pequeno e médio porte, como pode ser observado na comparação com o sistema de concreto armado na Tabela 1 (SÁNCHEZ, 2013).

Tabela 1 - Custos relativos aproximados entre as estruturas convencionais e a alvenaria estrutural (Brasil)

Fonte: SÁNCHEZ, 2013.

Característica da Obra	Economia (%)
Quatro pavimentos	25-30
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria não armada	20-25
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria armada	15-20
Sete pavimento com pilotis	12-20
Doze pavimentos sem pilotis	10-15
Doze pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado	8-12
Dezoito pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado	4-6

3.1.3 Classificação

O sistema em alvenaria estrutural pode ser classificado, segundo Tautil e Nese (2010), conforme o processo executivo adotado em função da solicitação da estrutura:

- Alvenaria não armada (Figura 2) - recebe apenas reforços de aço por razões construtivas (abertura de vãos) e para evitar patologias (trincas e fissuras).

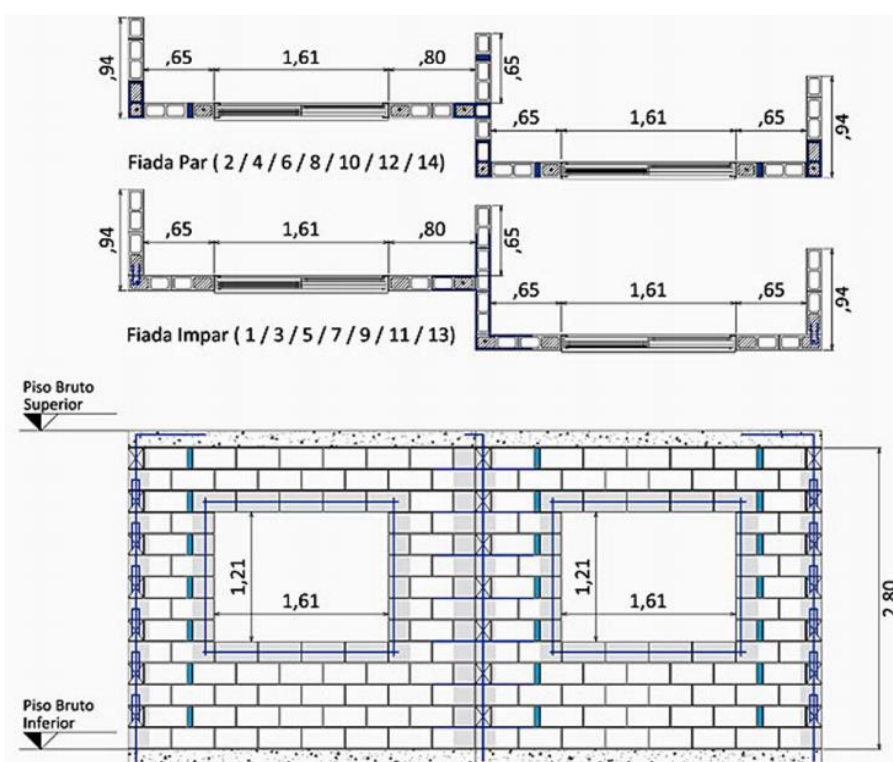


Figura 2 - Alvenaria não armada

Fonte: TAUIL E NESE, 2010.

- Alvenaria armada ou parcialmente armada (Figura 3) - recebe reforços em áreas mais solicitadas, como armaduras passivas de fios, barras e telas de aço seguidos de grauteamento e preenchimento das juntas verticais.

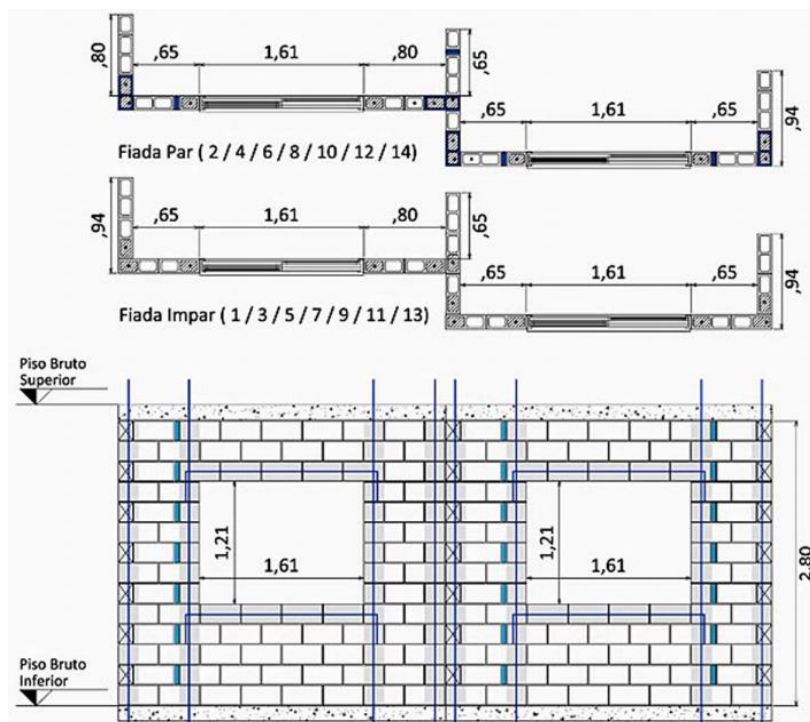


Figura 3 - Alvenaria armada ou parcialmente armada

Fonte: TAUIL E NESE, 2010.

- Alvenaria protendida (Figura 4) - armadura reforçada com armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria e esforços de compressão.

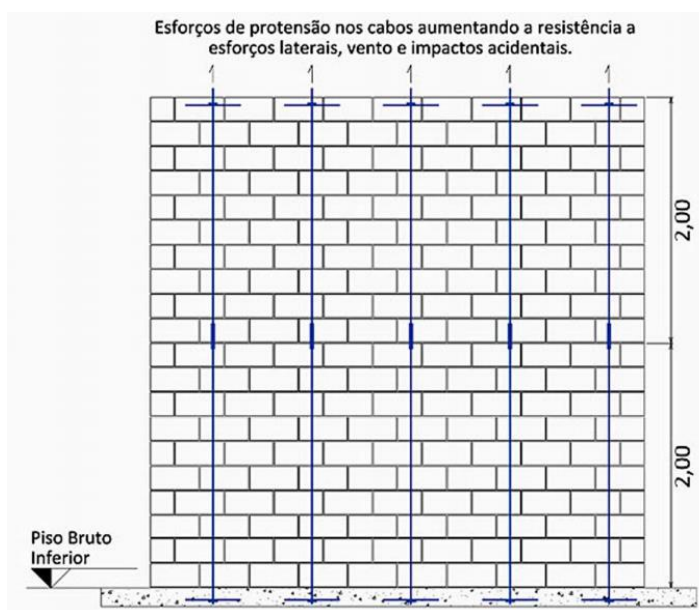


Figura 4 - Alvenaria protendida

Fonte: TAUIL E NESE, 2010.

3.2 O projeto em alvenaria estrutural

Após a viabilização de um empreendimento a primeira etapa para se iniciar de fato a construção é o desenvolvimento dos projetos. Destes, o primeiro e mais importante é o projeto arquitetônico, uma vez que o mesmo é a base para todos os demais projetos, inclusive o projeto da estrutura (RIBEIRO, 2013).

Deve-se possuir os conhecimentos técnicos fundamentais acerca da estrutura que será empregada naquele projeto, uma vez que "[...] é primordial para a concepção de um bom projeto, pois, para conceber a forma é preciso saber qual o comportamento estrutural necessário e desejado" (RIBEIRO, 2010, pg 01).

Além do comportamento estrutural, o projeto deve também considerar que a arquitetura receberá todos os projetos complementares e portanto prever aspectos técnicos e particularidades destes para que se compatibilizem no projeto arquitetônico sem grandes dificuldades, conforme explicita Ribeiro:

"Além disso, é o arquiteto quem determina as características das edificações, não só as de ordem estética, mas as de ordem formal, funcional e econômica, devendo suprir as necessidades cotidianas de seus usuários. O projeto arquitetônico deve, então, apresentar todos os pormenores, contemplando a maior parte possível dos aspectos citados para a execução de um bom projeto, tanto para o construtor, quanto para o usuário." (RIBEIRO, 2010, pg 02)

No caso da alvenaria estrutural as etapas de planejamento e projetos são fundamentais para garantir qualidade e otimização da produção, caso contrário "a falta de projeto e de detalhamentos pode comprometer o sistema e gerar problemas globais na construção" (SÁNCHEZ, 2013).

3.3 Materiais

A alvenaria estrutural é um sistema que funciona através da boa interação entre seus componentes, os quais formam juntos o elemento responsável por absorver e transmitir todos os esforços estruturais da edificação (SÁNCHEZ, 2013).

Os principais materiais que compõe o sistema são os blocos, as juntas em argamassa, e as lajes, sendo que os dois primeiros podem conformar elementos com funções distintas, como as paredes, cintas, pilares e vigas (RIBEIRO, 2010).

3.3.1 Blocos

Os blocos são a base da coordenação modular, premissa da alvenaria estrutural, e podem ser de diferentes materiais, sendo mais comum o uso dos de concreto e cerâmicos (Figura 5), desde que tenham "um controle de qualidade na fabricação, estocagem e no transporte para assegurar sua resistência mecânica bem como suas dimensões externas de paralelepípedo" (RIBEIRO, 2010, pg 67).



Figura 5 - Blocos estruturais de concreto (a) e cerâmica (b)
Fonte: RIBEIRO, 2010.

O bloco de concreto é o mais utilizado na produção em larga escala e é regulado pelas NBR 6136 (2014) e NBR 15961 – 1 (2011), as quais especificam as características mínimas para controle de qualidade e utilização dos mesmos.

Além do bloco vazado simples, existem blocos especiais (Figura 6) para compor elementos estruturais como vergas, contravergas, cintas de amarração, encaixe das lajes ou ainda para compensar medidas não modulares de projeto (ABNT, 2014).

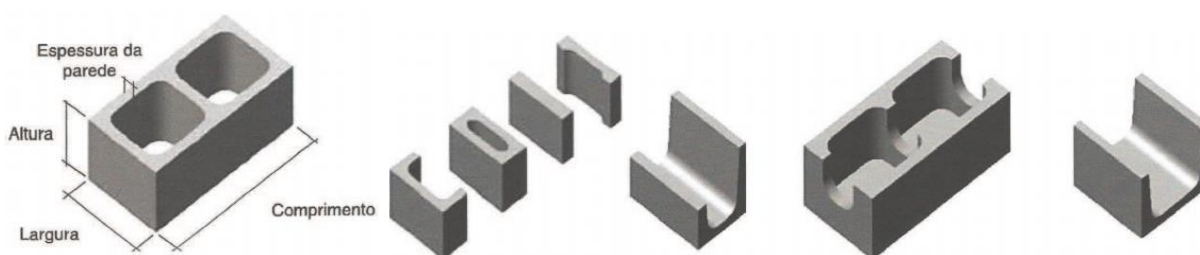


Figura 6 - Blocos vazados de concreto simples, compensadores e tipo canaleta
Fonte: ABNT - NBR 6136: 2014.

As normas especificam que a modulação dos blocos devem ser múltiplas de 10cm, medida equivalente a dimensão do bloco somada a 1cm correspondente à junta de

argamassa, tanto no plano horizontal como na vertical. Também são admitidos submódulos para modulações especiais conforme a Tabela 2 (RIBEIRO, 2010).

Tabela 2 - Dimensões nominais dos blocos vazados de concreto
Fonte: ABNT - NBR 6136: 2014.

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.
 NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.
 NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

3.3.2 Argamassa

A argamassa de assentamento cumpre a função solidarizar todo o elemento parede através da transmissão das forças horizontais e verticais por toda sua extensão, tornando a estrutura monolítica (Figura 7). Além disso a argamassa absorve as deformações de acomodação da estrutura e compensa irregularidades decorrentes de possíveis variações dimensionais dos blocos (SÁNCHEZ, 2013).

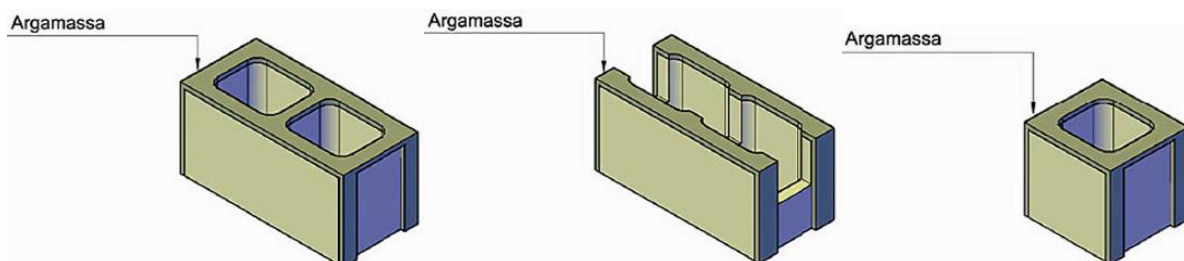


Figura 7 - Bloco estrutural - Argamassa nas paredes longitudinais e transversais

Fonte: TAUIL E NESE, 2010.

Em sua composição essencial a argamassa possui basicamente cimento, cal, areia e água, conformando uma mistura plástica e com boa trabalhabilidade, cujos requisitos básicos são apresentados na Tabela 3 (SÁNCHEZ, 2013).

Tabela 3 - Requisitos para a argamassa no estado fresco e endurecido
Fonte: SÁNCHEZ, 2013.

Estado Fresco	Estado Endurecido
Consistência	Resistência à compressão
Retenção de água	Aderência superficial
Coesão da mistura	Durabilidade
Exsudação	Capacidade de acomodar deformações (resiliência)

A ABNT NBR 15961-1:2011, que dá orientações para o projeto em alvenaria estrutural, estipula o valor máximo para a resistência à compressão como correspondente a 0,7 da resistência característica especificada para bloco (fbk).

3.3.3 Graute

O graute pode ser definido como um concreto fluido e com agregados de baixa granulometria. Tem por finalidade preencher os alvéolos dos blocos que recebem reforços com armadura, aumentando a resistência a compressão da parede em pontos de concentração das tensões. Os principais componentes do graute são basicamente os mesmos do concreto convencional, no entanto os agregados para o graute são menores e a relação água/cimento é maior (SÁNCHEZ, 2013).

Segundo Sánchez as principais propriedades a serem apresentadas pelo graute são:

- "a) Consistência: a mistura deve apresentar coesão e, ao mesmo tempo, ter fluidez suficiente para preencher todos os furos dos blocos;
- b) Retração: a retração não deve ser tal que possa ocorrer separação entre o graute e as paredes internas dos blocos;
- c) Resistência a compressão: a resistência à compressão do graute, combinada com as prioridades mecânicas dos blocos e da argamassa, definirá as características à compressão da alvenaria." (SÁNCHEZ, 2013, pg 102)

Segundo a ABNT NBR 15961-1: 2011 para o preenchimento da alvenaria armada com graute a resistência à compressão deve ser no mínimo 15Mpa ou duas vezes a resistência à compressão dos blocos.

3.3.4 Armadura

As armaduras empregadas na alvenaria estrutural armada seguem o mesmo princípio das armaduras utilizadas no sistema de concreto estrutural, ou seja, resistir eventuais esforços de tração (CAMACHO, 2006).

3.4 Modulação da alvenaria

Segundo SÁNCHEZ (2013) o sistema de alvenaria estrutural tem como base a coordenação dimensional de seus componentes, de forma que se adota um módulo básico como referência e tanto a altura e largura das paredes deverão ser múltiplas do mesmo. Ou por definição "pode-se concluir que coordenar modularmente é organizar ou arranjar peças e componentes, de forma a atenderem a uma medida de base padronizada (TAUIL E NESE, 2010, pg 24)".

O maior desafio para alvenaria estrutural é adequar a modulação ao projeto arquitetônico quando o mesmo não foi projetado para este sistema, pois exige uma grande quantidade de ajustes, o que pode comprometer a premissa da racionalização que é a base do sistema (SÁNCHEZ, 2013).

O projeto arquitetônico para alvenaria estrutural deve ser desenvolvido objetivando a racionalização que o sistema permite e desta forma garante-se que o projeto será executável de forma simples, otimizada, com alta produtividade e sem desperdícios e evitando custos desnecessários (RIBEIRO, 2010).

A coordenação modular é feita através da definição de um módulo básico. Conforme a ABNT NBR 6136: 2014 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos, que especifica as larguras padronizadas: Largura nominal de 15 cm - BLOCOS M-15; Largura nominal de 20 cm - BLOCOS M-20; Largura nominal de 12,5cm - BLOCOS M-12,5; Largura nominal de 10 - BLOCOS M-10 e submódulos. São estas as dimensões reais do bloco somado a espessura das juntas (Figura 8), dentre os quais os módulos mais utilizados são os de 15 ou 20cm (SÁNCHEZ, 2013).

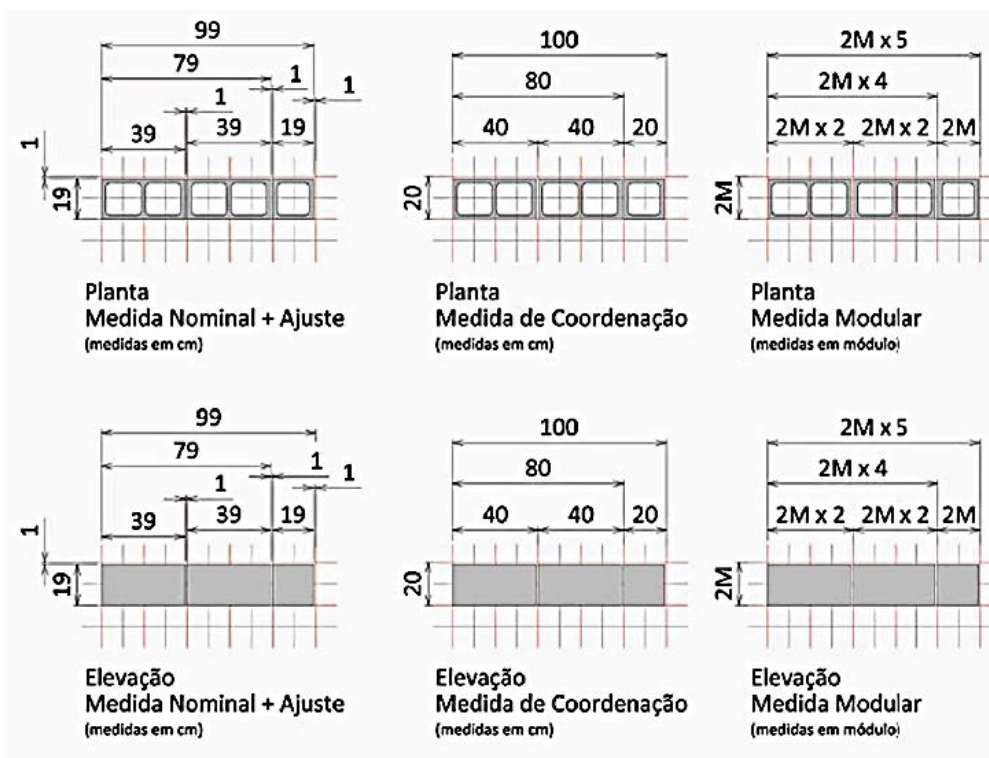


Figura 8 - Exemplo de aplicação da modulação - horizontal e vertical

Fonte: TAUIL E NESE, 2010.

Conforme Sánchez (2013) a paginação da alvenaria, pelo menos um estudo básico da modulação, deve ser feito junto ao projeto arquitetônico para que este siga módulos compatíveis com a unidade empregada no projeto estrutural. Para o autor fatores como o arranjo arquitetônico, a coordenação dimensional, a racionalização do projeto e da produção são diretrizes para se construir em alvenaria estrutural, devendo-se seguir os seguintes passos:

- utilizar o menor número possível de componentes, respeitando as amarrações e blocos especiais como jota e canaleta;
- utilizar um único tipo de material;
- utilizar componentes facilmente encontráveis no mercado, com tamanho e configuração padrões;
- concentrar atenção nas juntas entre componentes estruturais, entre elementos construtivos e entre a laje de cobertura e a parede;
- reunir em um detalhamento vários elementos do projeto, como primeira e segunda fiada, vergas, contravergas e apoio de laje;
- evitar projetos com ângulos, inclinações e superfícies curvas. (SÁNCHEZ, 2013, pg 18-19)"

Para se paginar os blocos de um projeto, deve-se organizar as unidades de forma que não exista juntas de argamassa a prumo e que sejam feitas amarrações nos encontros de paredes, garantindo assim o monolitismo e a rigidez da estrutura. As

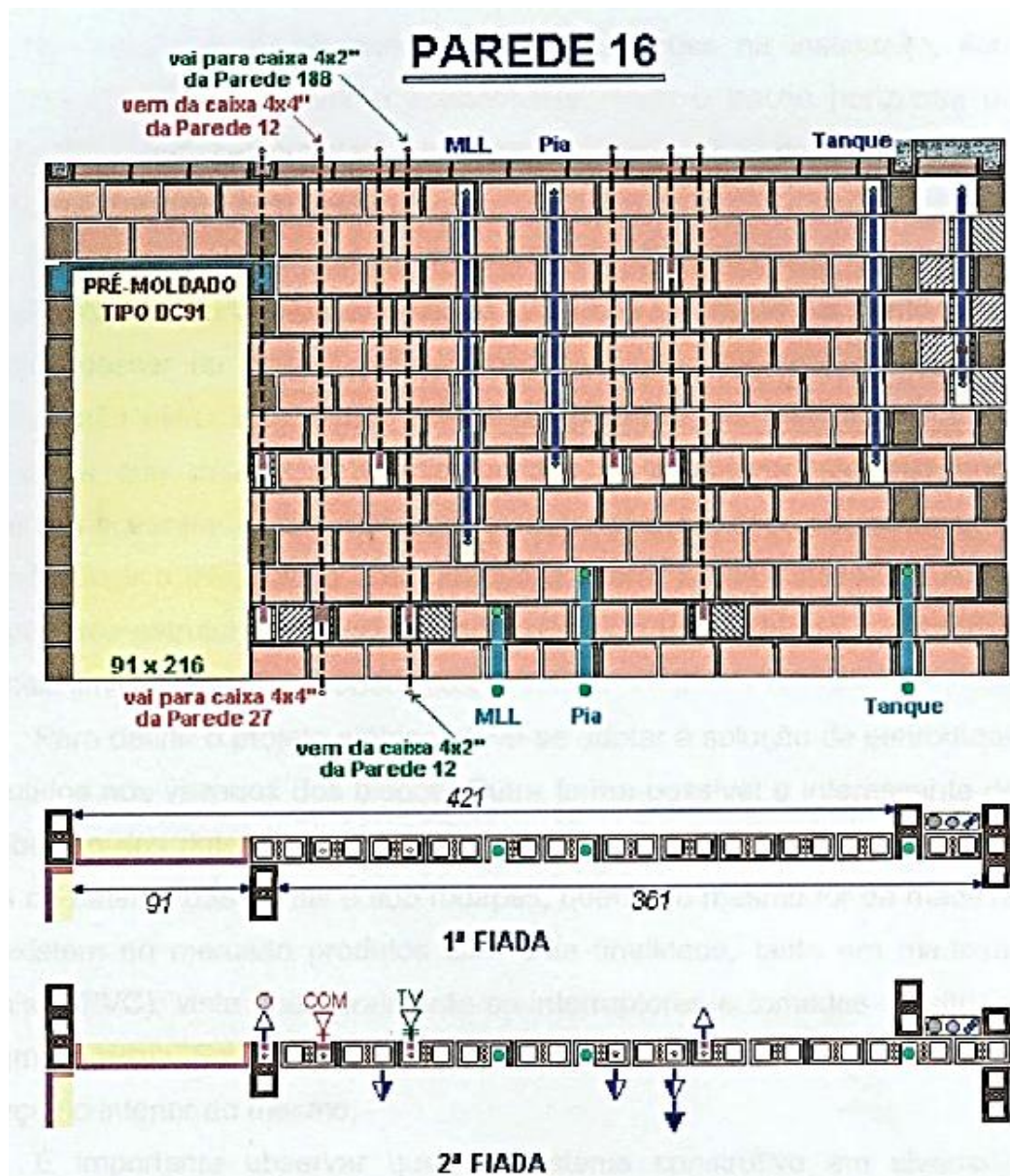


Figura 11 - Exemplo de elevação
 Fonte: POZZOBON, 2003.

3.5 Compatibilização

A compatibilização dos projetos envolvidos em um empreendimento pode ser definida, segundo Rauber (2005), como "estudar a maneira de todos os projetos coexistirem harmonicamente na edificação, fazendo com que todas as soluções se encaixem perfeitamente na construção".

O processo de coordenação dos projetos eleva a qualidade global do empreendimento, uma vez que os projetos finais permitirão uma construção sem imprevistos e improvisações diretamente no canteiro de obras (SÁNCHEZ, 2013).

A prática da compatibilização torna-se essencial para a competitividade das empresas no mercado da construção, pois garante a qualidade dos projetos em sua concepção, do processo construtivo e da produtividade, conseqüentemente de toda a obra (RIBEIRO, 2010).

Segundo Sánchez (2013) os principais objetivos da compatibilização são:

- garantir comunicação e a troca de informações entre os projetistas;
- controlar as etapas de desenvolvimento do projeto, garantindo que a execução siga as especificações e requisito pré-definidos como custos, prazos e especificações técnicas;
- solucionar as interferências entre projetos;
- estabelecer coerência entre o produto projetado e o modo de produção da empresa.

Para a construção em alvenaria estrutural racionalizada é inconcebível se rasgar paredes e improvisar em função das instalações (Figura 12). Por isso a importância de uma boa compatibilização dos projetos, uma vez que se rasgar as paredes além de comprometer a produtividade da obra, desperdiçar materiais e mão de obra, também incorrem na insegurança estrutural pois diminuem a seção resistente (TAUIL E NESE, 2010).



Figura 12 - Passagem de tubulação elétrica sem adequada integração de projetos

Fonte: SANTOS, 1998.

Para as instalações hidráulicas a solução mais adotada para não se interferir na alvenaria é o uso de shafts para passagem vertical das tubulações e percorrer as mesmas horizontalmente sob a laje e vedar com uso de forro (Figuras 13 e 14). Além disso é ideal que se agrupe as áreas molhadas para se reduzir o número de shafts (SÁNCHEZ, 2013).

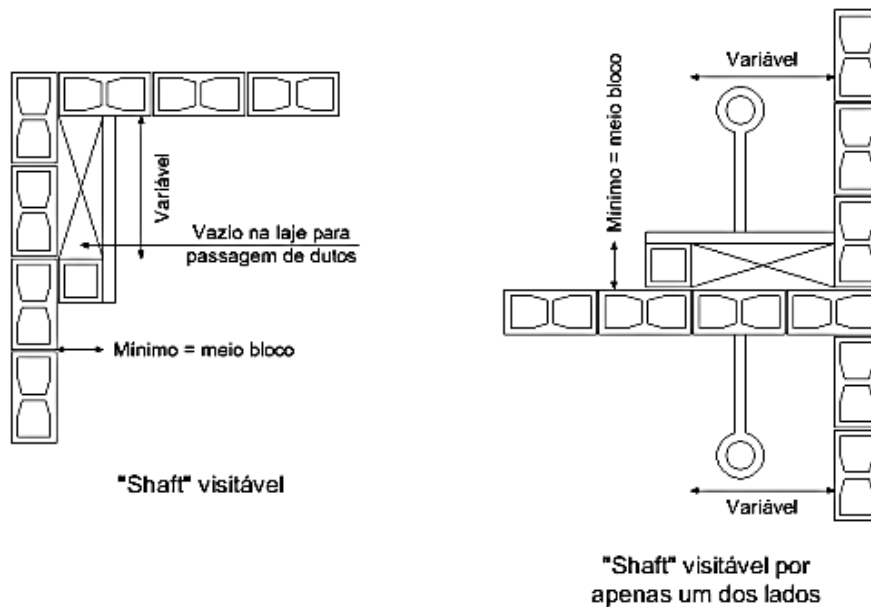


Figura 13 - Previsão de shafts para tubulações verticais

Fonte: MACHADO, 1999.



Figura 14 - Tubulações horizontais sob a laje a serem ocultas por forro.

Fonte: SANTOS, 1998.

As instalações elétricas por sua vez são distribuídas horizontalmente embutidas nas lajes e utilizam os blocos vazados de concreto para as descidas verticais dos

eletrodutos (Figura 15). As caixas de tomadas e interruptores são instaladas em blocos cortados para encaixá-las (TAUIL E NESE, 2010).



Figura 15 - Instalação elétrica embutida nas células dos blocos.
Fonte: TAUIL E NESE, 2010.

3.6 Processo executivo

3.6.1 Procedimentos técnicos

As diretrizes básicas para a execução de uma obra em alvenaria estrutural são definidas pela ABNT NBR 15961-2: 2011, segunda a qual deve-se previamente verificar os seguintes itens:

- A locação, esquadros e nivelamento da base de assentamento da alvenaria conforme tolerâncias estipuladas pela mesma e contidas em projeto;
- Posicionar reforços metálicos e tubulações de acordo com o projeto executivo;
- Limpar o local para garantir a aderência entre a argamassa e o pavimento não seja prejudicada, além da limpeza dos blocos e peças pré-fabricadas.

A marcação da alvenaria corretamente é fundamental para garantir a precisão geométrica do conjunto de paredes a serem levantadas, por isso é fundamental atender as tolerâncias de prumo (alinhamento vertical), de nível (alinhamento horizontal) e executar precisamente as espessuras das juntas de argamassas de assentamento dos blocos e possíveis reforços de acordo com o especificado em projeto (ABNT NBR 15691-2, 2011).

Ainda segundo a ABNT NBR 15961-2: 2011, durante o processo de elevação das paredes deve-se garantir que:

- Os blocos não sejam movidos de sua posição após assentados para não perder aderência com a argamassa;
- As paredes sejam executadas apenas com blocos inteiros e complementos previstos em projeto. Para uso de peças especiais deve constar no projeto e obtidas sob condições controladas;
- Não sejam feitas amarrações diretas entre paredes estruturais e paredes não estruturais.

A ABNT NBR 15961-2: 2011 define que as juntas horizontais e verticais da argamassa devem possuir espessura de 10 mm com variação máxima de mais ou menos 3 mm. As juntas da primeira fiada podem ser de 5 mm a 20 mm de acordo com projeto (Figura 16).

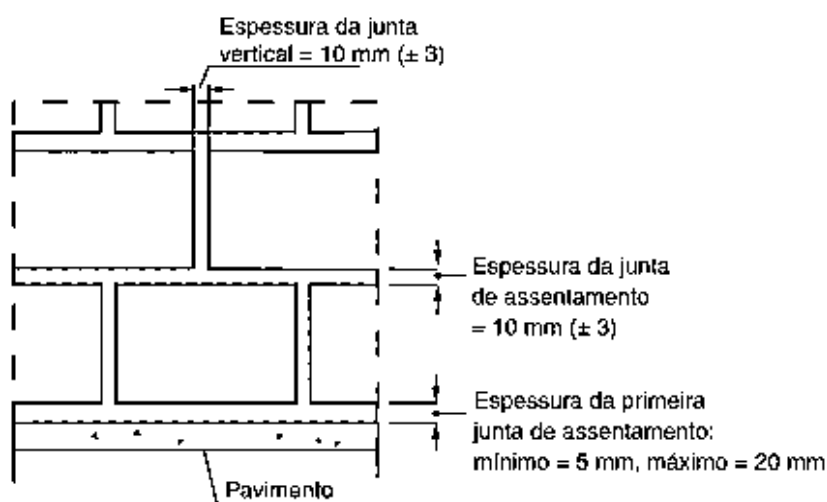


Figura 16 - Variações máximas da espessura das juntas de argamassa

Fonte: ABNT - NBR 15961-2: 2011.

Em relação ao desaprumo e o desalinhamento das paredes e pilares do pavimento, a ABNT NBR 15961-2: 2011 estipula que o limite máximo para os mesmos é 10mm, deve-se ainda atender ao limite de 2 mm/m e na altura total da edificação o máximo de desaprumo admitido é 25 mm (Figura 17).

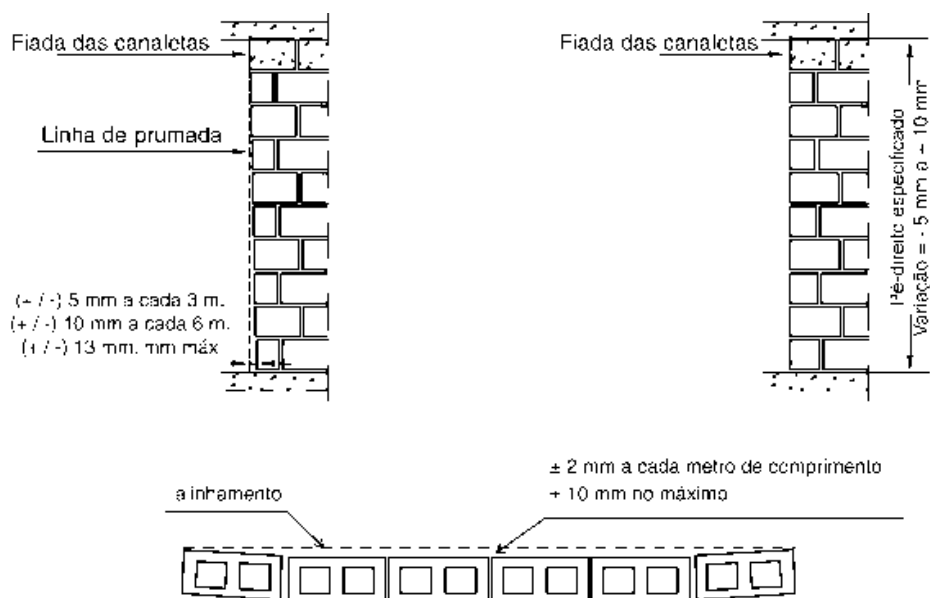


Figura 17 - Limites máximos para o desaprumo e desalinhamento das paredes
Fonte: ABNT - NBR 15961-2: 2011.

Resumidamente, os limites das variáveis geométricas estipuladas pela ABNT NBR 15961-2: 2011 encontram-se na Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 - Variáveis de controle geométrico na produção de alvenaria
Fonte: ABNT - NBR 15961-2: 2011.

Fator		Tolerância
Junta Horizontal	Espessura	± 3 mm
	Nível	2 mm/m 10 mm no máximo
Junta Vertical	Espessura	± 3 mm
	Alinhamento vertical	2 mm/m 10 mm no máximo
Alinhamento da parede	Vertical (desaprumo)	± 2 mm/m ± 10 mm no máximo por piso ± 25 mm na altura total do edifício
		Horizontal (desalinhamento)
Nível superior das paredes	Nivelamento da fiada de respaldo	± 10 mm

A ABNT NBR 15961-2: 2011 estabelece ainda critérios para execução de vigas, contravergas e cintas, uso de armaduras e procedimentos para grauteamento dos blocos, tais como:

- Verificar a limpeza, alinhamento e desobstrução dos furos antes do lançamento;

- Altura máxima para lançamento de 1,60 m exceto para graute aditivado que garante coesão sem segregação e pode ser lançado a 2,80 m de altura;
- Molhar os vazados que receberão graute antes do lançamento;
- Empregar haste entre 10 mm e 15 mm para adensamento manual, devendo a mesma ter comprimento suficiente para atingir toda extensão do vazado;
- Criar janelas de visita nos pontos onde será grauteado para proceder-se a limpeza e inspeção da operação de grauteamento.

Vale ressaltar que para se garantir o atendimento das normas, a qualidade do processo e um bom índice de produtividade é essencial que se provenha à equipe responsável por levantar a alvenaria os devidos treinamentos e os equipamentos e ferramentas apropriados para a produção otimizada (SÁNCHEZ, 2013).

3.6.2 Controle executivo

O controle executivo em uma obra de alvenaria estrutural vai desde o recebimento monitorado dos materiais, e seus respectivos ensaios, ao controle da produção em termos de otimização, e até por fim a aceitação final das alvenarias concluídas (POZZOBON, 2003).

O monitoramento das obras de alvenaria estrutural tem por hipótese de trabalho que, através do acompanhamento técnico, por pessoal habilitado, é possível, não somente validar a execução da alvenaria com relação ao projeto e às normas técnicas, como, também, proporcionar incremento no nível de racionalização, verificando desta forma, a conformidade com projetos e normas pertinentes ao sistema construtivo. (POZZOBON, pg 62, 2003)

A aceitação da alvenaria fica condicionada, segundo a ABNT NBR 15961-2: 2011, aos resultados de ensaios positivos de resistência característica estimada de prisma. Para casos em que não exige-se este ensaio, deve considerar a aprovação dos ensaios de caracterização e recebimento dos blocos de concreto e em alguns casos também da argamassa e do graute.

Os ensaios exigidos para aceitação dos blocos de concreto são indicados na ABNT NBR 6136: 2014 e especificados na ABNT NBR 12118: 2013, dentre eles a análise

dimensional, resistência à compressão, absorção de água, área líquida, retração linear por secagem e permeabilidade.

Os ensaios dos componentes da alvenaria também devem ser realizados, no caso da argamassa conforme descrito no Anexo D da ABNT NBR 15961-2: 2011 e, para o graute, conforme descrito na ABNT NBR 5739: 2007. A alvenaria em si deve passar pelos ensaios de prisma descritos na ABNT NBR 12118: 2013. Além dos resultados dos ensaios deve-se conferir in loco se as paredes atendem os limites das variáveis geométricas estabelecidos na ABNT NBR 15961-2: 2011.

3.7 Resíduos sólidos da construção civil

Cada vez mais as normas procuram cercar os vícios da construção civil nas primeiras etapas da concepção de um empreendimento e otimizar todo o sistema de produção, uma vez que o setor da construção possui grande representatividade na economia do país.

Apesar da relevância da construção civil para a sociedade, através da grande quantidade de empregos, moradia, infra estrutura, etc, que gera, e para a economia, o setor produz parte significativa dos resíduos sólidos urbanos - uma média de 450kg / habitante / ano (SINDUSCON, 2005).

Tabela 5 - Participação do entulho na massa de resíduos sólidos recebidos diariamente pela SLU - Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte - em ton / dia
Fonte: SINDUSCON, 2005.

Tipo / Ano	2000	2001	2002	2003	2004
Resíduos Sólidos Urbanos	4.554	4.009	4.337	4.119	4.255
Resíduos Construção Civil	2.325	1.676	1.829	1.352	1.795
Participação do RCC %	51,0	41,0	42,2	33,0	42,2

Em 2002 entrou em vigor a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - Nº 307/2002, na qual se estabelece definições e parâmetros para disposição de resíduos da construção civil, responsabilizando os municípios por administrar, fiscalizar e implantar o planejamento e gestão dos resíduos provenientes do setor da construção civil (SINDUSCON, 2005).

Desta forma é importante que as empresas da área da construção concentrem esforços em reduzir desperdícios e volume de resíduos; separar os resíduos

gerados conforme classificação; reutilizar materiais e por fim reciclar os resíduos, transformando-os em matéria-prima para novos produtos. Para tanto é essencial que as empresas atualizem suas premissas e adotem novos processos que contêm este princípio desde a concepção de um novo projeto (SINDUSCON, 2005).

A alvenaria estrutural se enquadra bem esta nova visão para a construção civil, ao passo que cada vez mais "tem representado a solução construtiva com características de durabilidade, sem desperdícios, econômica e totalmente em dia com os princípios da sustentabilidade que a sociedade procura para a construção de seu habitat" (TAUIL E NESE, pg 13, 2010).

4 ESTUDO DE CASO: CONDOMÍNIO VESPER JARDIM FINOTTI

Com o intuito de ilustrar a importância da modulação da alvenaria estrutural este trabalho propõe um estudo de caso de um empreendimento proposto para este sistema, analisando a proposta arquitetônica inicial e o quanto a modulação beneficia a mesma.

O empreendimento em questão é um condomínio residencial da Construtora Vesper Ltda. denominado Condomínio Vesper Jardim Finotti a ser implantado no bairro Santos Dumont em Uberlândia - MG (Figura 18). O mesmo consiste em três torres de apartamentos totalizando cento e vinte unidades, todas com dez pavimentos tipo, com quatro apartamentos por andar, e pilotis - sendo duas torres com apartamentos de três quartos e uma com apartamentos de quatro quartos - área de lazer completa e guarita (Figura 19).

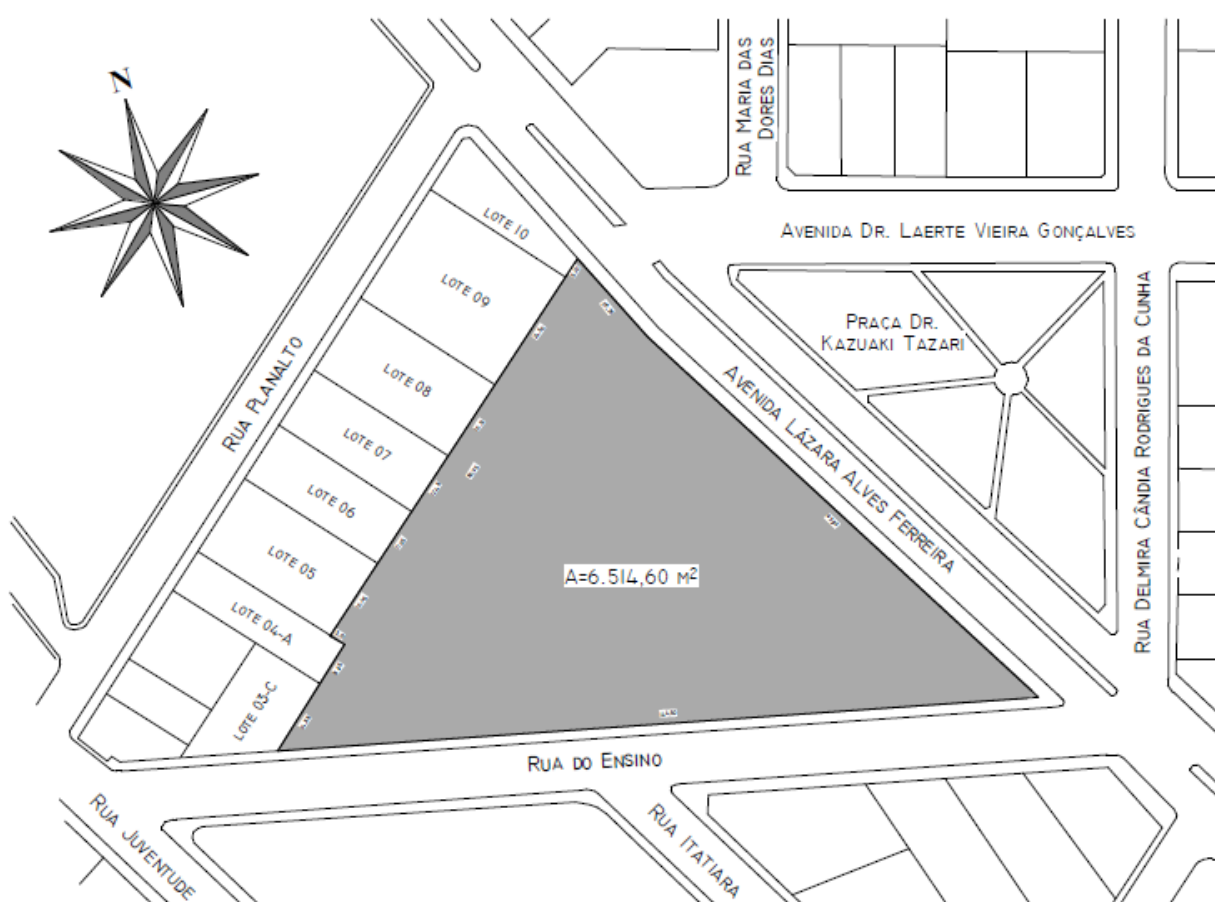


Figura 18 - Localização do empreendimento Condomínio Vesper Jardim Finotti

Fonte: Acervo disponibilizado pela Construtora Vesper Ltda.

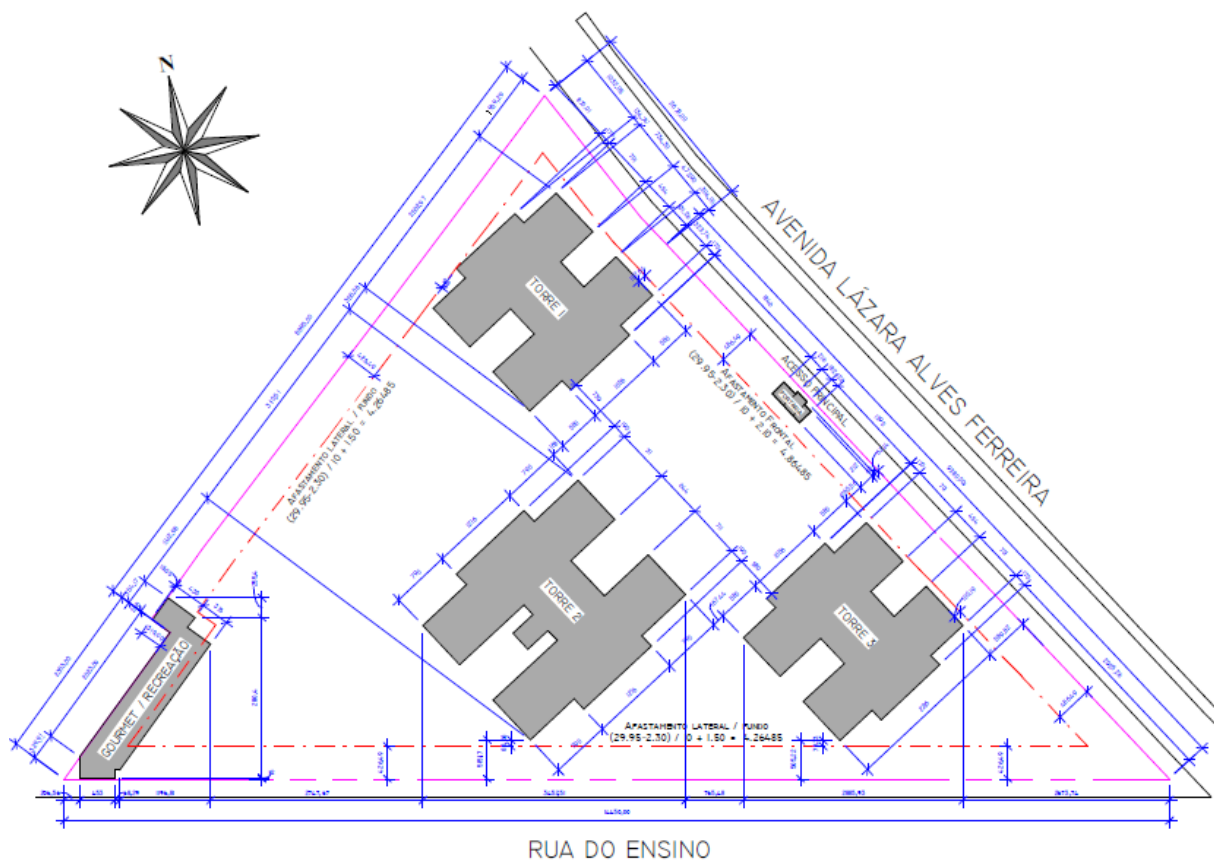


Figura 19 - Implantação do empreendimento Condomínio Vesper Jardim Finotti

Fonte: Acervo disponibilizado pela Construtora Vesper Ltda.

A Construtora Vesper Ltda. é tradicional em Belo Horizonte / Minas Gerais, presente desde 1985 no mercado da construção de edifícios residenciais. Tem como especialidade a aplicação do sistema construtivo em alvenaria estrutural, tendo aperfeiçoado-se neste sistema ao longo dos anos através de muitos empreendimentos.

Para o empreendimento em questão a construtora contratou um anteprojeto arquitetônico que se enquadrasse no escopo determinado pela viabilidade, na legislação local e nos padrões construtivos da empresa. Feito este estudo inicial e aprovado, contratou-se o projeto de racionalização da alvenaria para se enquadrar a arquitetura ao sistema construtivo de alvenaria estrutural e então dar entrada para análise na Prefeitura.

Neste trabalho será analisado esta etapa de estudo e o enquadramento do mesmo dentro do projeto de alvenaria racionalizado, com o intuito de verificar o que se beneficia com esta prática. Para tanto tomou-se como base os quantitativos apenas

das três torres de apartamentos, calculados por pavimento tipo e multiplicados pelo número de andares, no caso um total de dez.

No anteprojeto as duas torres de três quartos possuíam 331,09 m² cada em seu pavimento tipo, enquanto a torre de quatro quartos possuía 434,15 m² (Figuras 20 e 21). As medidas dos ambientes neste caso seguiam valores considerados ideais para os mesmos, no entanto sem seguir a modulação do sistema construtivo.

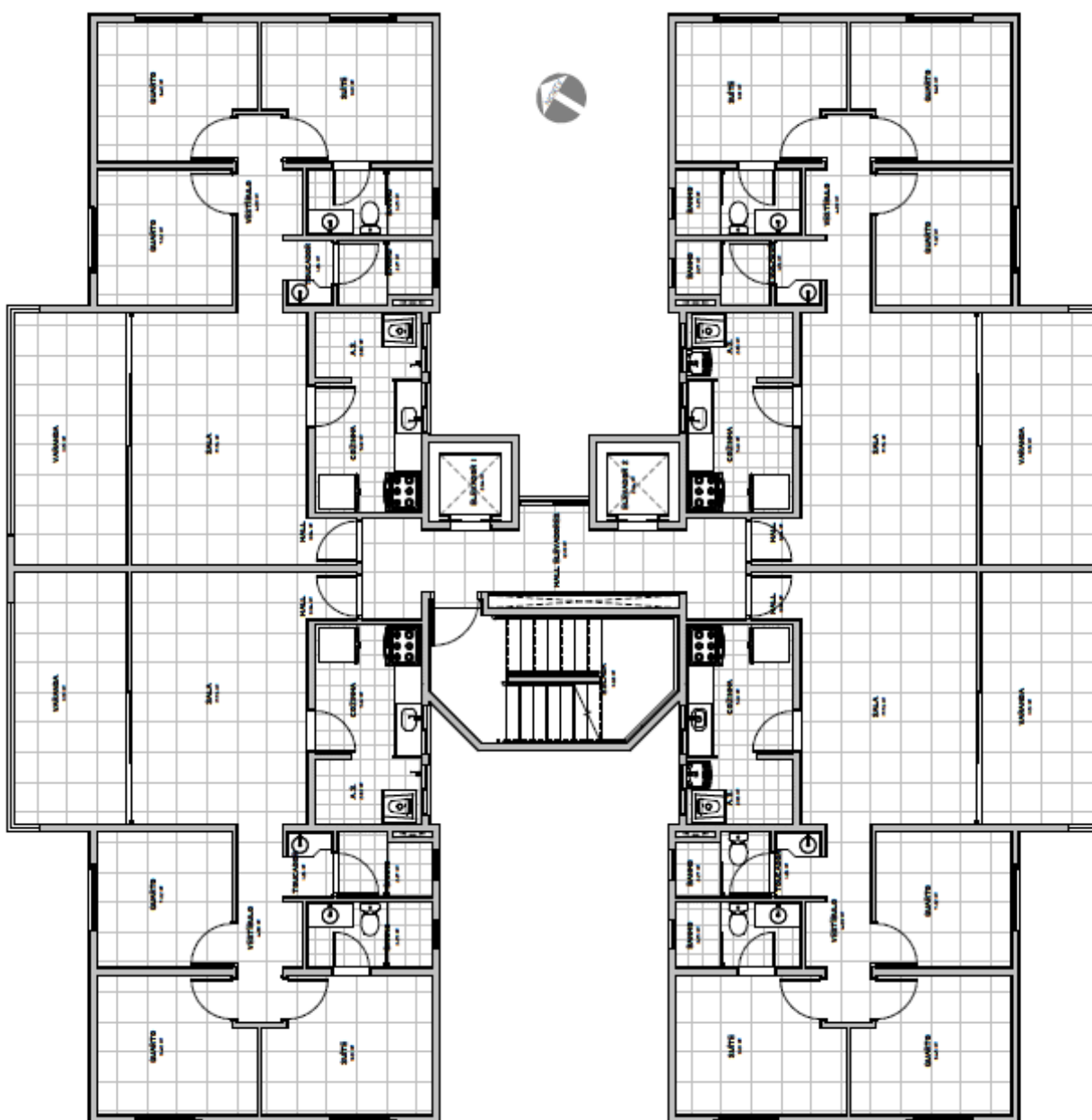


Figura 20 - Pavimento tipo torres três quartos
Fonte: Acervo disponibilizado pela Construtora Vesper Ltda.

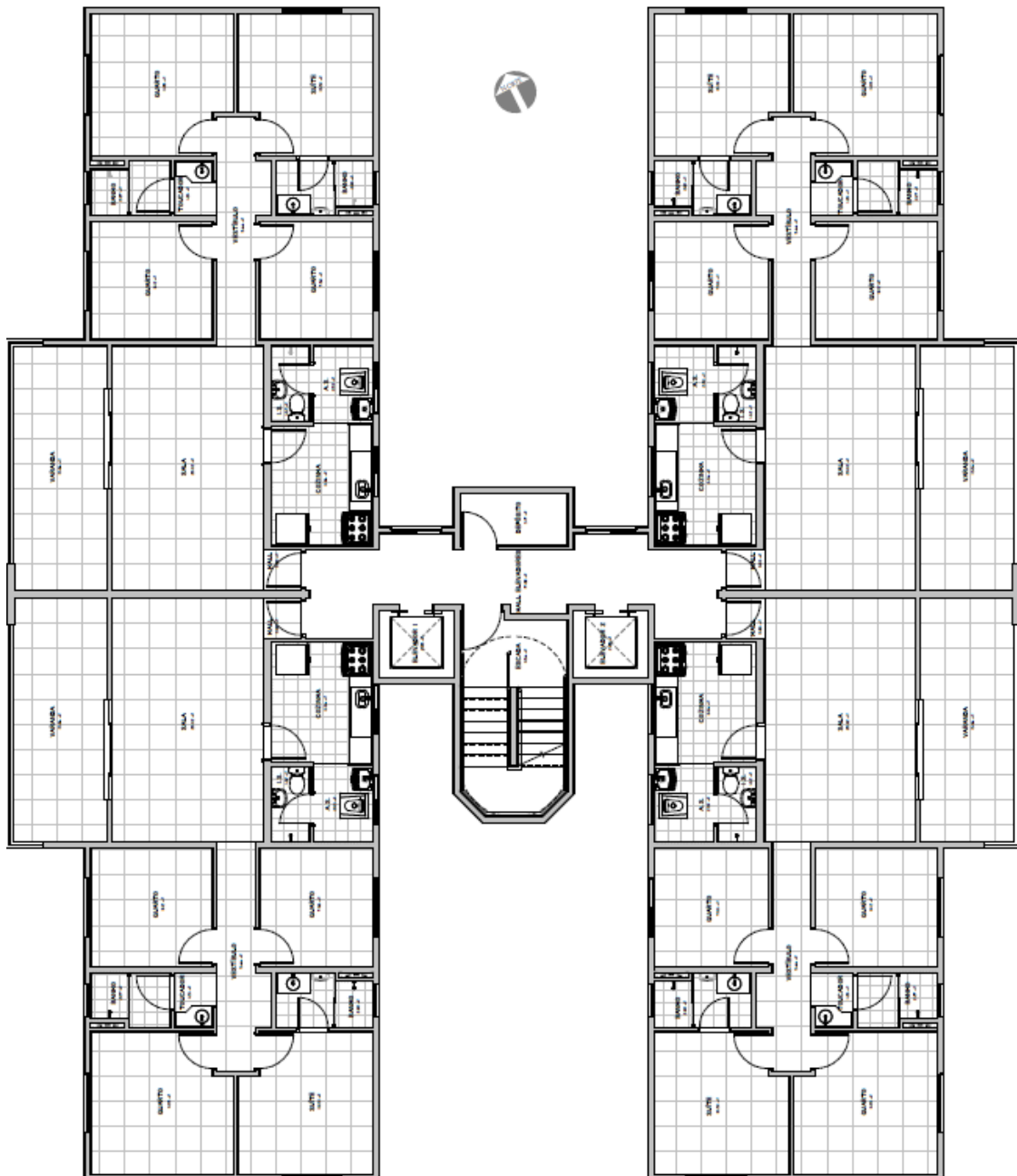


Figura 21 - Pavimento tipo torre quatro quartos
Fonte: Acervo disponibilizado pela Construtora Vesper Ltda.

Com o estudo da racionalização da alvenaria e adequação do projeto às medidas modulares o pavimento tipo das duas torres de três quartos passou a ter 328,65 m² cada, enquanto a torre de quatro quartos passou a ter 427,72 m² (Figuras 22 e 23).

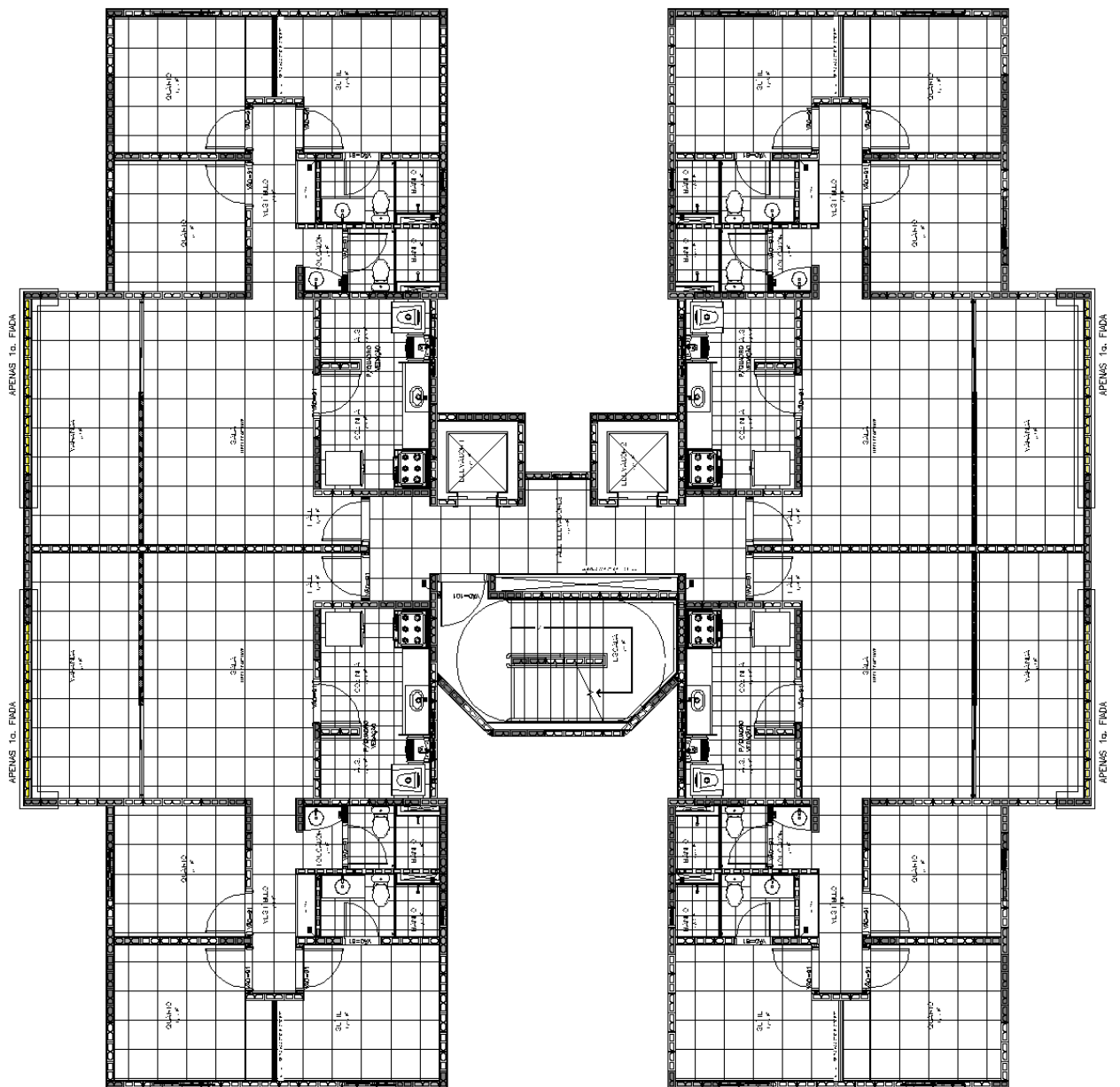


Figura 22 - Pavimento tipo torres três quartos - adequado
Fonte: Acervo disponibilizado pela Construtora Vesper Ltda.

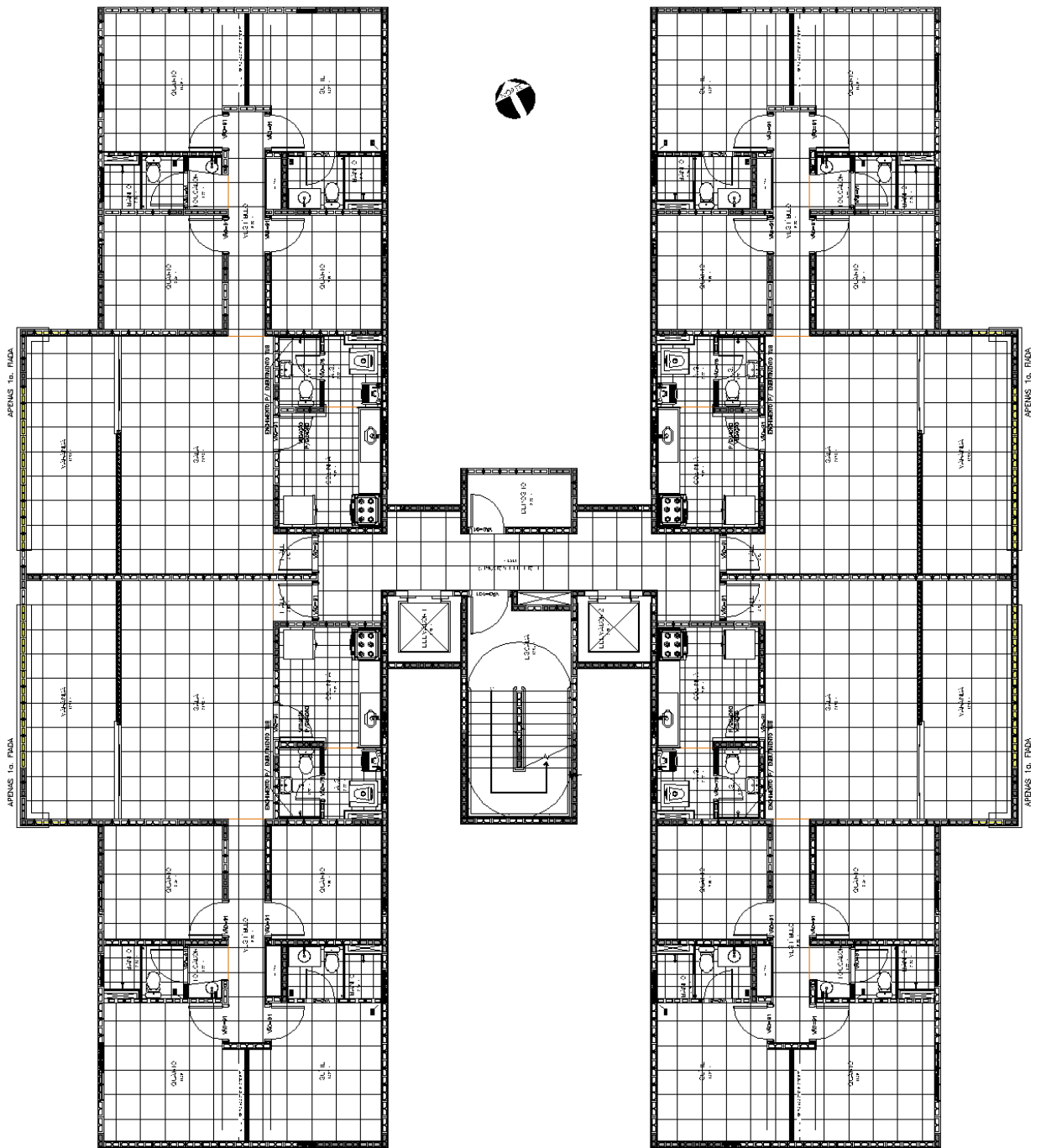


Figura 23 - Pavimento tipo torre quatro quartos - adequado
Fonte: Acervo disponibilizado pela Construtora Vesper Ltda.

A diferença de área para o pavimento tipo das torres de três quartos foi uma redução de 2,44 m² em cada, e para o pavimento tipo da torre de quatro quartos também uma redução de 6,43 m², conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Comparativo de áreas anteprojeto x projeto modulado Vesper Jardim Finotti

Fonte: Elaboração própria.

Comparativo áreas Vesper Jardim Finotti		
	Pavimento 3 Quartos	Pavimento 4 Quartos
Anteprojeto	331,09	434,15
Adequado à modulação	328,65	427,72
Diferença	2,44	6,43
Total (10 pavimentos)	24,4	64,3

Pode-se considerar que a diferença das áreas entre o anteprojeto e o projeto adequado à paginação seria o equivalente a área ocupada por elementos que não se enquadrariam na modulação, ou seja, complementos de blocos de concreto fora dos módulos ou submódulos.

Didaticamente pode-se assumir a hipótese de que toda a área reduzida geraria uma mesma área de desperdício, uma vez que se dimensões não se enquadravam na modulação seria necessário ajustes maiores ou menores através do corte dos blocos para executá-las.

Partindo deste pressuposto é possível estimar um volume médio de resíduos que seria gerado caso não se estudasse a modulação, considerando o pé direito médio de 2,80 m, conforme indicado na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 - Estimativa de volume de resíduos gerados sem a modulação da alvenaria

Fonte: Elaboração própria.

Estimativa de volume de resíduos de corte de blocos			
	Torre 1 (3 Quartos)	Torre 2 (4 Quartos)	Torre 3 (3 Quartos)
Área total (m ²)	24,4	64,3	24,4
Pé direito (m)	2,80	2,80	2,80
Volume estimado / torre (m ³)	68,32	180,04	68,32
Total empreendimento (m³)	316,68		

Este volume de resíduos gerado corresponderia a um bota fora de 53 caçambas de 6 m³. Considerando o preço médio de cada coleta através de caçamba cerca de R\$150,00, a economia total neste parâmetro seria R\$7.950,00. Além disto o agravante seria a disposição destes resíduos em locais apropriados para recebê-los, uma vez que a cidade Uberlândia possui apenas duas empresas habilitadas para a gestão de resíduos em conformidade com a resolução CONAMA - N^o 307/2002 (CORREIO DE UBERLÂNDIA, 2015).

Outra redução de custos que pode ser avaliada é uma proporção do valor gasto no total de blocos comprados para a obra já racionalizada para o valor que seria gasto para uma área construída, considerando apenas os pavimentos tipos, sem modulação da alvenaria, utilizando uma regra de três simples, conforme a Tabela 8.

Tabela 8 - Estimativa de redução de custos referente a compra de blocos de concreto

Fonte: Elaboração própria.

Área	Bloco			Custo total blocos (R\$)	%
	Torre 1	Torre 2	Torre 3		
Área com adequação (tipo)	328,65	427,72	328,65	450.525,46	100
Total área com adequação	10850,20				
Área sem adequação (tipo)	331,09	434,15	331,09	455.221,63	101,04
Total área sem adequação	10963,30				

Por ter considerado de forma generalizada o valor total dos blocos, e não por tipo de bloco, o resultado é relativamente pouco representativo diante do total da obra, no entanto é importante ressaltar que os blocos compensadores são proporcionalmente mais caros que os blocos simples, pois custam cerca de 86% o valor do bloco modular. Desta forma se fosse apurado precisamente a quantidade de blocos que seriam gastos para os ajustes das medidas não moduladas, possivelmente a diferença do custo gasto com os blocos seria maior.

Outro custo que se pode estimar, que seria mais completo que apenas a economia dos blocos, é a economia em alvenaria produzida utilizando tabelas de composição de custos dos serviços de construção civil. Para tal é necessário estimar a quantidade de área de alvenaria que a diferença de área encontrada em planta representa: a diferença total, dos três blocos, é 113,1 m² e, considerando a espessura padrão da parede 0,14 m é possível encontrar, dividindo o primeiro pelo segundo, uma quantidade de alvenaria, em metros lineares, correspondente a 807,9 m, que multiplicada pelo pé direto padrão de 2,80 m, resulta em um total de 2262 m² de alvenaria que seria necessário executar.

Considerando a composição de custos estipulada pelo TCPO (2010) para alvenaria estrutural em blocos de concreto utilizando mão-de-obra por empreitada (Figura 24), o custo de produção por metro quadrado de alvenaria é R\$12,90. Aplicando este valor à quantidade estimada acima, chegamos a um custo referente de R\$29.179,80 que é um gasto razoável para a produção.

04222.8.1._ ALVENARIA estrutural com blocos de concreto, juntas de 10 mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0,25:3 - tipo 3 - (com mão-de-obra empreitada) - unidade: m²

CÓDIGO	COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS	
			DIMENSÕES (CM)	
			14 X 19 X 39	19 X 19 X 39
			ESPESSURA DA PAREDE (CM)	
			14	19
			04222.8.1.3	04222.8.1.4
*04060.8.1.77	ARGAMASSA mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0,25:3	m ³	0,0134	0,0182
04222.1.2._	Mão-de-obra empreitada para execução de alvenaria estrutural, com blocos de concreto	m ²	1,00	1,00
04222.3.1._	Bloco de concreto estrutural - bloco inteiro	un	12,90	12,90
COMPOSIÇÃO DETALHADA INCLUINDO A PRODUÇÃO DE INSUMOS				
01270.0.45.1	Servente	h	0,134	0,182
02060.3.2.2	Areia lavada tipo média	m ³	0,016348	0,022204
02065.3.2.1	Cal hidratada CH III	kg	0,8174	1,1102
02065.3.5.1	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	6,5124	8,8452
04222.1.2._	Mão-de-obra empreitada para execução de alvenaria estrutural, com blocos de concreto	m ²	1,00	1,00
04222.3.1._	Bloco de concreto estrutural - bloco inteiro	un	12,90	12,90

CONTEÚDO DO SERVIÇO

- 1) Consideram-se material e mão-de-obra para preparo da argamassa, marcação e execução da alvenaria. Excetos serviços de fixação, armação e grout de alvenaria.
- 2) A alvenaria estrutural com blocos de concreto é utilizada com armação em muitas situações; ne

Figura 24 – Composição de custo unitário para execução em alvenaria estrutural
Fonte: TCPO, 2010.

É importante observar que, além dos ganhos em custo estimados, a economia em custos indiretos e o ganho em produtividade potencializam o trabalho em série ao longo de toda obra e padroniza todas as paredes do pavimento tipo. Isto se traduz em uma produção altamente otimizada, pois está menos sujeita a erros de improvisação e práticas artesanais.

5 CONCLUSÃO

Foi possível através deste trabalho verificar que o sistema em alvenaria estrutural, quando bem executado, pode acarretar muitas vantagens para as empresas construtoras por ser um sistema relativamente simples e permitir um alto índice de produtividade.

Através da revisão bibliográfica foi possível pontuar os diversos parâmetros sob os quais se deve ter controle ao optar por este sistema, além dos procedimentos técnicos básicos para uma boa execução e eliminação de vícios da construção para garantir que se obtenha ao máximo todas as vantagens possíveis em uma obra de alvenaria estrutural.

Com o estudo de caso ficou claro que para se obter a principal vantagem que o sistema proporciona é essencial que a concepção do projeto passe por uma análise de modulação, pois permite que as dimensões se enquadrem no sistema e proporcione uma produção limpa, praticamente sem perdas e com boa produtividade.

Para se obter índices mais precisos acerca desta análise seria ideal se produzir de fato dois protótipos utilizando a alvenaria estrutural, um modulado e outro não, afim de se quantificar apuradamente os índices comparativos entre eles no que diz respeito à produtividade, geração de resíduos sólidos e custos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples - Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15961-1: Alvenaria estrutural - Blocos de concreto Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15961-2: Alvenaria estrutural - Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2014.

CAMACHO, Jefferson. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural – NEPAE, Ilha Solteira/SP, 2006.

CARVALHO, M. C. R.; SANTOS, F. A.; ROMAN, H. R. **Architectural conception and design in structural masonry: some practices to improve constructability**. Int. Journal for Housing Science, vol. 33, no.1 pp. 57-67, 2009.

CORREIO DE UBERLÂNDIA. **Gestão de resíduos vira bom negócio em Uberlândia**. Disponível em: <<http://www.correiodeuberlandia.com.br/cidade-e-regiao/gestao-de-residuos-vira-bom-negocio-em-uberlandia/>>. Acesso em: 29 jun. 2015

GOIARTE. Disponível em: <<http://www.goiarte.com.br/blocos.asp>>. Acesso em: 27 maio 2015.

RIBEIRO, Gilvan Francisco. **Estudo comparativo do uso da alvenaria convencional e alvenaria com coordenação modular: caso de uma obra em Angicos/RN**. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Angicos, 2013.

RIBEIRO, Mariana Silveira de Barros. **Orientações para projetos arquitetônicos: funcionamento estrutural e particularidades do sistema em alvenaria estrutural**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2010.

MACHADO, S. L. **Sistemática de concepção e desenvolvimento de projetos arquitetônicos para alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1999.

MELO, M. C. **Projeto Arquitetônico: Necessidades e Dificuldades do Arquiteto Frente às Particularidades do Processo Construtivo em Alvenaria Estrutural**.

Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2006.

POZZOBON, M. A. **O processo de monitoramento e controle tecnológico em obras de alvenaria estrutural.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2003.

RAUBER, F. C. **Contribuições ao Projeto Arquitetônico de Edifícios em Alvenaria Estrutural.** Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2005.

SÁNCHEZ, Emil (Org.). **Nova normalização brasileira para a alvenaria estrutural.** Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2013.

SANTOS, M. D. F. **Alvenaria Estrutural: contribuição ao uso.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 1998.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Cartilha de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.** Disponível em: <http://www.projetoreciclar.ufv.br/docs/cartilha/residuos_solidos.pdf> Acesso em 30 mar. 2015.

SIQUEIRA, Renata A.; MALARD, Maria L.; SILVA, Margarete M. A.; TELLO, Marina; ALVES, José M. **Coordenação Modular da Alvenaria Estrutural: Concepção e Representação.** IV Colóquio de Pesquisas em Habitação: Coordenação Modular e Mutabilidade - EAUFMG, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/coluquiomom/comunicacoes/siqueira.pdf>> Acesso em 30 mar. 2015

SOARES, J. M. D.; SANTOS, M. D. F.; POLETTO, L. **Habitações de caráter social com a utilização de bloco cerâmico.** *In:* Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional / Editores: Carlos Torres Formoso [e] Akemi Ino. Coletânea Habitare, Porto Alegre: ANTAC, vol. 2, 2003.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2010.

TCPO, Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. – 13ª . ed. - São Paulo: Pini, 2010.