UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS

Curso de Graduação em Engenharia Civil

JULIANO KERSTING

ESTUDO DO LEVANTE E REVESTIMENTO ARGAMASSADO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Ijuí – RS

2014

JULIANO KERSTING

ESTUDO DO LEVANTE E REVESTIMENTO ARGAMASSADO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Cristina Eliza Pozzobon

Ijuí – RS

2014

JULIANO KERSTING

ESTUDO DO LEVANTE E REVESTIMENTO ARGAMASSADO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

Profª Cristina Eliza Pozzobon

Mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Orientadora

Coordenadora do Curso de Engenharia Civil (UNIJUÍ)

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Tarcisio Dorn de Oliveira

Mestrado pela Universidade Federal de Santa Maria

Ijuí – RS, 17 de dezembro de 2014

AGRADECIMENTOS

Aos meus PAIS: Para você mãe, todo meu amor e agradecimento pela paciência e dedicação com que conduziste minha educação e criação, que certamente me fizeram um ser humano melhor. Para você meu pai, meu ídolo desde a infância, pessoa que me ensinou a amar a profissão que busquei, que me mostrou o valor de edificar não só construções mas sim uma vida, meu amor, minha admiração e meu agradecimento.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo identificar, através de pesquisa bibliográfica e de campo, formas de economizar e amenizar problemas que se apresentam no processo de levantamento e revestimento argamassado da alvenaria estrutural. Busca-se demonstrar formas construtivas econômicas para atender a demanda local e de fácil adequação à mão de obra disponível no mercado. Nesse sentido, compara-se o formato aplicado em obras locais com as técnicas legais e materiais disponíveis no mercado, a fim de promover a sua aplicabilidade. Argumenta-se que para tanto, é necessária a atuação conjunta de três elementos fundamentais no processo de construção da obra: contratante, responsável técnico e construtor, uma vez que ambos devem participar do todo e serem capazes de racionalizar práticas e recursos no andamento da mesma, aliando a escolha de materiais e ferramentas à aplicação técnica adequada. Por fim, demonstra-se que há possibilidades de reduzir gastos na atividade de assentamento e revestimento de alvenaria estrutural, através do uso corr conjunto que inclui técnicas, materiais e equipamentos.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural. Elevação. Revestimento Argamassado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Argamassamento parcial (ou em cordão) 18
Figura 2: Argamassamento total 19
Figura 3: Prisma e mini-parede de bloco de concreto 22
Figura 4: Estado de tensões atuantes nos blocos e nas juntas de argamassa 23
Figura 5: Revestimentos 32
Figura 6: Mecanismo de aderência 34
Figura 7: Projeto arquitetônico 38
Figura 8: Indicação das amarrações, vergas e contravergas 40
Figura 9: Indicação dos *shafts* e tubos de queda 41
Figura 10: Prumadas dos conduítes das instalações elétricas 42
Figura 11: Projeto de alvenaria 43
Figura 12: Elevação das paredes 44
Figura 13: Desaprumo e desalinhamento máximo 46
Figura 14: Descontinuidade máxima das paredes entre andares 46
Figura 15: Correspondência entre planta e elevação 47
Figura 16: Tipos de amarração de paredes 48
Figura 17: Locação das paredes 48
Figura 18: Verificação 49
Figura 19: Itens a serem observados durante o levantamento 49
Figura 20: Juntas de assentamento 50
Figura 21: Armaduras 51
Figura 22: Grauteamento vertical 52
Figura 23: Limpeza dos vazados dos blocos para o grauteamento 53
Figura 24: Recebimento e armazenagem dos blocos 55
Figura 25: Transporte de blocos por carrinho 56
Figura 26: Canaleta com argamassa desnivelada 57
Figura 27: Desalinhamento e desaprumo total dos blocos 58
Figura 28: Canto mal amarrado 58

Figura 29: Gastos e trincas 59
Figura 30: Falta de argamassamento vertical; juntas..... 59
horizontais fora das especificações..... 59
Figura 31: Tubulação hidráulica com eletrodutos 60
Figura 32: Valas horizontais..... 60
Figura 33: Rompimento de somente uma das paredes externas do bloco 61
Figura 34: Uso excessivo de argamassa 61
Figura 35: Levantamento de paredes sem a execução do contrapiso 62
Figura 36: Utilização da colher tipo calha; corte de bloco 62
Figura 37: Levantamento das paredes 64
Figura 38: Grauteamento 64
Figura 39: Excesso de argamassa 66
Figura 40: Construção com mão de obra qualificada 66
Figura 41: Salpique executado de forma correta 70
Figura 42: Execução do reboco 70
Figura 43: Salpique..... 71
Figura 44: Reboco 71
Figura 45: Emboço paulista..... 72
Figura 46: Bolhas e descolamento do reboco 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limites máximos para a água de amassamento das argamassas 27
Tabela 2: Influência das características granulométricas nas propriedades da argamassa..... 28
Tabela 3: As principais propriedades da argamassa e sua importância..... 30
Tabela 4: Relação entre os volumes da argamassa..... 31
Tabela 5: Consumo de argamassa 75
Tabela 6: Consumo de argamassa na obra..... 76
Tabela 7: Pesquisa com clientes 76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 Tema 11
1.2 Delimitação do tema 11
1.3 Objetivos 11
1.3.1 Objetivo geral 11
1.3.2 Objetivos específicos 11
1.4 Justificativas 11
2 ALVENARIA ESTRUTURAL 14
2.1 Histórico e definições 14
2.2 Processo construtivo 17
2.2.1 Formas de assentamentos dos blocos na alvenaria 18
2.2.2 Modulação na alvenaria estrutural 20
2.3 Resistência à compressão da alvenaria 21
2.3.1 Definição de prisma e mini-parede 22
2.3.2 Ruptura da alvenaria 22
2.3.3 Fatores que influenciam na resistência à compressão da alvenaria 24
2.3.3.1 Resistência do bloco 24
2.3.3.2 Resistência da argamassa 25
2.3.3.3 Geometria da unidade 25
3 ARGAMASSAS 26
3.1 Materiais constituintes das argamassas 26
3.1.1 Cimento Portland 26
3.1.2 Cal hidratada 26
3.1.3 Água 27
3.1.4 Areia 27
3.1.5 Aditivos 28
3.2 Tipos de argamassas 29
3.2.1 Argamassas de assentamento 29
3.2.2 Argamassas de revestimento 31
3.2.2.1 Propriedades ideais do revestimento de argamassa 33
4 FORMA DE EXECUÇÃO, ORIENTAÇÕES E RECOMENDAÇÕES ... 38
4.1 Projetos 38
4.2 Projeto executivo 42
4.3 Elevação e respaldo das paredes 45

4.3.1 Assentamento dos blocos **45**
4.3.2 Argamassa de assentamento **50**
4.3.3 Armadura **51**
4.3.4 Graute **52**
4.3.5 Vergas, contravergas e cintas **53**
4.3.6 Cuidados **54**
4.4 Instalações **54**
4.5 Canteiro de obra **54**
4.5.1 Recebimento e armazenagem dos materiais **54**
4.5.2 Transporte na obra **56**

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS **57**
5.1 Levantamento da alvenaria armada **57**
5.2 Análise comparativa de custos no levantamento da alvenaria armada **62**
5.2.1 Obra 01, com mão de obra treinada **62**
5.2.2 Obra 02, com mão de obra despreparada **64**
5.2.3 Prédio executado com mão de obra não treinada, porém qualificada Erro! Indicador não definido
5.3 Falhas observadas nas obras visitadas **67**
5.3.1 Principais causas das falhas observadas **68**
5.3.2 Soluções **69**
5.4 Análise do revestimento **69**
5.4.1 Principais patologias observadas em revestimentos acabados **72**
5.5 Análise prática 1 ..... **74**
5.6 Análise prática 02 ..... **75**
5.6.2 Pesquisa com clientes **76**

6 CONCLUSÕES **77**

7 REFERÊNCIAS **79**

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Panambi/RS, município conhecido como Cidade das Máquinas, é o terceiro Pólo da indústria metal mecânica do Rio Grande do Sul, onde grande parte da população é formada por trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com as atividades das indústrias locais, tanto no setor de produção como no setor administrativo.

Esta grande geração de empregos no setor industrial ocasionou a busca de mão de obra proveniente de outros municípios, que, uma vez estabilizada e em condições econômicas favoráveis, procurou formas mais estáveis de viver, dentre elas a casa própria. Por outro lado, a estabilidade no emprego favoreceu a liberação de recursos provenientes das linhas de crédito do governo da modalidade "Minha casa, minha vida", transformando Panambi em um verdadeiro canteiro de obras.

Paralelamente, em função da absorção da mão de obra qualificada através do parque fabril, ocorreu sua escassez no setor da construção civil, que se viu obrigado a contratar operários despreparados, gerando grandes desperdícios, atrasos e serviços mal acabados. Em contrapartida, percebe-se um crescente surgimento de novos produtos e formas construtivas mais simples e de fácil execução, que podem diminuir as possibilidades de erros e geram uma economia substancial.

A partir desta justificativa, enfoca-se neste trabalho, o uso de argamassa para levantamento e revestimento, aplicados na alvenaria estrutural, utilizando-se da comparação das formas de elevação e revestimentos existentes, buscando, assim, enfatizar as maneiras mais eficientes e econômicas de atender às demandas locais, além de facilmente adequáveis à mão de obra disponível.

Para atestar esta viabilidade, desenvolveu-se um trabalho de campo em que é possível detectar os principais erros e descobrir, através da pesquisa, formas viáveis e mais simples de alcançar os resultados pretendidos. Além disso, para atingir o objetivo da pesquisa, foram utilizados alguns definidores a serem explorados, que seguem:

- Detecção dos erros nas atividades de elevação e revestimento;
- Análise de dados obtidos em canteiros de obra, sobre o tipo de materiais, ferramentas e técnicas utilizadas;
- Formas de treinamento e adequação da mão de obra disponível ao sistema construtivo.

1.1 Tema

Alvenaria estrutural.

1.2 Delimitação do tema

Gestão do processo construtivo em alvenaria estrutural, especificamente nas atividades de elevação e revestimento.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Demonstrar que há possibilidades de reduzir gastos nas atividades de assentamento e revestimento de alvenaria estrutural através do uso correto de técnica, materiais e equipamentos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar dados obtidos em canteiros de obra sobre o tipo de materiais, ferramentas e técnica utilizados, para a análise e detecção dos erros cometidos nas atividades de elevação e revestimentos.
- Comparar as seguintes formas de elevação: elevação com colher, bisnaga, colher tipo calha e régua e também de revestimento: máquina, colher e rolado, para identificar e apontar vantagens e desvantagens das respectivas técnicas, levando em conta a forma mais econômica.

1.4 Justificativas

A moradia é uma necessidade básica de todo cidadão e também um direito consagrado na Constituição Federal de 1988, no entanto, no contexto atual, com a evolução da tecnologia, é fundamental que todos os setores se adequem a esta evolução. A construção civil, no Brasil, ainda é o setor que mais absorve a mão de obra menos qualificada, não utilizada pelos setores especializados. A inexistência de cursos de treinamento, a

informalidade e a grande demanda do setor, fazem com que ela avance de forma desordenada e sem o controle necessário, produzindo grandes desperdícios e obras mal executadas, passíveis de reformas, logo após serem concluídas. Os três elementos ativos no processo: contratante, responsável técnico e construtor, devem ser capazes de racionalizar o andamento da obra, aliando a escolha de materiais e ferramentas adequados e aplicando a técnica da melhor forma. O grande déficit residencial do Brasil, principalmente da população de baixa renda, impõe que não se interrompa a busca por novas formas construtivas, aliadas a descoberta de novos materiais, equipamentos e aperfeiçoamento técnico de mão de obra.

A falta de qualificação técnica de mão de obra na construção é gritante, tornando muitas vezes inviável a aplicação de novas técnicas e materiais. Tal fato é facilmente comprovado nas pequenas obras de nossas cidades do interior, onde a falta de organização dos canteiros é total, gerando grandes perdas de materiais e obras mal feitas. A grande disponibilidade de financiamentos habitacionais fomentou o crescimento de construções e prédios de pequeno porte, entretanto, tornou-se imensamente difícil a atuação dos engenheiros e arquitetos, que não conseguem colocar em prática, no canteiro de obras, o seu aprendizado, ficando ainda sujeitos a penalizações futuras por vícios construtivos em suas obras.

É vislumbrando uma forma de amenizar esses problemas, ou ainda procurando maneiras de diminuir a possibilidade de acontecerem, que se percebe quanto viável é a utilização da alvenaria estrutural, através do uso de blocos estruturais. Esta forma construtiva, embasada nas normas específicas atualmente existentes, permite a redução de diversos componentes e etapas da obra, entre eles a redução de fôrmas e ferragens, colocação de tubulação interna, utilização de argamassas industrializadas para assentamento e revestimento, além da rapidez de assentamento e utilização de projetos modulados.

Esta redução no número de componentes necessários no canteiro pode resultar em uma economia substancial, permitindo que se trabalhe com a mão de obra disponível no mercado, com treinamentos específicos possíveis de serem realizados nos próprios canteiros.

São visíveis as formas erradas de armazenamento de materiais nos canteiros de obra e a desorganização dos mesmos, dificultando a movimentação e facilitando perdas com as intempéries. Igualmente, a falta de equipamentos adequados, de segurança e transporte, assim como de ferramentas, podendo ocasionar acidentes de trabalho e diminuindo a produção.

Mais evidente, ainda, é observar que na contramão da evolução tecnológica e dos novos lançamentos de produtos, a qualidade da mão obra utilizada está estagnada, valendo-se de técnicas ultrapassadas, caras e demoradas.

A pesquisa, então, procura identificar formas de economizar no processo de construção, analisando a elevação e o revestimento da alvenaria estrutural, comparando o formato aplicado em obras locais com as técnicas recomendadas em bibliografias de diversos autores.

2 ALVENARIA ESTRUTURAL

Para que seja possível realizar uma melhor avaliação dos dados colhidos nas obras visitadas, procurou-se, através da fundamentação teórica, fazer uso de pesquisas e estudos já realizados, com resultados comprovados, relacionados aos elementos envolvidos em este trabalho. Estes resultados serviram como base comparativa e como referência para a análise dos itens observados em obras, no tocante a execução da alvenaria armada e a seu revestimento.

2.1 Histórico e definições

A construção de uma habitação para se abrigar é um principio básico de defesa do ser humano. Ela atende as necessidades de proteção e segurança e abrigo das intempéries, mas também as necessidades psicológicas, pois possibilita um sentimento do espaço pessoal e privado, também as necessidades sociais, pois é neste espaço que se organiza a família.(BARROS, 2009,p.1)

O homem sempre buscou uma forma de se proteger, quer seja o homem das cavernas no tempo pré-histórico, ou na atualidade, no mundo moderno, em casas extremamente confortáveis, cuja necessidade exigiu a busca de materiais que viessem ao encontro das necessidades do homem. Segundo Barros (2009) os materiais de construção são tão importantes que a História, nos seus primórdios, foi dividida conforme a predominância do emprego de um ou outro material. É o caso, por exemplo, da Idade da Pedra ou da idade do Bronze.

No período da Pré-História, mais especificamente no Paleolítico, o homem vivia de forma nômade, quando as habitações eram inicialmente cavernas, depois tendas e outras construções simples que possibilitavam a reconstrução no local em que se encontravam desde que houvesse disponibilidade de materiais. Nesse período, ocorre a evolução da espécie Homo sapiens, que acompanha a evolução cultural até os dias de hoje. Na antiguidade, o homem utilizava-se de materiais oriundos da natureza para suas construções como barro, pedra e madeira, até perceber que poderia dar conta de trabalhar e desenvolver estes materiais, adequando-os aos seus interesses.

A Pré-História marca um dos mais antigos sistemas de construção da humanidade. As primeiras alvenarias, em pedra ou em tijolo cerâmico seco ao sol, apresentavam grandes espessuras em suas obras mais imponentes, face ao desconhecimento das características

resistentes dos materiais e de procedimentos racionais de cálculo. Este procedimento valeu por muitos séculos, como prática adquirida pelos construtores.

As construções em alvenaria de pedra ou tijolo cerâmico queimado, assentados com barro, betume e mais tarde com argamassas de cal, pozolana e finalmente cimento Portland, predominaram até o início de nosso século. A afirmação de que a "A engenharia moderna nasceu dentro dos exércitos" (TELLES, 1994, p. 1) nos revela que a descoberta da pólvora, e depois o progresso da artilharia, obrigava a uma completa modificação nas obras de fortificações, que, a partir do século XVII, passaram a exigir profissionais habilitados para o seu planejamento e execução, forçando assim o surgimento dos oficiais engenheiros. O autor sublinha também "que em toda a Europa, a arte de construir baseada em princípios científicos e não puramente empíricos, nasceu dentro dos exércitos". (TELLES, 1994, p.1).

Ou seja, é a necessidade de desenvolver através de cálculos e fórmulas a sua aplicabilidade nas construções (TELLES, 1994, p. 1) também aponta que "O nascimento da engenharia Moderna, ou da Engenharia propriamente dita, coincide também com dois grandes acontecimentos que ocorreram na história do mundo no século XVIII: a Revolução Industrial e o Iluminismo." o que pontuou assim, a necessidade de uma mudança significativa na mentalidade cientifica, levando-nos a investigar e pesquisar as aplicações práticas.

"No Brasil, a Engenharia Civil iniciou suas atividades de forma não regulamentada no período colonial com a construção de fortes e Igrejas". (MORAES, 2005). No século XVII, com a descoberta da pólvora e das artilharias pesadas, houve a necessidade de uma grande modificação nas obras de fortificação. Assim, como não havia pessoas plenamente habilitadas, as construções eram feitas com superdimensionamento, pois precisavam garanti-las através do exagero, ou seja, nas espessuras. Como afirma Muller (1994, p. 37):

> Devido a tais disputas territoriais, surge a necessidade de construir obras que garantissem a defesa contra os canhões inimigos, bem como estradas, pontes e portos a fim de facilitar a locomoção dos militares. Tão logo surgem oficiais engenheiros nos exércitos.

No período da Revolução Industrial, houve a explosão e a evolução das cidades, gerando assim a necessidade de construção e de novas habitações para a população urbana. Com o aprimoramento do cimento e o domínio do aço, as estruturas em concreto armado são marcantes no início do nosso século e se tornam, junto com as edificações metálicas, os sistemas estruturais predominantes até a metade do século, não só pela menor área útil

ocupada, mas igualmente pelo custo mais baixo em relação às pesadas obras em alvenaria estrutural.

Pauluzzi relata que: “Por volta de 1950, entretanto, começam a surgir normas que permitem calcular a espessura necessária das paredes e a resistência das alvenarias, em bases de cálculo mais racionais e experimentações laboratoriais, principalmente na Suíça”. (PAULUZZI, 2014). Parece-nos que a Suíça revela o ressurgimento do sistema construtivo em alvenaria estrutural na Europa na década de 50, quando foram construídos muitos prédios altos e com paredes bastante esbeltas. Conforme Pauluzzi (2014):

> Os anos 60 e 70 foram marcados por intensas pesquisas experimentais e aperfeiçoamento de modelos matemáticos de cálculo, objetivando projetos resistentes não só a cargas estáticas e dinâmicas de vento e sismo, mas também a ações de caráter excepcional, como explosões e retiradas de paredes estruturais. Hoje, nos Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha e muitos outros países, a alvenaria estrutural atinge níveis de cálculo, execução e controle, similares aos aplicados nas estruturas de aço e concreto, constituindo-se num econômico e competitivo sistema racionalizado, versátil e de fácil industrialização, face as reduzidas dimensões do componente modular básico empregado (bloco).

O largo emprego das estruturas de aço na Europa, na época, e a facilidade de importação, acabam por ser determinantes na utilização deste sistema nas grandes obras nacionais até os anos 20. As estruturas em concreto armado, pelas mesmas razões, dominam grande faixa do mercado de edificações residenciais e comerciais.

Pauluzzi (2014) também aponta que após a primeira grande guerra mundial, a instalação da indústria de cimento Portland no Brasil sacramenta o uso das estruturas em concreto armado, com a construção de prédios de grande altura, como o Edifício Martinelli, em São Paulo, com 30 andares. Nesse período, as unidades de alvenaria produzidas no país limitavam-se ao emprego em alvenarias de vedação.

Em meados da década de 60 é introduzida no Brasil a alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, em prédios de até quatro pavimentos, com tecnologia e procedimentos baseados em normas americanas. Daí para frente, os processos em alvenaria estrutural, empregando também blocos cerâmicos e blocos sílico-calcários, começam a ser utilizados em escala crescente, principalmente no estado de São Paulo, com base em normas da Inglaterra e da Alemanha, entre outras.

Atualmente existem diversas normas da ABNT para cálculo, execução e controle de obras em alvenaria estrutural:

- ABNT NBR 15812-1 Alvenaria estrutural - Blocos Cerâmicos | Parte 1: Projetos;

- ABNT NBR 15812-2 Alvenaria estrutural - Blocos Cerâmicos | Parte 2: Execução e controle de obras;
- ABNT NBR 15270-2 Componentes cerâmicos | Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Tipologia e requisitos;
- ABNT NBR 15270-3 Componentes cerâmicos | Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de Ensaio.

Entre os processos construtivos racionalizados, a alvenaria estrutural vem ganhando um grande impulso no Brasil ao longo das últimas décadas (RAMALHO; CORREA, 2003). Percebe-se que ela vem, ao longo do tempo, se desenvolvendo e atingindo o mercado de obras de médio e alto padrão, dominando empreendimentos horizontais e verticais em todo o país.

A alvenaria estrutural apresenta-se, mediante os mais diversos sistemas construtivos alternativos introduzidos no país, nas últimas décadas, como o mais compatível com as condições de nossa cultura construtiva, tanto do ponto de vista de absorção e adequação de mão de obra, quanto das possibilidades de racionalização e diminuição de custos. Nesse sentido, objetivando diminuir o déficit habitacional relacionando economia, segurança, qualidade e rapidez de execução, a alvenaria estrutural permite adequação tanto a obras populares como de padrões mais elevados.

Essa constatação é relevante, tendo em vista, ainda, que “Em função do atraso da indústria da construção civil em relação a outros setores, existe a necessidade de desenvolver formas de melhorar a qualidade dos produtos e dos processos.” (SANTOS, 2003, p.78). Ou seja, é necessário buscar a utilização de processos construtivos racionalizados que viabilizem a melhoria da qualidade e o aumento da produtividade com o objetivo de reduzir custos.

2.2 Processo construtivo

A alvenaria estrutural é definida como um processo construtivo em que as paredes são elementos resistentes compostos por blocos, unidos por juntas de argamassa capazes de resistir a outras cargas, além do seu peso próprio (PENTEADO, 2003; CAVALHEIRO, 2006). Ela pode ser protendida (CAMACHO, 2006), armada ou não armada. É também conceituada como um processo construtivo que se caracteriza pelo emprego de paredes de alvenaria e lajes enrijecedoras como estrutura suporte de edifícios e dimensionada a partir de um cálculo racional e de confiabilidade determinável. (SABBATINI, 2003; FRANCO, 1992; CAVALHEIRO, 2006).

É um sistema construtivo que utiliza como estrutura as próprias paredes e difere-se das estruturas convencionais de concreto armado pelo fato de não necessitar de vigas e pilares, ou seja, não tem uma estrutura de elementos lineares, posteriormente preenchido por paredes de vedação.

O bloco com vazados na vertical confere facilidades aos processos de alvenaria estrutural, os vazados diminuem a massa dos blocos, permitindo peças de maiores dimensões, possibilitando economia de argamassa de assentamento, além de possibilitar a passagem de instalações, assim, a produtividade no levantamento de paredes aumenta consideravelmente.

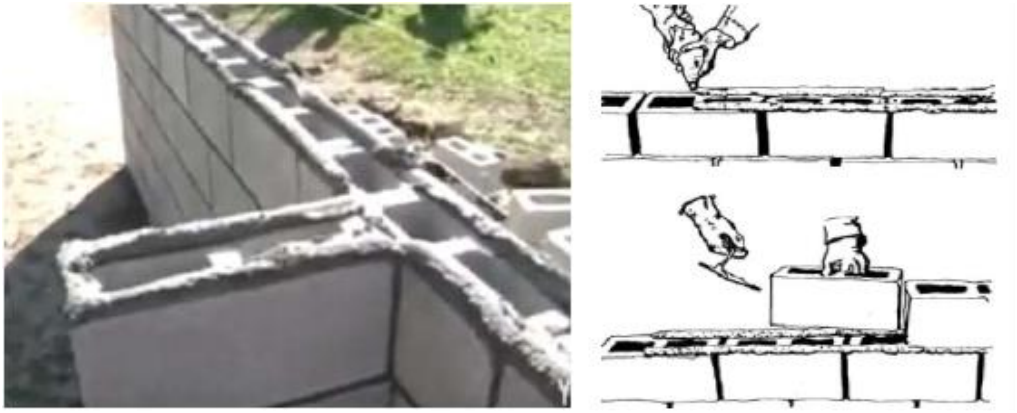
A alvenaria estrutural tem grande capacidade resistente à compressão e, em geral, na alvenaria estrutural não armada, não há necessidade de armadura. No caso da alvenaria estrutural armada, para evitar a ação de forças laterais, como as originadas da ação do vento, ou excentricidades de cargas, que podem conduzir à tração nas paredes, são colocadas barras de aço, devidamente calculadas, nos vazados de determinados blocos, os quais são posteriormente preenchidos com graute, uma espécie de microconcreto. Na alvenaria estrutural não armada, para conferir ductibilidade ao conjunto e evitar possíveis patologias ou danos de ações imprevisíveis, é utilizada uma armadura construtiva leve, em pontos estratégicos.

2.2.1 Formas de assentamentos dos blocos na alvenaria

Na prática, são muito utilizados dois tipos de assentamentos das unidades: assentamento ou argamassamento parcial (Figura 1) e assentamento ou argamassamento total (Figura 2).

No argamassamento parcial (ou em cordão), como seu nome o indica, a argamassa é colocada nas paredes longitudinais dos blocos; e no argamassamento total, é colocada em todas as faces das paredes dos blocos incluindo os septos transversais.

Figura 1: Argamassamento parcial (ou em cordão)



Fonte: Mamede (2001)

Figura 2: Argamassamento total

Fonte: Ramalho (2009)

Pasquali (2007) investigou a influência do tipo de argamassamento na resistência à compressão de pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmica. Para o estudo, foram utilizados dois tipos de blocos cerâmicos, três tipos de argamassa (2, 4 e 10 MPa) e dois tipos de argamassamento: parcial e total. Quando os diferentes elementos foram submetidos a esforços de compressão, o autor chegou às seguintes conclusões:

- Argamassa de 2 MPa: as pequenas paredes de blocos com paredes maciças e argamassamento parcial representaram 61,4% do valor da resistência média das pequenas paredes com argamassamento total;
- A resistência à compressão axial das pequenas paredes de blocos de paredes vazadas apresentou um porcentual de resistência média de 24,3% maior para o argamassamento total que para o argamassamento parcial;

- Argamassa de 4 MPa: a resistência à compressão axial das pequenas paredes de blocos com paredes maciças, no caso do argamassamento parcial, representou 55,5% do valor da resistência média que apresentou o argamassamento total;
- A resistência à compressão axial das pequenas paredes de blocos com paredes vazadas mostrou um percentual de resistência media de 19% maior para o argamassamento total que para o argamassamento parcial;
- Argamassa de 10 MPa: a resistência à compressão axial das pequenas paredes de blocos com paredes maciças, para argamassamento parcial, representou 49,3% do valor da resistência média para o argamassamento total;
- Já para a resistência à compressão axial das pequenas paredes com argamassamento total, os resultados, em blocos com paredes vazadas, mostraram um valor médio superior da ordem de 27,2% em relação àqueles com argamassamento parcial.

De acordo com as conclusões formuladas por Pasquali (2007), pode-se resumir que nos três casos de argamassa as pequenas paredes com argamassamento total sempre apresentaram maior resistência que aquelas com argamassamento parcial. No caso das pequenas paredes com blocos, maciças, essa diferença foi maior com relação às paredes vazadas. Segundo o autor, esse fato deve-se a que as paredes vazadas podem provocar maior aderência da argamassa aos vazios e aos septos. Para ele, ainda, pode-se observar que a ausência de argamassa nas paredes laterais dos blocos provoca uma concentração de tensões, causando a redução da resistência à compressão dos prismas e das pequenas paredes.

2.2.2 Modulação na alvenaria estrutural

Uma das primeiras etapas a ser efetuada durante o projeto estrutural é a modulação das paredes, baseada nas dimensões arquitetônicas e na definição do tipo de bloco adotado. A coordenação modular constitui-se numa etapa imprescindível de projeto. Modular a alvenaria é projetar utilizando-se de uma unidade modular, que é definida pelas medidas dos blocos, comprimento e espessura.

Os cuidados com relação à modulação devem ser tomados para garantir a racionalização da construção e permitir o alto índice de produtividade que esse processo é capaz de atingir, além de reduzir a quantidade de ajustes e a quebra de blocos.

Machado (2001), na sua dissertação, menciona as principais vantagens da coordenação modular:

- Simplifica a atividade de elaboração de projeto, através de medidas modulares ou multi-modulares;
- Reduz o número e a variedade de peças a serem produzidas e empregadas em canteiro, facilitando a padronização e a produção em série;
- Permite a racionalização através da coordenação e planejamento dimensional entre os diversos subsistemas por parte do pedreiro na execução, uma vez que a disposição dos componentes já está definida, e o procedimento de assentamento é padronizado para cada tipo de amarração da edificação, aumentando a produtividade e a qualidade de execução dos serviços, porque reduz a necessidade de ajustes, quebras de componentes, enchimentos e improvisações na execução;
- Possibilita maior controle da atividade produtiva na medida em que esta será executada segundo técnicas, posição e sequência pré-definidas;
- Diminui o número de erros e para cada fiada do painel;
- Melhora a qualidade e o controle da alvenaria e, consequentemente, traz incrementos nos níveis de segurança;
- Economia de material pela redução de desperdícios com adaptações e diminuição das espessuras dos revestimentos, pelo melhor nivelamento e prumo das paredes;
- Maior precisão dimensional da edificação, requisito também para o desempenho estrutural dentro dos níveis de segurança estimados.

2.3 Resistência à compressão da alvenaria

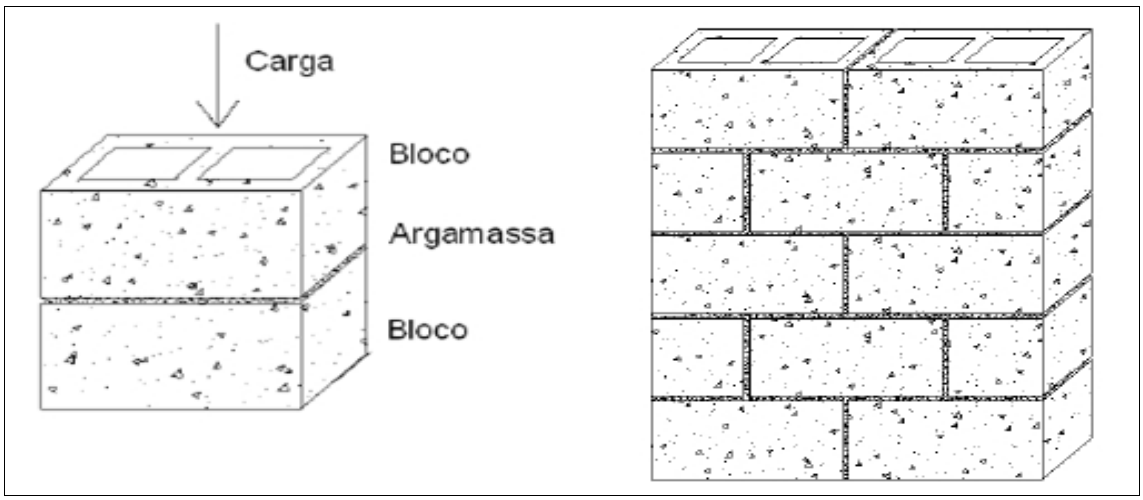
A resistência à compressão da alvenaria é o parâmetro de resistência mais importante para a alvenaria estrutural e está diretamente relacionada com a altura da junta de argamassa. A espessura ideal da junta horizontal é de 1 cm, valor já demonstrado em várias pesquisas mencionadas por Mohamad (2007).

Não são recomendáveis valores menores de 1 cm de junta, apesar de que, teoricamente gerariam alvenarias mais resistentes, pois a junta não consegue absorver assim perfeições das unidades. Valores maiores poderiam causar diminuição da resistência das alvenarias devido ao aparecimento de tensões maiores de tração lateral nas unidades, além de não serem economicamente viáveis. A resistência pode ser determinada através de ensaios experimentais de prismas ou mini-paredes sob compressão axial, em que são usados componentes idênticos aos que serão utilizados na obra.

2.3.1 Definição de prisma e mini-parede

Conforme mostra a Figura 3, prismas são elementos obtidos pela superposição de certo número de blocos, normalmente dois ou três, unidos por junta de argamassa e destinados ao ensaio de compressão axial. Mini-parede é um conjunto de unidades de alvenaria ligadas por argamassa. Os blocos são dispostos alternadamente, utilizando-se também meio-bloco. Tal disposição é denominada de junta amarrada.

Figura 3: Prisma e mini-parede de bloco de concreto



Fonte: Ramalho e Corrêa (2003)

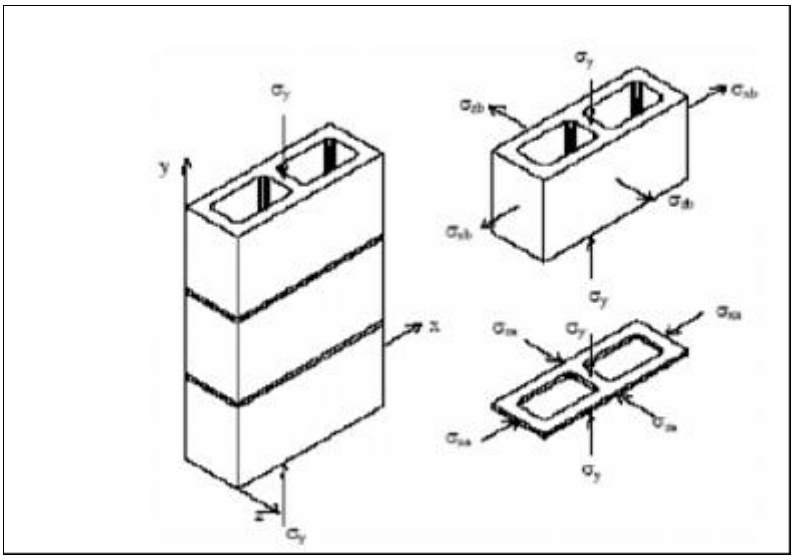
2.3.2 Ruptura da alvenaria

A alvenaria é um elemento composto pela união de componentes heterogêneos, o que dificulta o desenvolvimento de modelos matemáticos que expliquem fielmente o seu comportamento estrutural. Para que esses modelos sejam realistas, devem ser considerados os possíveis modos de ruptura devidos à tração, ao cisalhamento, à flexão e aos esforços combinados.

Vários pesquisadores vêm estudando esses modelos de ruptura. Os dois principais critérios que a descrevem na alvenaria submetida à compressão são os critérios de Hilsdorf e de Lenczner. (PASQUALI, 2007).

O critério de Hilsdorf se baseia no comportamento do prisma, que, ao ser submetido a um estado de compressão axial, provoca tendência à deformar lateralmente a parede, devido ao efeito de Poisson; e a argamassa, por ter módulo de elasticidade menor, tende a deformar-se mais do que o bloco, submetendo-o a tensões de tração. Porém, surgem tensões laterais de tração no bloco, que é impedido de se deformar devido à aderência entre os blocos e a argamassa, e surgem também tensões de compressão na argamassa, conforme a Figura 4.

Figura 4: Estado de tensões atuantes nos blocos e nas juntas de argamassa



Fonte: Mata (2006)

O critério de Lenczner considera a contribuição da argamassa de assentamento na resistência da alvenaria, baseando-se na incompatibilidade de deformações entre os elementos componentes da alvenaria: bloco e argamassa, ou seja, a argamassa, por possuir um módulo de elasticidade menor que o bloco, fica submetida a esforços de compressão e os blocos, a esforços de tração, ocorrendo a ruptura por tração no bloco, devido à sua baixa resistência à tração. (PASQUALI, 2007).

Mohamad (1998) realizou estudos experimentais em prismas de blocos de concreto com diferentes tipos de argamassa: 1:1:6 e 1:0,5:4,5. Observou que os prismas construídos tiveram diferentes modos de rupturas, de acordo com a resistência da argamassa. Nos

construídos com a argamassa menos resistente (1:1:6), ocorreu fendilhamento da superfície do bloco em contato com a argamassa, ou seja, aparentemente houve esmagamento localizado da junta de assentamento. Segundo este pesquisador, o esmagamento da junta não se traduziu na perda da capacidade resistente do conjunto, mas sim no surgimento de fissuras por fendilhamento. Já nos prismas com a argamassa mais resistente (1:0,5:4,5) foram observadas fissuras na vertical, devidas à indução de tensões de tração no bloco, que cortavam os septos transversais do mesmo e toda a altura do prisma.

Existem outros métodos teóricos e práticos apresentados por vários pesquisadores, mas, segundo Ramalho; Corrêa (2003), nenhum deles ainda tem condições de prever, com razoável segurança, a resistência da alvenaria à compressão, sendo que o mecanismo de ruptura da alvenaria continua um enigma a ser decifrado.

2.3.3 Fatores que influenciam na resistência à compressão da alvenaria

A resistência de um elemento da alvenaria depende, fundamentalmente, da resistência básica da mesma, das propriedades geométricas do elemento e da excentricidade do carregamento. Existem vários fatores que influenciam na resistência à compressão da alvenaria. A seguir, resume-se os fatores principais.

2.3.3.1 Resistência do bloco

A resistência do bloco tem caráter predominante sobre a alvenaria: quanto mais resistente o bloco, mais resistente será a alvenaria. Deve-se ressaltar que a resistência à compressão da alvenaria será menor do que a resistência à compressão da unidade, ou seja, o aumento de resistência das alvenarias não é linearmente proporcional ao aumento de resistência dos blocos. Dessa forma, segundo La Rovere (2001), este fato se deve a dois motivos:

1. A resistência medida da unidade não é a verdadeira resistência uniaxial, e sim um valor superior ao verdadeiro, pois a restrição nas extremidades das unidades, causada pelos pratos da prensa de ensaio, que dependerá da geometria da unidade, gera tensões de compressão transversais, como em um ensaio tri-axial à compressão;
2. Devido ao fato da argamassa ser mais deformável do que as unidades, tenderá a deformar-se mais, deformação esta impedida pela aderência entre a argamassa e

os blocos, o que provoca o surgimento de tensões de tração nas unidades, transversalmente ao eixo vertical de compressão.

O fator de eficiência da alvenaria, definido como a razão entre a resistência da alvenaria e a resistência dos blocos, diminui com o acréscimo da resistência da unidade. Medeiros (1993) indica que, no Brasil, este fator varia entre 25% e 70% para a alvenaria de blocos de concreto.

2.3.3.2 Resistência da argamassa

A resistência da argamassa não é tão significativa para a resistência da parede quanto à resistência do bloco, principalmente na alvenaria grauteada.

Para unidades vazadas de concreto, com ou sem graute, o aumento da resistência à compressão da alvenaria, com o aumento da resistência da argamassa, é pouco significativo. Do ponto de vista econômico, não seria satisfatório utilizar argamassa muito forte, ou seja, com elevada resistência à compressão, sendo mais desejável a utilização de argamassas menos resistentes e mais deformáveis, para acomodar pequenas deformações.

La Rovere (2001) explica que, assim como surgem tensões transversais de tração nas unidades da alvenaria submetida à compressão, surgem, por equilíbrio, tensões de compressão na argamassa, ficando esta submetida a um estado tri-axial de compressão, ou seja, a resistência à compressão da argamassa na alvenaria será maior do que a obtida isoladamente, em ensaios de corpos de prova cilíndricos. Em geral, a ruptura da alvenaria ocorre na unidade, por tração-compressão, mas, em argamassas muito fracas, a ruptura pode ter início pelo esmagamento à compressão da argamassa.

Gomes (1983) concluiu que, nas paredes submetidas à compressão simples, a resistência da argamassa de assentamento não precisa ultrapassar a resistência à compressão dos blocos, não sendo recomendável produzir uma argamassa muito rígida, inadequada para o desempenho das paredes. O mesmo autor chegou à conclusão que a resistência da argamassa deve se situar entre 70% e 100% da resistência do bloco.

2.3.3.3 Geometria da unidade

O comportamento dos blocos vazados é similar ao de blocos maciços, sendo que a ruptura ocorre nas paredes longitudinais, com fissuras verticais entre as paredes transversais, que funcionam como enrijecedores das paredes longitudinais. No caso de paredes muito

delgadas, pode ocorrer o descolamento ou a flambagem das paredes externas. (LA ROVERE, 2001).

Boult (1979), estudando prismas de concreto, observou que a espessura do septo parece não influenciar na resistência do prisma e que furos mais paralelos produzem melhor resistência que os afunilados, concluindo que a geometria do furo é uma variável importante na resistência da alvenaria. No obstante o afunilamento favorece a deformação do bloco.

Já Shrive (1983 apud PASQUALI, 2007) defende que existem vantagens em aumentar a espessura dos septos, reduzir o afunilamento dos furos e alinhá-los. Ao se utilizarem argamassas mais rígidas, a alvenaria passará a ter uma ruptura excessivamente frágil e também não acompanhará eventuais movimentos da estrutura sob cargas em ser

3 ARGAMASSAS

3.1 Materiais constituintes das argamassas

3.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland possui propriedade aglomerante desenvolvida pela reação de seus constituintes com a água, sendo assim denominado aglomerante hidráulico. A contribuição do cimento nas propriedades das argamassas está voltada sobretudo para a resistência mecânica. Além disso, o fato de ser composto por finas partículas contribui para a retenção da água de mistura e para a plasticidade. Se, por um lado, quanto maior a quantidade de cimento presente na mistura, maior é a retração, por outro, maior também será a aderência à base.

3.1.2 Cal hidratada

Em uma argamassa em que há apenas a presença de cal, sua função principal é funcionar como aglomerante da mistura. Neste tipo de argamassa, destacam-se as propriedades de trabalhabilidade e a capacidade de absorver deformações. Entretanto, são reduzidas as suas propriedades de resistência mecânica e aderência.

Em argamassas mistas, de cal e cimento, devido à finura da cal há retenção de água em volta de suas partículas e consequentemente maior retenção de água na argamassa. Assim,

a cal pode contribuir para uma melhor hidratação do cimento, além de contribuir significativamente para a trabalhabilidade e capacidade de absorver deformações.

3.1.3 Água

A água confere continuidade à mistura, permitindo a ocorrência das reações entre os diversos componentes, sobretudo as do cimento. Embora seja o recurso diretamente utilizado pelo pedreiro para regular a consistência da mistura, fazendo a sua adição até a obtenção da trabalhabilidade desejada, deve ter o seu teor atendendo ao traço preestabelecido, seja para argamassa dosada em obra ou na indústria.

A água potável é considerada como a melhor para elaboração de produtos à base de cimento Portland. Não devem ser utilizadas águas contaminadas ou com excesso de sais solúveis. Em geral, a água que serve para o amassamento da argamassa é a mesma utilizada para o concreto e deve seguir a NBR NM 137.

A norma brasileira NBR8798 (1985), substituída pela NBR 15961-1(2005) recomenda o uso de água potável com pH entre 5,8 e 8,0, isenta de teores prejudiciais de sustâncias estranhas, porém, a água satisfatória para a argamassa de assentamento deve respeitar os limites da Tabela 1:

Tabela 1: Limites máximos para a água de amassamento das argamassas

Matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido)	3 mg/L
Resíduos sólidos	500 mg/L
Sulfatos (expressos em íons SO4)	300 mg/L
Cloretos (expressos em íons Cl)	500 mg/L
Açúcar	5 mg/L

Fonte: NBR NM 137

Esses limites têm maior importância quando a alvenaria é armada, pois alguns compostos da água podem corroer a armadura.

3.1.4 Areia

O agregado miúdo ou areia é um constituinte das argamassas de origem mineral, de forma particulada, com diâmetros entre 0,06 e 2,0 mm. A granulometria do agregado tem influência nas proporções de aglomerantes e água da mistura. Desta forma, quando há deficiências na curva granulométrica (isto é, a curva não é contínua) ou excesso de finos,

ocorre maior consumo de água de amassamento, reduzindo a resistência mecânica e causando maior retração por secagem na argamassa.

As areias usadas no Brasil para fabricar argamassas apresentam ampla variabilidade, tanto na sua origem petrológica e mineralógica como na sua granulometria.

Sabbatini (1984) explica que as características de interesse das areias são: sua composição mineralógica e granulométrica. Quanto à sua composição mineralógica, revela que as areias mais usadas no Brasil, especialmente na região sul, são de origem siliciosa (areias compostas essencialmente de sílica ou óxido de silício) ou da mistura desta com silte e argilas, neste caso, dando formação a uma areia argilosa, conhecida como "saibro". A existência deste último é que irá interferir, de maneira sensível, nas propriedades das argamassas em função dos tipos de minerais presentes e das dimensões de suas partículas.

Quanto á granulometria influem as dimensões, a distribuição granulométrica e a forma dos grãos. De forma geral, a areia que apresenta melhor potencial de produzir uma argamassa adequada é aquela que tem uma granulometria contínua, uma classificação como média em que o módulo de finura varia entre 1,8 e 2,8 e tenha uma predominância de grãos arredondados.

A Tabela 2 mostra uma sinopse qualitativa da influência desses parâmetros nas principais propriedades das argamassas e um melhor conhecimento das características da areia para a obtenção de resultados satisfatórios das propriedades das argamassas.

Tabela 2: Influência das características granulométricas nas propriedades da argamassa

Propriedades	**Características da areia**		
	Quanto menor o módulo de finura	**Quanto mais descontínua for a granulometria**	**Quanto maior o teor de grãos angulosos**
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	Variável	Melhor
Resiliéncia	Variável	Pior	Pior
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	Variável
Porosidade	Variável	Aumenta	Variável
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistências mecânicas	Variável	Pior	Variável
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável

Fonte: Sabbatini (1984)

3.1.5 Aditivos

Os aditivos são compostos adicionados em pequena quantidade à mistura, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades da argamassa no estado fresco e no estado endurecido, e sua quantidade é expressa em porcentagem do aglomerante. Usualmente, através do uso de aditivos, há intenção de diminuir a retração na secagem (para diminuir fissuração), aumentar o tempo de pega e manter a plasticidade (para facilitar a trabalhabilidade), aumentar a retenção de água e por fim, aumentar a aderência da argamassa ao substrato.

3.2 Tipos de argamassas

3.2.1 Argamassas de assentamento

A NBR 8798 (1985) define argamassa de assentamento como o "elemento utilizado na ligação entre os blocos de concreto, garantindo distribuição uniforme de esforços, composto de: cimento, agregado miúdo, água e cal ou outra adição destinada a conferir plasticidade e retenção de água de hidratação à mistura".

Segundo Prudêncio Jr (1994 apud MATA, 2006) as principais funções das argamassas destinadas ao assentamento são:

1. Unir solidamente as unidades de alvenaria;
2. Distribuir uniformemente as cargas atuantes por toda área resistente dos blocos;
3. Resistir a esforços mecânicos;
4. Absorver as deformações naturais na qual a parede esteja submetida;
5. Selar as juntas contra a penetração de ar e água.

Davison (1974 apud SABBATINI, 1986) resume as funções em uma única: "a função fundamental da argamassa de assentamento é unir as unidades de alvenaria constituindo um todo monolítico".

A argamassa de assentamento é constituída de cimento, cal e areia (argamassas mistas), sendo a união de dois aglomerantes com propriedades distintas. A cal tem baixa resistência à compressão, alta retenção de água, boa trabalhabilidade e excelente deformabilidade, enquanto que o cimento apresenta excelente resistência à compressão. A combinação da resistência do cimento com a trabalhabilidade e retenção de água dada pela cal torna esse tipo de argamassa o mais adequado para a alvenaria estrutural. (MATA, 2006).

Enquanto que do concreto é exigida resistência a esforços mecânicos (propriedades do estado endurecido) das argamassas exige-se características de trabalhabilidade, retenção de água, coesão (no estado plástico), capacidade de aderência e de deformação (no estado endurecido), sendo que a resistência à compressão tem importância secundária e sua utilidade está mais direcionada a ser um parâmetro de controle da produção da argamassa. (SOLÓRZANO, 1994).

Usuda (2004), como apresenta a Tabela 4, mostra as principais propriedades da argamassa. Ainda, segundo Sabbatini (1986) para que a argamassa atenda a todas as funções atribuídas anteriormente, elas devem apresentar certas propriedades tanto no estado fresco como no endurecido. Essas propriedades são:

a) Ter capacidade de retenção de água suficiente para que uma elevada sucção do bloco não prejudique as suas funções primárias;
b) Ter trabalhabilidade (consistência, plasticidade e coesão) suficiente para que o pedreiro produza, com rendimento otimizado, um trabalho satisfatório, rápido e econômico;
c) Adquirir rapidamente alguma resistência depois de assentada para resistir os esforços que possam atuar durante a construção;
d) Desenvolver resistência adequada para não comprometer a alvenaria da qual faz parte, não devendo ser mais resistente que os blocos que ela une;
e) Ter suficiente baixo módulo de elasticidade de maneira a acomodar as deformações intrínsecas (retração na secagem e de origem térmica) e as decorrentes de movimentos estruturais de pequena amplitude da parede de alvenaria, sem fissurar;
f) Ter adequada aderência aos blocos a fim de que a interface possa resistir a esforços cisalhantes e de tração e prover a alvenaria de juntas estanques à água de chuva;
g) Ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais ou da construção como um todo.

Tabela 3: As principais propriedades da argamassa e sua importância

Estado	Propriedade	Importância
Fresco	Fluidez	A argamassa deve deslizar na colher e permitir acertar a posição do bloco na fiada.
	Coesão	A argamassa não deve se desintegrar ao se fazer o “cordão” na colher; ela deve aderir aos blocos; deve suportar os blocos sem se deformar antes da pega.

	Retenção	A argamassa não deve perder fluidez enquanto está sendo trabalhada; não deve perder água por evaporação ou absorção excessiva para não trincar no estado fresco.
Endurecido	Resistência à compressão	A resistência se associa à durabilidade, à impermeabilidade, sendo fácil de medir. Tem influência na resistência mecânica da parede quando muito baixa ou muito alta; relacionando- se também com a deformabilidade, resistência à tração e ao cisalhamento.
	Módulo de deformação	Influi na deformabilidade da parede; influi no aparecimento ou não de trincas quando da acomodação da alvenaria a pequenas movimentações ou variações dimensionais.
	Retração por secagem	Ligada à suscetibilidade de fissuração das juntas de argamassa devida ao próprio fenômeno de retração.

Fonte: Usuda (2004)

Solozárno (1994) aponta que as argamassas podem ser classificadas também segundo a relação entre o volume da pasta e o volume de vazios granulares:

- Magras ou pobres: o volume da pasta não preenche os vazios entre os grãos;
- Normais ou básicas: o volume da pasta preenche os vazios dos agregados por completo;
- Gordas ou ricas: possuem excesso de pasta em relação ao índice de vazios.

Tabela 4: Relação entre os volumes da argamassa

Tipo de argamassa	**Traço da argamassa (em volume)**	**Resistência média à compressão aos 28 dias (MPa)**	
	Cimento: cal: areia	**Ensaios em laboratórios**	**Ensaios em obra**
(i)	1:0 a ¼:3	16,0	11,0
(ii)	1: ½: 4 a 4 ½	6,5	4,5
(iii)	1:1:5 a 6	3,6	2,5
(iv)	1:2:8 a 9	1,5	1,0

Fonte: Traços de argamassa especificados pela BS5628:Part1 (1992)

3.2.2 Argamassas de revestimento

De outro lado, uma vez estruturada a construção, há necessidade de dar a ela, em especial às alvenarias, a proteção necessária para que não se deteriore com a ação das intempéries, assim como, possibilitar que possa oferecer o conforto necessário para os sues ocupantes. Dessa forma, é fundamental que o revestimento da estrutura seja bem executado, com materiais adequados, boa técnica e eficiência, visando alcançar os resultados esperados e com economia.

Conforme o Manual do Revestimento editado pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), o revestimento de argamassa pode ser entendido como a proteção de uma superfície porosa, com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente

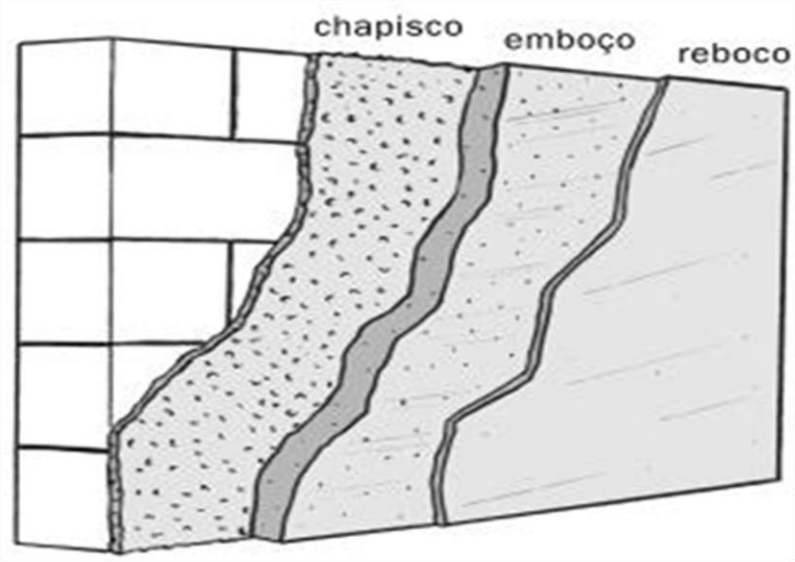
uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final em que as suas principais funções são: proteger a base, usualmente de alvenaria e a estrutura da ação direta dos agentes agressivos contribuindo para o isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e aos gases e permitir que o acabamento final resulte numa base regular, adequada ao recebimento de outros revestimentos, de acordo com o projeto arquitetônico, por meio da regularização dos elementos de vedação.

De acordo com apontamentos do manual, um revestimento de argamassa com espessura entre 30 a 40% da espessura da parede pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, por 30% do isolamento térmico e contribui em 100% pela estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum. Os revestimentos representam uma parcela significativa do custo de construção de edifícios. Segundo a Revista Construção Mercado (março 2003), tais custos representam cerca de 10 a 30% do total da construção, dependendo do tipo da edificação e do seu padrão. Os revestimentos de argamassa, muitas vezes, podem representar a maior fração dos custos citados. Muitas vezes, as funções do revestimento ficam comprometidas devido ao desaprumo decorrente da falta de cuidado, no momento da execução da estrutura e alvenaria, fazendo com que seja necessário “esconder na massa” as imperfeições, o que acarreta em aumento de custos, que poderiam ser evitados com um planejamento melhor na fase do levantamento da estrutura, com escolha de métodos construtivos mais simples, como a alvenaria armada, ou investimentos maiores em mão de obra especializada.

As argamassas em geral são constituídas por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (cimento ou cal), agregado miúdo (areia) e água. Podem ainda ser adicionados alguns produtos especiais (aditivos) com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto.

Dependendo das proporções entre os constituintes da mistura e sua aplicação no revestimento, elas recebem diferentes nomes (Figura 5) em seu emprego, conforme NBR 13529/1995:

Figura 5: Revestimentos



Fonte: NBR 13529/1995

- Chapisco

Camada de preparo da base, constituída de mistura de cimento, areia e aditivos, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

- Emboço

Camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base com ou sem chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.

- Reboco

Camada de revestimento utilizada para o cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.

- Massa Única (emboço paulista)

Revestimento executado numa camada única, cumprindo as funções do emboço e reboco.

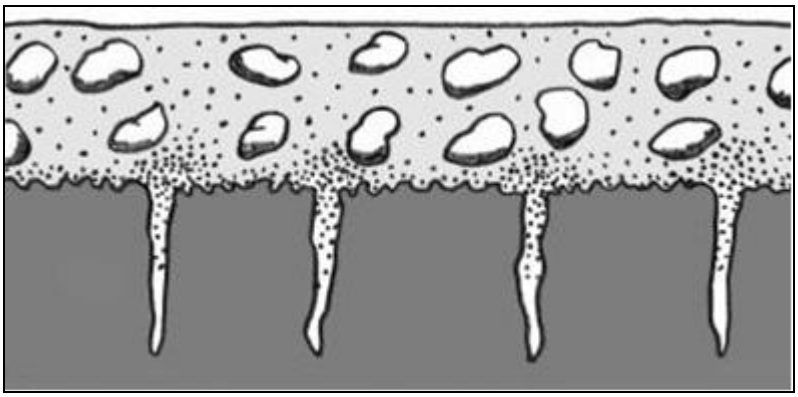
3.2.2.1 Propriedades ideais do revestimento de argamassa

a) Capacidade de aderência:

Pode-se conceituar a aderência como a propriedade que possibilita à camada de revestimento resistir às tensões normais e tangenciais atuantes na interface com a base.

O mecanismo de aderência (FIGURA 6) se desenvolve principalmente pela ancoragem da pasta aglomerante nos poros da base, ou seja, parte da água de amassamento contendo os aglomerantes é succionada pelos poros da base onde ocorre o seu endurecimento e por efeito de ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da superfície a ser revestida.

Figura 6: Mecanismo de aderência



Fonte: Manual do Revestimento editado pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland)

O fator mais importante para uma aderência adequada do revestimento à base é que a camada de argamassa tenha a maior extensão efetiva de contato possível. A extensão da aderência depende dos seguintes fatores:

- Trabalhabilidade da argamassa e técnica de execução do revestimento. Tendo trabalhabilidade adequada, a argamassa poderá apresentar contato mais extenso com a base através de um melhor espalhamento. A técnica executiva de aplicação, em função das operações de compactação e prensagem contra a base, tende a ampliar a extensão de contato;
- Natureza e características da base. O diâmetro, a natureza e a distribuição dos tamanhos dos poros determinam a rugosidade superficial e a capacidade de absorção da base, podendo ampliar ou não a extensão de aderência e a ancoragem do revestimento;
- Condições de limpeza da superfície de aplicação. A extensão de aderência é comprometida pela existência de partículas soltas ou de grãos de areia, poeira, fungos, concentração de sais na superfície (eflorescências), camadas superficiais de desmoldante ou graxa, que representam barreiras para ancoragem do revestimento à base.

b) Resistência mecânica:

O revestimento pronto deve ter uma boa resistência mecânica para poder suportar os diferentes esforços das mais diversas naturezas, que resultam em tensões internas de tração, compressão e cisalhamento. Esforços de abrasão superficial, cargas de impacto e movimentos de contração e expansão dos revestimentos por efeitos de umidade, são exemplos destas solicitações. Um método usual de avaliação da resistência, embora ainda empírico para servir de base para especificações, é o tradicional risco com prego ou objeto pontiagudo similar, adotado em obra para qualificar a resistência superficial dos revestimentos.

c) Capacidade de absorver deformações:

O revestimento deve ter ainda capacidade de absorver deformações intrínsecas (do próprio revestimento) ou extrínsecas (da base) sem sofrer ruptura, sem apresentar fissuras prejudiciais e sem perder aderência. Esta capacidade de absorver deformações é governada pela resistência à tração e pelo módulo de deformação do revestimento.

Um dos principais fenômenos que provocam deformações de retração ocorre tão logo a argamassa é aplicada, devido à perda de água por sucção da base e por evaporação para o ambiente. A retração gera tensões internas de tração. O revestimento pode ou não ter capacidade de resistir a essas tensões, o que regula o grau de fissuração nas primeiras idades. Uma boa técnica de aplicação permite que se trabalhe uma argamassa com menos água, o que certamente diminui a retração.

O revestimento não poderá ter uma resistência à tração muito elevada, para que possa ter uma maior capacidade de deformação. Isto poderá ser conseguido com o uso de com aglomerantes de baixa ou média reatividade, principalmente o cimento. A granulometria dos agregados deve ser contínua para reduzir o volume de vazios entre os agregados, diminuindo a quantidade de pasta necessária para o preenchimento e assim minimizando o potencial de retração. O teor de finos também não poderá ser em excesso para que não seja necessário aumentar o consumo de água de amassamento e com isto, levar a uma maior retração de secagem do revestimento.

A capacidade de absorção da base pode regular a perda de água do revestimento durante seu endurecimento e o desenvolvimento inicial de resistência à tração. Quanto mais

lentamente a argamassa perder água, tanto melhor será para a resistência mecânica do revestimento.

Quanto à técnica de execução, esta estabelece o grau de compactação do revestimento e os momentos de sarrafeamento e desempeno. Estes parâmetros determinam o teor de umidade remanescente no revestimento, ou seja, executar o sarrafeamento e o desempeno em momento inadequado resulta em excesso de água que pode ser prejudicial ao revestimento comprometendo sua aderência à base.

A fissuração dos revestimentos é uma situação que deve ser evitada, uma vez que, além do revestimento perder a sua capacidade de estanqueidade, a capacidade de aderência pode ficar comprometida no entorno da região fissurada. Tensões tangenciais surgem na interface base/revestimento, na região próxima às fissuras, podendo ultrapassar o limite de resistência ao cisalhamento da interface, possibilitando o descolamento do revestimento. Além disso, as fissuras podem comprometer a durabilidade e o acabamento final previsto.

d) Estanqueidade:

Para que o revestimento proteja a base contra as intempéries, deve ter uma boa estanqueidade. A estanqueidade é uma propriedade dos revestimentos relacionada com a absorção capilar de sua estrutura porosa e eventualmente fissurada da camada de argamassa endurecida.

Diversos fatores influem na estanqueidade do revestimento, como as proporções e a natureza dos materiais constituintes da argamassa, a técnica de execução, a espessura da camada, a natureza da base e a quantidade e o tipo de fissuras existentes.

Por outro lado, a permeabilidade ao vapor d’água é uma propriedade sempre recomendável nos revestimentos de argamassa, por favorecer a secagem de umidade acidental ou de infiltração. Evita também os riscos de umidade de condensação interna em regiões de clima mais frio.

e) Acabamento:

Outro fator importante é a rugosidade e porosidade superficiais, por estarem relacionadas com as funções estéticas e com a compatibilização do revestimento de argamassa com o sistema de pintura ou outro revestimento decorativo, além de influírem decisivamente na estanqueidade, na resistência mecânica e na durabilidade do revestimento.

A rugosidade superficial pode variar de lisa a áspera sendo basicamente resultado do tipo de agregado, sua granulometria, do teor de agregado e da técnica de execução do revestimento.

A durabilidade dos revestimentos de argamassa, ou seja, a capacidade de manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo é uma propriedade complexa e depende de procedimentos adequados desde o projeto até uso final. Na etapa de projeto devem ser, por exemplo, especificados os materiais de maneira a compatibilizar o revestimento com as condições a que estará exposto durante sua vida útil; na etapa de execução é fator determinante, além da obediência às técnicas recomendadas, a realização do controle de produção.

f) Espessura do revestimento:

A espessura do revestimento deve ser observada, pois, sendo excessiva, intensifica a movimentação higroscópica nas primeiras idades, podendo ocasionar fissuras de retração, que podem comprometer a capacidade de aderência e a impermeabilidade do revestimento. A técnica de execução pode, quando inadequada, provocar e ou agravar o aparecimento de tais fissuras. Solórzano (1994), na sua dissertação de mestrado, faz a seguinte comparação: as argamassas de cimento e areia têm altas resistências mecânicas associadas a uma baixa retenção de água e trabalhabilidade deficiente, porém estas características deixam a parede muito resistente, mais vulnerável à fissuração e à penetração da chuva.

Por outro lado as argamassas somente de cal possuem características contrárias, como baixas resistências e alta retenção de água e trabalhabilidade, mas apresentam excelentes deformabilidades, o que diminui a fissuração e aumenta a sua estanqueidade. Porém, em uma posição intermediária a dosagem de cimento e cal produz uma argamassa dotada de cada uma das propriedades anteriormente enunciadas, em que se combina a resistência dada pelo cimento com trabalhabilidade e retenção de água dada pela cal.

4 FORMA DE EXECUÇÃO, ORIENTAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

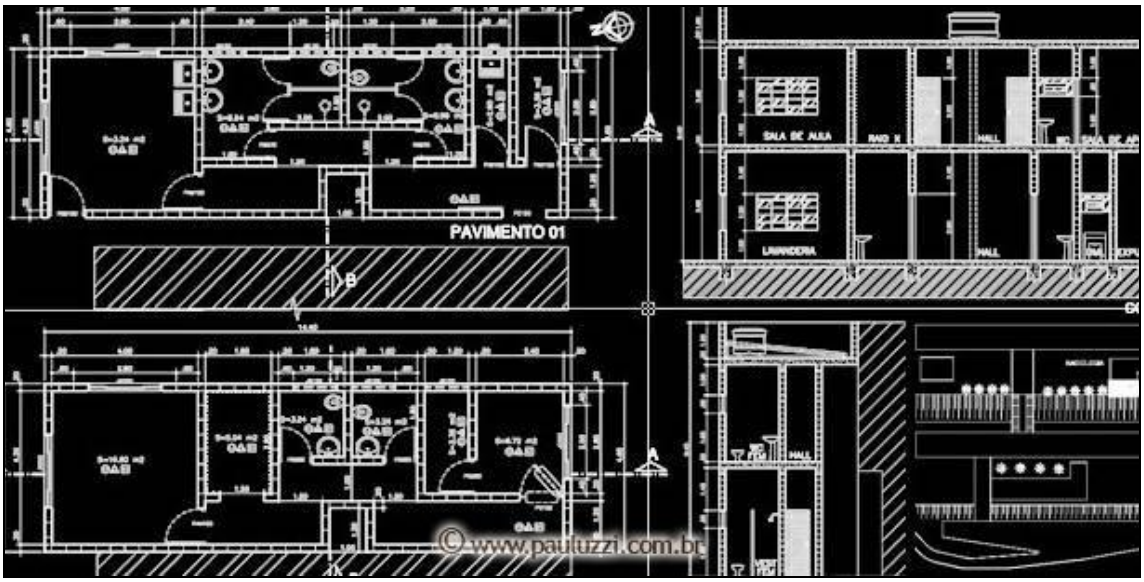
Para a análise dos serviços de assentamento de blocos cerâmicos realizados nas obras visitadas, tomou-se como referência principal a cartilha de apresentação dos produtos da Pauluzzi Produtos Cerâmicos Ltda., indústria gaúcha de blocos cerâmicos, apontada como uma das maiores do Brasil, possuindo certificação PSQ (Programa Setorial de Qualidade) e a normatização dos seus produtos.

A seguir descreve-se as etapas do processo:

4.1 Projetos

Por ser uma das etapas iniciais do processo da construção, possui influência decisiva na exequibilidade da obra e determinação do desempenho do ambiente construído, pois é nessa fase que são definidas as características da edificação e são considerados os aspectos relacionados a sua qualidade e custos. Em termos ideais, o projeto (Figura 7) pode assumir o encargo fundamental de agregar eficiência e qualidade ao produto. Contudo, o projeto torna-se uma ferramenta eficaz para a interface projeto-obra somente na medida em que apresenta um bom nível de detalhamento, clareza e objetividade, ou seja, quando há a preocupação de projetar para produzir.

Figura 7: Projeto arquitetônico



Fonte: Pauluzzi (2014)

Deverá ser observado o arranjo arquitetônico espacial de forma a ter uma edificação robusta com paredes estruturais bem distribuídas, com o menor número possível de tipos de componentes (blocos) utilizando o módulo.

A racionalização se inicia no projeto. Para isso, ele já deve ser elaborado seguindo os conceitos de alvenaria estrutural, considerando que a modulação e a compatibilização dos projetos são etapas fundamentais para o desempenho adequado do sistema construtivo.

A modulação da alvenaria é o acerto das dimensões em planta e pé direito da edificação, em função das dimensões dos blocos, de modo a evitar cortes ou ajustes na execução das paredes. Caso as dimensões do projeto arquitetônico (Figura 8) não sejam modulares, quanto menor o módulo utilizado mais fácil o ajuste. Portanto, as dimensões múltiplas de 15 cm são as mais adequadas.

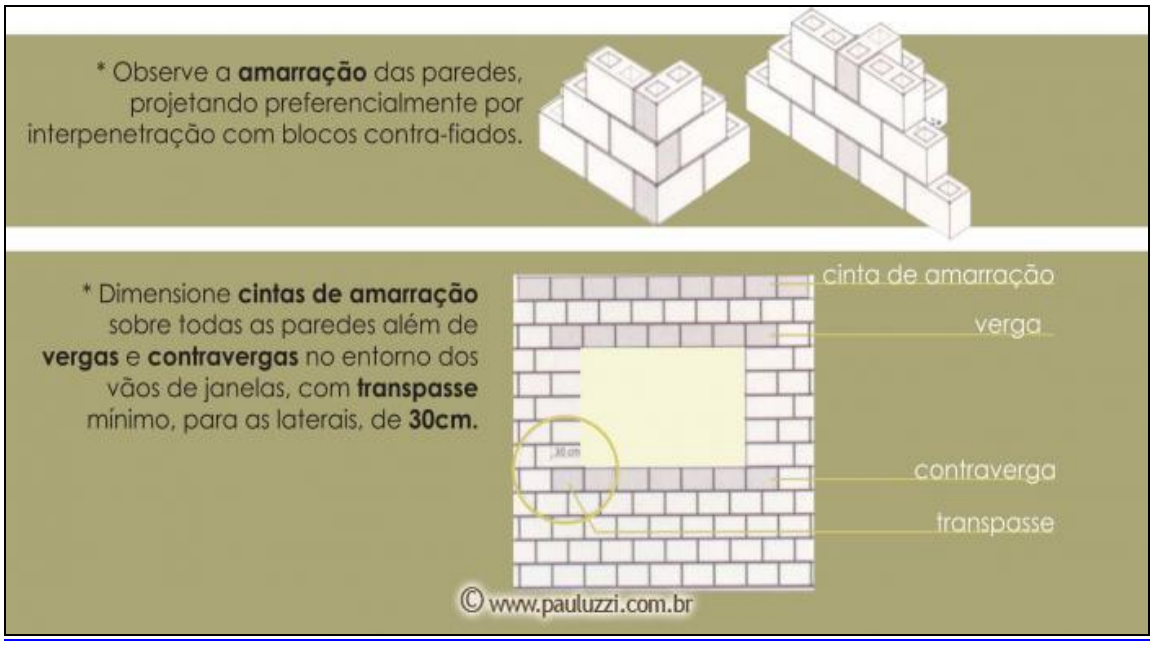
Por meio da técnica de coordenação modular, é possível evitar o trabalho de ajuste no canteiro, que representa perda de tempo, material e mão de obra. O projetista deve escolher o módulo básico de 15 cm e trabalhar com o conceito de módulo desde o estágio inicial da concepção. Desta forma, as medidas internas serão sempre múltiplos de 15 cm + 1cm.

A família de blocos cerâmicos é formada por três componentes básicos: bloco inteiro (14x19x29cm), meio bloco (14x19x14cm) e bloco e meio (14x19x44cm). Seguindo uma modulação, múltipla de 15 cm, a alvenaria será projetada a partir de apenas duas fiadas, que estarão 100% amarradas.

Na amarração destaca-se o papel fundamental desempenhado pelo bloco e meio. Com isso, eliminam-se as ligações executadas com grampos e, desse modo, se reduz consideravelmente a necessidade de utilização de grautes verticais. Aos três blocos básicos somam-se componentes complementares: canaletas, blocos compensadores e blocos elétricos. Eles resolvem, por exemplo, os problemas da relação da alvenaria com a aplicação de esquadrias e com a construção de lajes.

Na elevação das paredes, a fim de facilitar o entendimento, representações das vistas frontais das paredes devem ser elaboradas contendo os elementos.

Figura 8: Indicação das amarrações, vergas e contravergas



Fonte: Pauluzzi (2014)

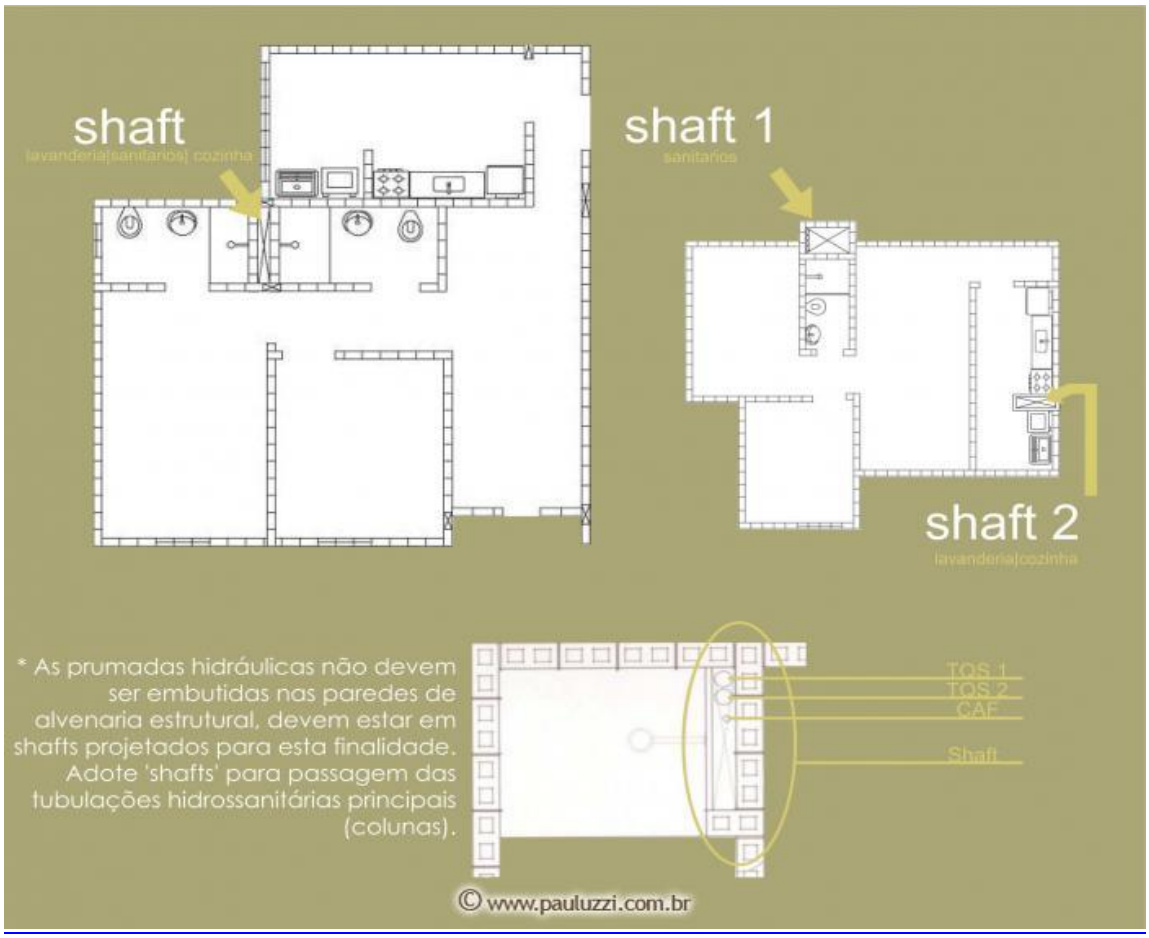
Deverão ser indicados os pontos de graute nas laterais das janelas, cantos e encontros de paredes. As aberturas são espaços nos quais as tensões se perturbam e se concentram. Portanto, a quantidade, o tamanho e a posição das aberturas influenciam diretamente no desempenho da parede como elemento estrutural. É muito importante que o projetista de estruturas receba estas informações, para que seja avaliada a necessidade ou não de reforços, ou mesmo para que se façam alterações em nome do bom desempenho e da economia do projeto. Aqui também os arranjos simétricos devem ser preferidos. Não são indicados vãos maiores que 1,8m.

As instalações elétricas e hidrossanitárias são executadas paralelamente à alvenaria, sendo assim, seus projetos devem estar compatibilizados com os de alvenaria desde o inicio da obra. Nos projetos hidrossanitários e elétricos deverão ser indicados os pontos de *shafts* (Figura 9), que são espaços destinados à concentração de prumadas hidrossanitárias, elétricas e de telefonia. Com adoção deles, consegue-se retirar parte significativa, quando não a totalidade das instalações hidrossanitárias das paredes.

A ausência dos *shafts* e as instalações no interior das paredes obrigam, em muitos casos, a desconsiderar tais paredes como elemento estrutural, ou lançar mão de enchimentos. Trechos horizontais devem passar sobre o forro ou sob o piso. É proibido o recorte horizontal de paredes estruturais. Admite-se o embutimento de pequenos trechos verticais nos vazados dos blocos, desde que estes tubos tenham diâmetro máximo de 50 mm. Em casos onde há

grande número de instalações indica-se projetar paredes hidráulicas não estruturais. A proximidade dos banheiros e da cozinha racionaliza as instalações, diminuindo o número de prumadas e de *shafts*. O box do banheiro e a lavanderia são boas localizações para *shafts* hidráulicos.

Figura 9: Indicação dos *shafts* e tubos de queda

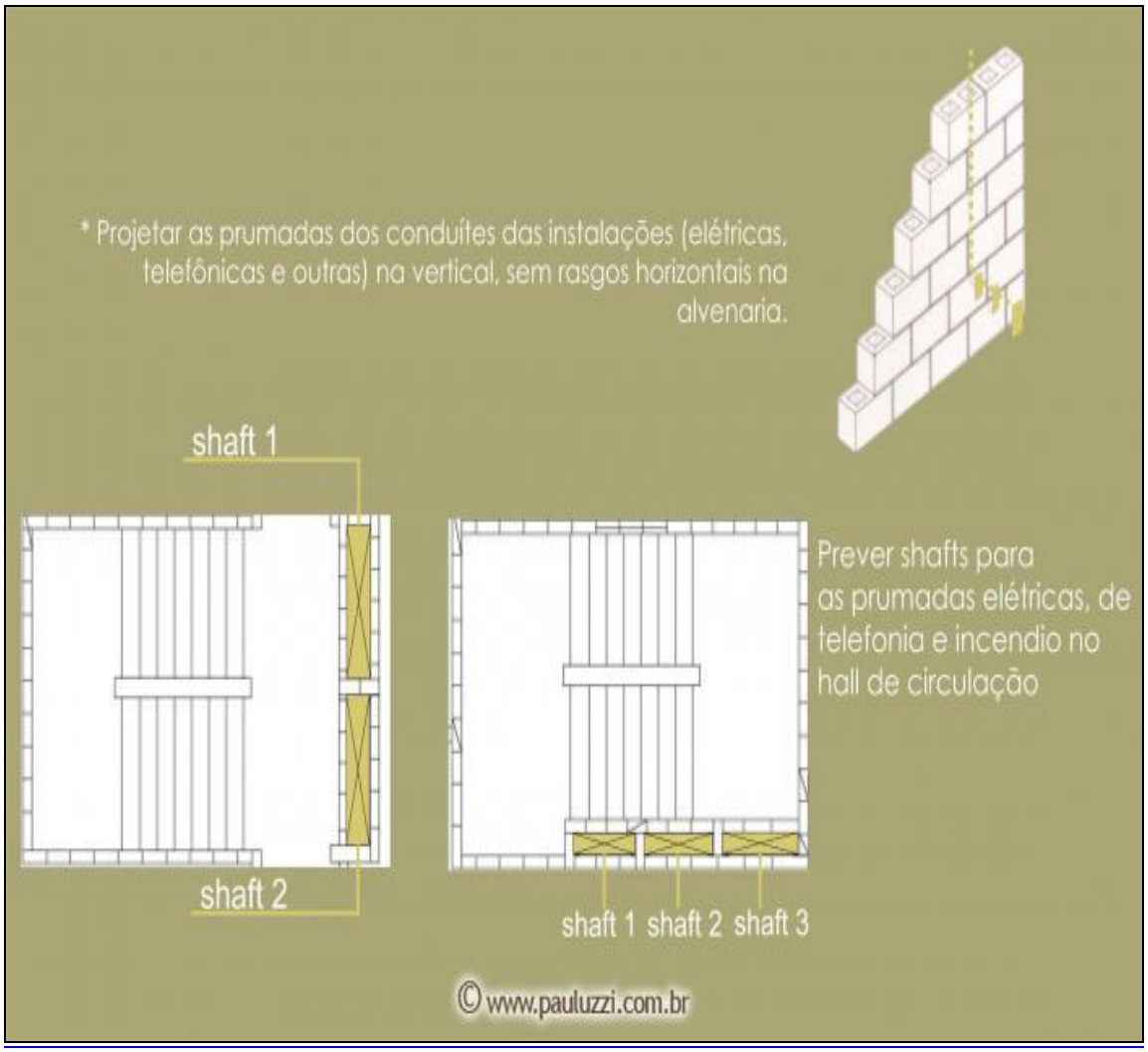


Fonte: Pauluzzi (2014)

O posicionamento dos eletrodutos deve constar no projeto de elevação das alvenarias, assim como deverá ser prevista nas elevações a dimensão de quadros de instalações (luz, telefone, TV a cabo, etc.), evitando quebras. Quando as prumadas elétricas (Figura 10) não puderem ser embutidas nas paredes de alvenaria estrutural, devem estar em *shafts* projetados para esta finalidade.

Como regra geral, as tubulações devem caminhar sempre na vertical, utilizando os vazados dos blocos para as passagens das mangueiras, não sendo indicados cortes horizontais para a interligação dos pontos.

Figura 10: Prumadas dos conduítes das instalações elétricas



Fonte: Pauluzzi (2014)

Os eletrodutos horizontais devem ser embutidos nas lajes ou nos pisos. As caixas de tomadas e interruptores podem ser previamente fixadas nos blocos, que, por sua vez, serão assentadas em posições predeterminadas, conforme indicado nas plantas de elevação das paredes. Após a elevação da alvenaria deve ser feita a passagem das mangueiras, furando-se o fundo da canaleta e introduzindo-se a mangueira.

4.2 Projeto executivo

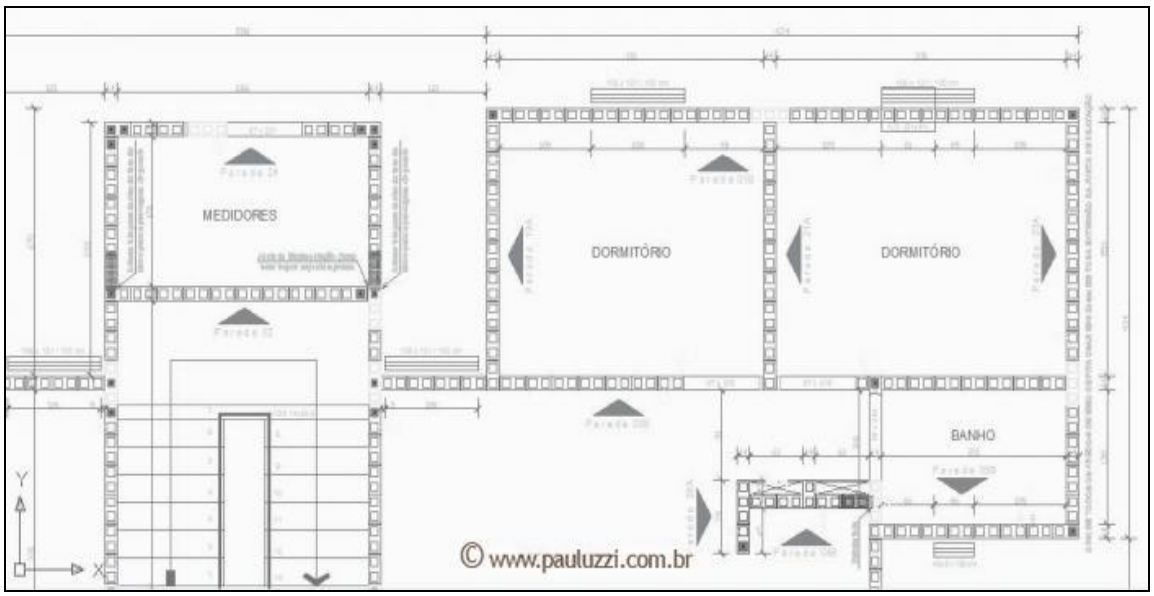
Para obter o máximo de vantagens que o processo construtivo de alvenaria estrutural proporciona, é imprescindível a elaboração de um projeto executivo ou produção. O projeto de produção da alvenaria (Figura 11), resultado da compatibilização dos projetos de

arquitetura, estrutura, instalações e técnicas construtivas, reúne as informações necessárias para que a equipe de produção o utilize como ordem de serviço.

O seu conteúdo deve contemplar todos os serviços que serão executados simultaneamente à elevação da alvenaria. O projeto deve apresentar desenhos técnicos contendo as plantas das fiadas diferenciadas, exceto na altura das aberturas, e as elevações de todas as paredes. As especificações devem conter as resistências características dos prismas e dos grautes, as classes das argamassas , assim como a categoria, classe e bitola dos aços a serem adotados. Também podem ser apresentados os valores de resistência sugeridos para os blocos de forma que as resistências de prisma especificadas sejam atingidas.

Com a primeira fiada deve-se ter uma planta já com as medidas modulares, sem que, no entanto, os blocos tenham sido lançados. As medidas internas serão sempre múltiplos de 15 cm + 1 cm.

Figura 11: Projeto de alvenaria



Fonte: Paulizzi (2014)

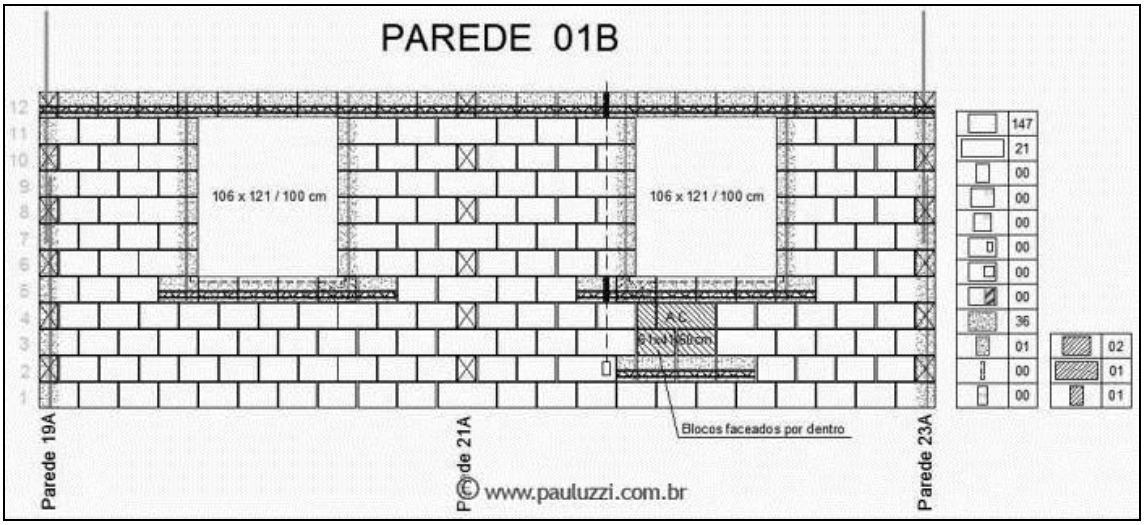
A partir desta planta, inicia-se a distribuição dos blocos da primeira fiada, tomando como base uma extremidade. Seguimos desenhando sucessivamente módulos de 29cm + 1cm de junta até os encontros de paredes, onde deverão ser observadas as amarrações-padrão. Devemos seguir até o fechamento total externo da edificação. Em algumas situações será necessário utilizar o bloco e meio (14x19x44) fora da zona de amarração.

Esta planta será utilizada na marcação da alvenaria e tem como principal finalidade fornecer dados para a execução da primeira fiada de blocos. Ela também é imprescindível na

elaboração das plantas de elevação de paredes. Elaborada em escala 1:50, a planta deve conter as seguintes informações:

- Modulação de blocos da primeira fiada de todas as paredes;
- Identificação das paredes;
- Janelas, portas, quadros de luz e outros vãos contidos nas paredes;
- Os vãos devem ser identificados e cotados a partir de apenas uma das paredes laterais;
- Locação dos shafts;
- Identificação das paredes de vedação, quando existirem;
- Medidas para locação das paredes (blocos estratégicos) devem ter como origem o canto mais próximo e progressivamente, caminhar acumulando os subtotais em direção ao centro, tanto no sentido horizontal quanto no vertical, ou em relação aos eixos principais de referência;
- Localização dos furos grauteados e indicação de armaduras quando houver;
- Diagonais do pavimento em escala reduzida para conferência do esquadro;
- Legenda de blocos com desenhos das peças com suas dimensões, se suas denominações de forma que um operário possa facilmente identificá-los;
- Quantitativos de todas as paredes;
- Detalhes em escalas apropriadas para os encontros especiais de paredes.

Figura 12: Elevação das paredes



Fonte: Pauluzzi (2014)

Para um projeto executivo de elevação das alvenarias (Figura 12), é importante que o mesmo contemple todos os detalhes que possam ser úteis na execução. Entre os itens importantes podemos destacar:

- Paginação dos blocos;
- Instalações elétricas, hidráulicas, telefonia, ar-condicionado, internet;
- Dimensões de vãos;
- Determinação de vergas, contra-vergas e cintas de amarração;
- Posicionamento de grautes;
- Quantitativo de blocos por tipo;
- Numeração das fiadas.

4.3 Elevação e respaldo das paredes

São considerados essenciais para o desempenho da parede, o cumprimento das tolerâncias de prumo (alinhamento da parede vertical), de nível (alinhamento da parede horizontal), a execução correta das espessuras das juntas de argamassas de assentamento dos blocos e dos reforços na alvenaria quando especificados.

4.3.1 Assentamento dos blocos

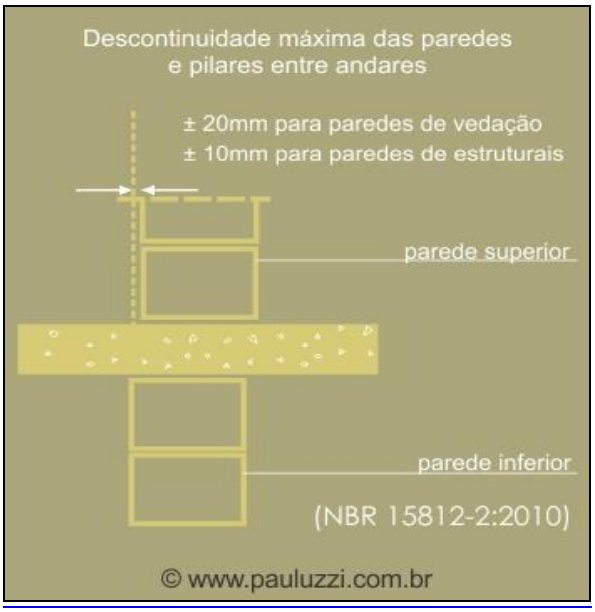
Durante a elevação das paredes, os blocos devem ser assentados e alinhados segundo especificado em projeto e de forma a exigir o mínimo de ajuste possível. Devem ser posicionados enquanto a argamassa estiver trabalhável e plástica e, em caso de necessidade de reacomodação do bloco, a mesma deve ser removida e o componente assentado novamente de forma correta. Os cordões de argamassa devem ser aplicados sobre os blocos numa extensão tal que sua trabalhabilidade não seja prejudicada por exposição prolongada ao tempo e evitando-se a queda nos vazados dos blocos.

As juntas verticais e horizontais devem ter espessuras de 10 mm, exceto as juntas horizontais da primeira fiada. A variação máxima da espessura das juntas de argamassa deve ser de ± 3 mm. (Figura 13). A argamassa não deve obstruir os vazios dos blocos e aquela retirada em excesso das juntas pode ser remisturada à argamassa fresca. Entretanto, argamassa em contato com o chão ou andaime deve ser descartada e não pode ser reaproveitada.

Figura 13: Desaprumo e desalinhamento máximo

Fonte: Pauluzzi (2014)

Figura 14: Descontinuidade máxima das paredes entre andares



Fonte: Pauluzzi (2014)

A amarração efetiva das paredes (Figura 14) é um ponto determinante na execução da alvenaria. Com a utilização dos blocos adequados, garante-se o intertravamento das unidades de alvenaria de forma simples e lógica, em todas as situações. Isto é, uma sequência

padronizada que representa a disposição dos blocos para cada uma das amarrações, conforme a Figura 15. Tipos de amarração (Figura 16):

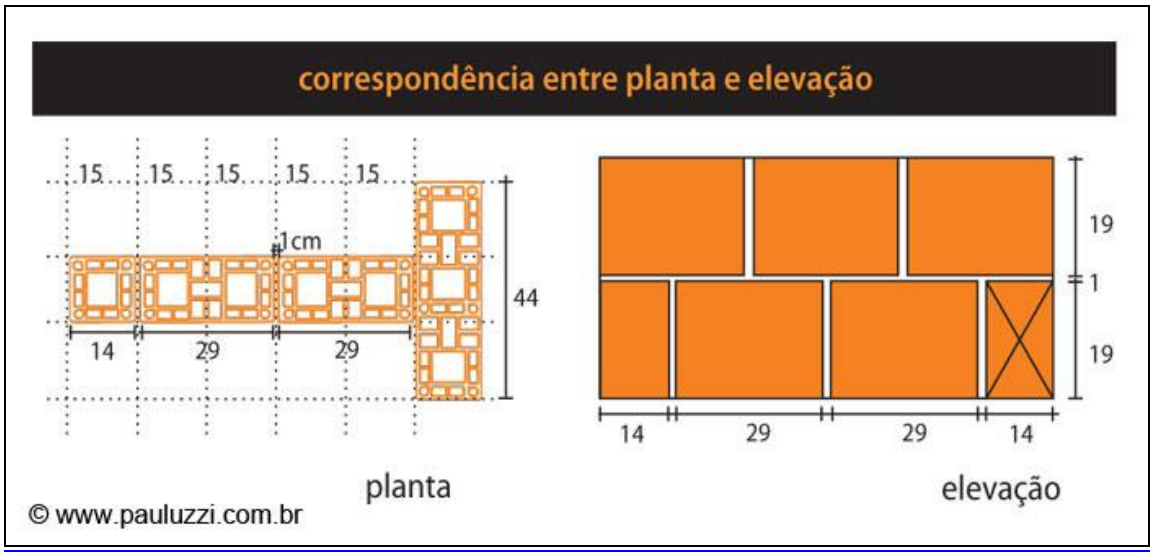
- Amarração direta de paredes

Padrão de ligação de paredes por intertravamento de blocos, obtido com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces comuns.

- Amarração indireta de paredes

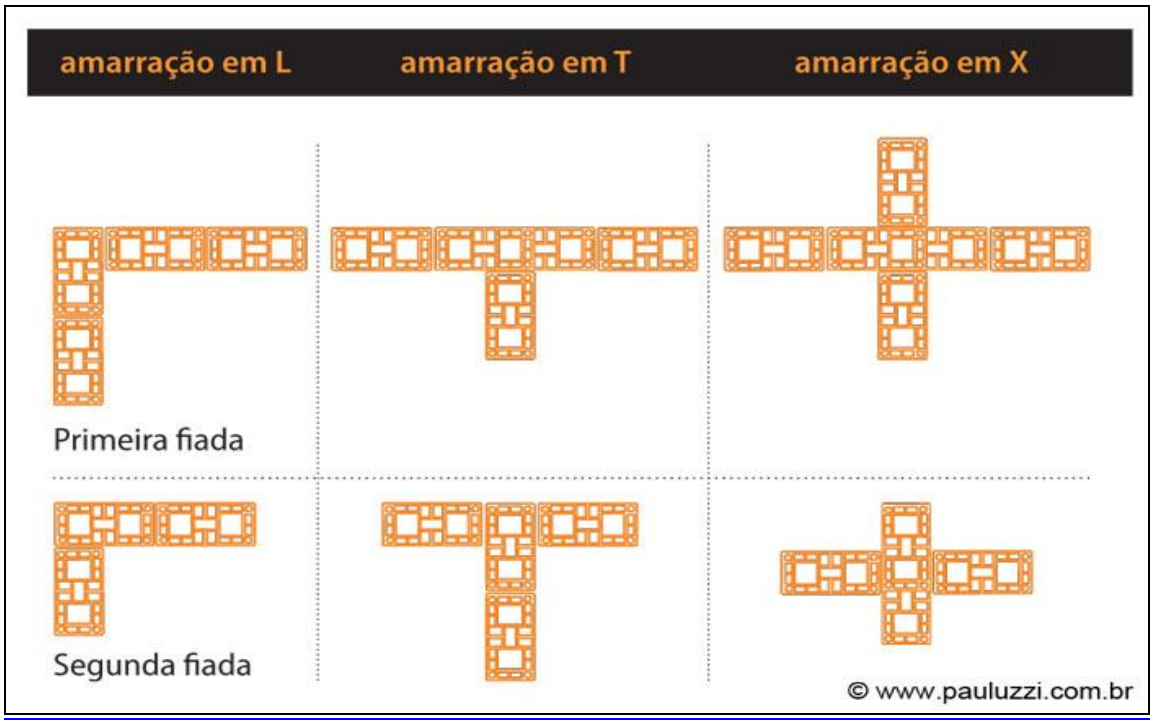
Padrão de ligação de paredes com junta vertical a prumo, em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras normalmente constituídas por grampos metálicos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes grauteados ou por telas metálicas ancoradas em juntas de assentamento.

Figura 15: Correspondência entre planta e elevação



Fonte: Pauluzzi (2014)

Figura 16: Tipos de amarração de paredes



Fonte: Pauluzzi (2014)

Figura 17: Locação das paredes

Fonte: Pauluzzi (2014)

A variação do nível da superfície do pavimento sobre o qual a alvenaria será executada, não deve ultrapassar ± 10 mm em relação ao plano especificado. No decorrer da elevação verificar tolerâncias quanto ao prumo, nível, planicidade, alinhamento e espessuras das juntas horizontais da alvenaria (Figuras 17, 18 e 19).

Figura 18: Verificação

Fonte: Pauluzzi (2014)

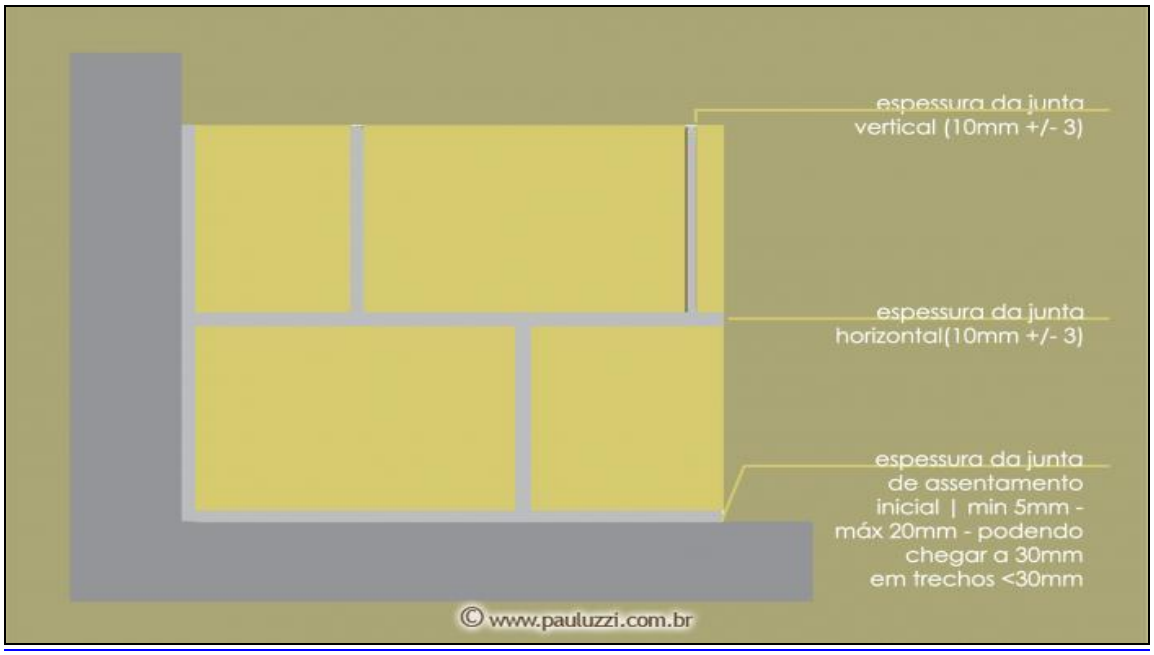
Figura 19: Itens a serem observados durante o levantamento

Fonte: Pauluzzi (2014)

4.3.2 Argamassa de assentamento

Conforme NBR 15812 (ABNT, 2010), deverá ser observada a espessura das juntas horizontais e verticais de argamassa que deve ter 10 ± 3mm, com exceção da junta de assentamento inicial (Figura 20), que pode variar entre 5 e 20mm, admitindo-se espessuras de no máximo 30 mm em trechos de comprimento inferiores a 50 cm. Caso a espessura da junta horizontal de argamassa de assentamento, dos blocos da primeira fiada ultrapassem o valor máximo, deverá ser feito um nivelamento com concreto com a mesma resistência da laje. A alvenaria deve partir nivelada da primeira fiada, não sendo indicado deixar para corrigir possíveis desníveis no decorrer das demais fiadas. Este argamassamento deve ser total e com argamassa de cimento e areia, diferente das demais fiadas.

Figura 20: Juntas de assentamento



Fonte: Pauluzzi (2014)

As argamassas destinadas ao assentamento devem atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR 13281, podendo ser industrializadas ou feitas em obra desde que testado anteriormente o traço para verificar se atinge a resistência determinada pelo calculista.

Conforme citado no site da Cerâmica Pauluzzi, a capacidade de deformar-se, que a argamassa possui, ajuda na distribuição dos esforços e na vedação. A argamassa pode absorver uma parte destes esforços, dissipá-los através de microfissuras, não prejudiciais à estanqueidade e resistência da parede, fato que não ocorre em argamassas muito rígidas ou com baixo módulo de elasticidade, que dissipam os esforços atuantes mediante macrofissuras que provocam infiltrações e perda de aderência. Assim, sempre é indicado que a argamassa tenha resistência menor do que o bloco para que o trabalho de movimentação que houver seja da argamassa e não do bloco que é um componente rígido que viria a trincar caso fosse solicitado com algum esforço que não fosse de compressão.

4.3.3 Armadura

As armaduras (Figura 21) devem ser executadas conforme especificado nos projetos, sendo que deverão ser colocadas de tal forma que se mantenham na posição especificada durante o grauteamento e para tal finalidade podem ser utilizados arames, espaçadores, estribos, tarugos de aço e tarugos de massa. Em nenhum caso o cobrimento de materiais sujeitos à corrosão pode ser inferior ao especificado em projeto.

Em nenhum caso é permitido o contato de metais de naturezas diferentes. Os fios, barras e telas de reforço imersos em juntas de argamassa deverão ser de aço galvanizado ou de metal resistente à corrosão. Os vazados não podem ter rebarbas de argamassa e as dimensões mínimas recomendadas são de 50 mm x 70 mm.

Figura 21: Armaduras

Fonte: Pauluzzi (2014)

4.3.4 Graute

Graute (Figura 22) é o componente utilizado para preenchimento de espaços vazios de blocos com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente. Ele deve ter resistência à compressão de modo que a resistência do prisma grauteado atinja a resistência especificada pelo projetista. Deve ter características no estado fresco que garantam o completo preenchimento dos furos e não apresentar retração que provoque o descolamento do graute das paredes dos blocos. Quando o graute for produzido em obra, devem ser realizados ensaios com antecedência adequada, comprovando o atendimento das características descritas acima.

A altura máxima de lançamento do graute deverá ser de 1,6 m. Recomendamos a concretagem em duas etapas para os pés direito convencionais de 2,80 m, sendo a altura da primeira etapa definida pela altura das contravergas das janelas. Se o graute for devidamente aditivado, garantida a coesão sem segregação, a altura de lançamento máximo permitido é de 2,80 m.

Figura 22: Grauteamento vertical

Fonte: Pauluzzi (2014)

Para a execução do grauteamento, deverão ser tomadas as seguintes providências:

- Abertura das janelas de inspeção;

- Antes de grautear, tanto contravergas, quanto vergas, cintas de amarração e pontos verticais devem ser molhados;
- Limpeza dos vazados dos blocos (Figura 23) onde irá ocorrer o grauteamento com auxilio de uma barra de ferro, com a retirada do excesso de argamassa na base do furo e o uso de água para complementar a limpeza;
- Fechar a janela de inspeção na base das paredes;
- Conferir a colocação da ferragem e os devidos transpasses;
- Grautear o vazado vertical dos blocos até seu com preenchimento, realizando o adensamento manual com barra de ferro específica para este fim;
- Deixar o transpasse (espera) da ferragem vertical para o próximo andar, conforme projeto;
- Os vazados devem ser grauteados no mínimo 24 horas após a execução da alvenaria.

Figura 23: Limpeza dos vazados dos blocos para o grauteamento

Fonte: Pauluzzi (2014)

4.3.5 Vergas, contravergas e cintas

As contravergas em vãos de janela podem ser executadas com canaletas preenchidas com graute e armadura, peças moldadas no local ou peças pré-fabricadas, conforme especificado no projeto. Também, devem ser previstas em projeto vigas armadas nos vãos de portas e janelas com apoio lateral mínimo de 30 cm em cada lado ou conforme especificado no projeto. Antes do grauteamento, as canaletas deverão ser molhadas.

Na finalização das paredes de um pavimento, deve ser executada uma cinta de respaldo contínua, solidarizando todas as paredes. Esta cinta pode ser executada com blocos especiais, tipo canaleta, ou com formas. Nos cantos deverão ser respeitados os devidos transpasses das armaduras e esta etapa deve preceder a montagem das formas de laje ou do posicionamento das peças pré-fabricadas quando a laje incorporar esses componentes. Antes de concretar a cinta de amarração, devem ser passados os conduítes elétricos.

4.3.6 Cuidados

Alvenarias recém elevadas devem ser protegidas da chuva, evitando remoção da argamassa das juntas e possíveis manchas, prejudiciais no caso de alvenaria aparente. Qualquer parede que ficar com a fiada de respaldo exposta ao tempo deve ser protegida da chuva, seja por meio de concretagem ou proteção de topo, evitando-se que o excesso de umidade através dos vazados dos blocos provoque problemas como eflorescências.

4.4 Instalações

Deverá ser feita a locação de todos os pontos hidráulicos e elétricos nas paredes de alvenaria, uma vez que não é permitido corte individual horizontal de comprimento superior a 40cm em paredes estruturais. Não são permitidos cortes horizontais em uma mesma parede cujos comprimentos somados ultrapassem 1/6 do comprimento total da parede em planta. (ABNT NBR 15812-1:2010).

Cortes verticais, de comprimento superior a 60cm, realizados em paredes definem elementos distintos.(ABNT NBR 15812-1:2010). Não são permitidos condutores de fluidos embutidos em paredes estruturais, exceto quando a instalação e a manutenção não exigirem cortes. (ABNT NBR 15812-1:2010).

4.5 Canteiro de obra

4.5.1 Recebimento e armazenagem dos materiais

Todos os materiais devem ser inspecionados no recebimento e imediatamente antes do uso, de forma a detectar inconformidades. Os materiais devem ser armazenados na ordem

do recebimento e de forma que permitam inspeção geral e sejam identificados conforme o controle a ser realizado. Para o recebimento e armazenagem (Figura 23) dos blocos é preciso seguir a orientação:

- Preparar um local de no mínimo 3 x 9 m ou o equivalente a 14 *pallets* (1,2 x 1,2 m);
- Deixar os *pallets* vazios empilhados perto do local de descarga;
- Descarregar os blocos com cuidado, evitando choques bruscos (acompanhar este trabalho);
- Armazenar os blocos em local plano para evitar quebras;
- Armazenar os blocos sobre os *pallets* para evitar o contato direto com o solo;
- As pilhas de blocos devem ter altura máxima de 1 *pallet* ou 8 fiadas.
-

Figura 24: Recebimento e armazenagem dos blocos

Fonte: Pauluzzi (2014)

4.5.2 Transporte na obra

Na hora de planejar a logística do canteiro é importante levar em consideração a capacidade de carga dos equipamentos e se os mesmos têm dimensão suficiente para transporte de *pallets* inteiros. Há gruas com capacidade de carga equivalente a menos de 1/3 de *pallet* e elevadores de carga que não tem dimensão interna suficiente para acomodar um *pallet*.

O transporte sobre *pallets* é o mais indicado. Para o transporte horizontal e vertical, é recomendável utilizar equipamentos específicos para evitar quebras. Exemplo de transporte hotizontal: paleteira, carriola para *pallets* ou carrinho "coca-cola" (Figura 25). Evitar a utilização de carrinho-de-mão e girica. São exemplos de transporte vertical: grua, guindaste, elevador de carga.

Figura 25: Transporte de blocos por carrinho

Fonte: Pauluzzi (2014)

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta etapa do trabalho, a partir de visitas realizadas a 10 obras sendo construídas em alvenaria armada, todas localizadas no município de Panambi-RS, foram realizadas as observações e a coleta dos dados relativos a fase de levantamento de blocos e do revestimento das paredes, procurando destacar os principais erros cometidos nestas obras, nas etapas citadas, quando comparadas com as informações apresentadas na fundamentação teórica.

5.1 Levantamento da alvenaria armada

Observou-se que na maioria dos casos, a mão de obra não foi treinada para o assentamento de blocos, sendo que para muitos trabalhadores estava sendo o primeiro contato deles com este tipo de alvenaria. Mesmo nas obras em que, para os construtores não era a primeira experiência, os erros e vícios construtivos se repetiam.

Apresenta-se a seguir, com imagens obtidas nas obras, os fatos que nelas chamaram a atenção, iniciando por duas imagens (Figura 26) que exemplificam uma canaleta da contraverga parcialmente preenchida com argamassa desnivelada, dificultando a colocação de ferragem, além de desalinhamento das canaletas e falta de contraverga.

Figura 26: Canaleta com argamassa desnivelada

Fonte: Autoria própria (2014)

As imagens seguintes (Figura 27) mostram desalinhamento e desaprumo total dos blocos.

Figura 27: Desalinhamento e desaprumo total dos blocos

Fonte: Autoria própria (2014)

No próximo grupo de imagens (Figura 28), observa-se a amarração de paredes utilizando dois meio blocos ligados e canto com amarração tipo encaixe, dificultando a colocação dos blocos de ligação.

Figura 28: Canto mal amarrado

Fonte: Autoria própria (2014)

A Figura 29 mostra a falta de amarração, desaprumo e uso demasiado do bloco compensador e meio bloco, além de juntas verticais muito espessas, certamente gerando grandes gastos no revestimento, assim como a possibilidade de trincas estruturais futuras.

Figura 29: Gastos e trincas

Fonte: Autoria própria (2014)

A Figura 30 ilustra a falta de argamassamento vertical, e juntas horizontais fora das especificações normativas (pouco espessas), ocasionado pelo uso de argamassa polimérica assentada com bisnaga, que forma filetes muito finos, praticamente encostando um bloco no outro. Conforme dados extraídos de manuais da fábrica, sua resistência a compressão é próxima de 15 MPa, sendo muito superior a do bloco (6MPa), contrariando as normas técnicas que recomendam que a argamassa tenha em torno de 70% da resistência do bloco.

Figura 30: Falta de argamassamento vertical; juntas horizontais fora das especificações

Fonte: Autoria própria (2014)

Exemplos de práticas não recomendadas: Na Figura 31, vê-se a colocação de tubulação hidráulica no interior dos blocos e ainda eletrodutos no mesmo vão. Em caso de rompimento de tubulação, dificilmente será detectado o local de origem. Na ilustração da Figura 32, a abertura de valas horizontais, rompendo toda a parede do bloco e eletrodutos aparentes. Figura 33 mostra a possibilidade de, no bloco cerâmico, romper somente uma das paredes externas do mesmo, que é dupla, comprometendo menos a parede, o que também não é recomendado.

Figura 31: Tubulação hidráulica com eletrodutos

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 32: Valas horizontais

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 33: Rompimento de somente uma das paredes externas do bloco

Fonte: Autoria própria (2014)

Na próxima ilustração (Figura 34), o uso excessivo de argamassa sem a retirada dos excessos, além de juntas verticais alinhadas.

Figura 34: Uso excessivo de argamassa

Fonte: Autoria própria (2014)

Levantamento de paredes sem a execução do contrapiso (Figura 35), dificultando a realização do trabalho pós chuvas e o armazenamento de materiais.

Figura 35: Levantamento de paredes sem a execução do contrapiso

Fonte: Autoria própria (2014)

Demonstração da quantidade de argamassa a menos, com a utilização da colher tipo calha, comparada à colher de pedreiro normal (Figura 36), além de que, na primeira foto desta ilustração, tem-se um exemplo da necessidade de corte de bloco em função da falta de modulação.

Figura 36: Utilização da colher tipo calha; corte de bloco

Fonte: Autoria própria (2014)

5.2 Análise comparativa de custos no levantamento da alvenaria armada

5.2.1 Obra 01, com mão de obra treinada

Trata-se de uma obra localizada na rua D. Pedro II, Bairro Medianeira, no município de Panambi-RS, tendo 154,50m² de área construída por pavimento, sendo que o pavimento analisado é constituído de dois apartamentos (2 e 3 dormitórios), mais escada central.

O subsolo foi executado no sistema de alvenaria armada e o restante do prédio será feito no sistema de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, sendo que acompanharemos a execução do primeiro pavimento, a partir da laje do subsolo já concretada.

O pavimento é composto de 278,69m² de paredes, 62m lineares de vergas e contravergas (0,10x0,17), 95 colunas 0,08x0,08/2,80m (266m) e 115m lineares de cintas de respaldo (0,10x0,17). Somente foi considerado o grauteamento das colunas, vergas e contravergas.

A equipe de trabalho foi constituída por 02 pedreiros e 01 servente, sendo que a mesma participou de um único treinamento de duas horas, feito por técnicos da fábrica. Nesta obra, a equipe trabalhou de segunda a sexta feira, pelas manhãs, das 7h às 11h30 e à tarde das 13h30 às 18h, totalizando 09 horas diárias e 45 horas semanais. Cada pedreiro recebeu R$20,00/hora e o servente R$7,50/hora, totalizando R$ 47,50/hora.

Como ferramentas utilizadas foram: Betoneira, balde de pedreiro, carrinho de mão, funil para grauteamento, colher de pedreiro, régua de assentamento de madeira, nível, prumo, linha, régua de alumínio, martelo de borracha.

Para o levantamento das paredes (Figura 37) e assentamento das canaletas de respaldo, com o grauteamento das colunas e vergas/contravergas, foram usadas 160 horas (aproximadamente 18 dias), totalizando R$7.600,00. Isso sem a execução da escada e colocação da laje.

Constatou-se então, um rendimento médio de 1,74m² de parede/hora a um custo de R$ 27,27/m² (mão de obra), ou seja, 15,66m² de parede por dia, com grauteamento.

Considerando que no grauteamento das colunas (Figura 38), vergas e contravergas (328,00 metros lineares) foram consumidos 2,76m³ de concreto e que para o custo de mão de obra deste grauteamento considerou-se R$5,00 por metro linear de graute, tem-se, para o custo da mão de obra do grauteamento, R$1.640,00, restando R$5.960,00 para o assentamento de blocos, ou seja, R$21,39/m².

Ressalta-se que o valor de R$5,00/m de graute, para a mão de obra, foi baseado em valores utilizados em algumas obras visitadas, não tendo sido encontrada nenhuma referência bibliográfica com este apontamento.

Foram consumidos 206 sacos de 25Kg de argamassa estrutural, correspondendo a 1,35m² de parede por saco, o que está de acordo com as indicações das fábricas de argamassas (Andrelit argamassas e revestimentos, Argafaz argamassas e rejuntes e outras). Tem-se que

levar em conta que neste pavimento está sendo executado o argamassamento total, por ser o primeiro de 4 pavimentos.

Figura 37: Levantamento das paredes

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 38: Grauteamento

Fonte: Autoria própria (2014)

5.2.2 Obra 02, com mão de obra despreparada

Esta situação se observou na grande maioria das obras de pequeno porte, onde houve a procura de mão de obra de menos custo.

Trata-se de uma obra localizada na rua Erechim, esquina com rua Amapá, no Bairro Planalto, com 59,19m², financiada pelo plano Minha Casa Minha Vida, com 122,24m² de paredes, 26,20m lineares de vergas e contravergas (0,10x0,17), 26 colunas 0,08x0,08/2,80m

(72,80m) e 50,85m lineares de cintas de respaldo (0,10x0,17). Somente foi considerado o grauteamento das colunas, vergas e contravergas.

A equipe de trabalho foi constituída por 02 pedreiros (pai e filho), sem servente, sendo que é a segunda obra realizada por esta equipe no sistema de alvenaria armada. A equipe trabalhou de segunda a sexta feira, pelas manhãs, das 7h30 às 12h e à tarde das 13h30 às 18h, totalizando 09 horas diárias e 45 horas semanais. O contrato foi feito no regime de empreitada, a R$400,00/m² de área construída, impossibilitando um cálculo exato em relação ao valor atribuído especificamente para a mão de obra das alvenarias. Essa forma de contratação ocorreu também na maioria das demais obras visitadas.

Foram utilizadas: Betoneira, balde de pedreiro, carrinho de mão, colher de pedreiro, nível, prumo, linha, régua de madeira.

Para o levantamento das paredes e assentamento das canaletas de respaldo, com o grauteamento das colunas e vergas/contravergas, foram necessários 17 dias trabalhados (153horas), com um rendimento médio de 1,25m² de parede/hora, ou seja, 11,25m² de parede por dia, com grauteamento.

Foram consumidos 115 sacos de 25Kg de argamassa estrutural, correspondendo a 1,063m² de parede por saco, tendo sido executado também o argamassamento total. Um resultado bem abaixo do recomendado, representando um aumento de consumo de argamassa de 27,13%, em relação a obra 01.

Tal fato está relacionado à utilização somente da colher de pedreiro, tanto para as juntas transversais como para as longitudinais, ocasionando muita perda de argamassa nos vazados dos blocos, assim como externamente, onde é perfeitamente visível no aspecto da parede. Também observamos o excesso de argamassa nas juntas verticais (Figura 39), onde houve o argamassamento total e com espessura bem acima do recomendado. Esta falha executiva ocasionou ainda um atraso significativo no cronograma da obra, causando transtornos ao proprietário, perante a Caixa Econômica Federal, além de ocasionar gastos desnecessários em etapas futuras da obra, como no revestimento das paredes.

Figura 39: Excesso de argamassa

Fonte: Autoria própria (2014)

5.2.3 Prédio executado com mão de obra não treinada, porém qualificada

Neste caso, foi apresentado ao proprietário, pelo engenheiro responsável técnico da obra, o orçamento estimativo de materiais e respectivos custos, em planilha excel. Não foi feito projeto de modulação, mas houve a utilização de uma equipe com mão de obra qualificada, trabalhando em sintonia com as equipes responsáveis pelas instalações elétricas e hidrossanitárias, sempre sob a orientação do engenheiro responsável. Após a conclusão de 95% do prédio, e um rígido controle do proprietário, a expectativa de custos se confirmou, chegando a aproximadamente 500 mil reais. O prédio possui 612,61m², gerando um custo de aproximadamente 816,00/m², que é altamente satisfatório e muito abaixo do custo normalmente gerado por uma construção estruturada em pilotis, com alvenaria de vedação quando comparado com o CUB RS para o mesmo padrão PP4N,que é de R$1361.82 (Fig 40).

Figura 40: Construção com mão de obra qualificada

Fonte: Autoria própria (2014)

5.3 Falhas observadas nas obras visitadas

- Desorganização do canteiro de obras, com armazenamento da matéria prima em locais inadequados e afastados.
- Falta de equipamento de transporte adequado, com utilização geralmente do carrinho de mão em condições precárias.
- Falta de andaimes mais confortáveis e bem apoiados, dificultando a colocação dos blocos sobre os mesmos e a movimentação do construtor.
- Desnível da base e assentamento da primeira fiada sem nivelá-la, ocasionando desaprumo nas laterais das portas e janelas, assim como desnivelamento nas vergas e contravergas.
- Falta de limpeza da base, dificultando a aderência da argamassa.
- Não concretagem do contrapiso, dificultando o deslocamento e a colocação do material necessário para o levante.
- Marcação somente dos cantos externos, com início do assentamento nestes, chegando de forma errada nas amarrações de paredes de meio, impedindo a utilização dos blocos 14x19x44 e o grauteamento destas amarrações em função do desaprumo dos furos.
- Não padronização dos afastamentos verticais entre os blocos, ocasionando o desaprumo dos furos e paredes dos blocos, sobrecarregando as paredes laterais dos mesmos e comprometendo a capacidade da parede de suportar cargas.
- Falta de aferição do nível, prumo e alinhamento das paredes.
- Uso indiscriminado de peças compensadoras (bolachas), inclusive muitas vezes uma ao lado de outra, mas em diversos pontos numa mesma parede, sem observar o uso das mesmas no mesmo prumo, também causando o desaprumo dos furos.
- Uso indiscriminado de blocos 14x19x44 e meio bloco (14x19x14) em pontos diversos de uma mesma parede, causando o desaprumo vertical, dificultando o grauteamento e a passagem de eletrodutos.
- Variação das espessuras de argamassa entre fiadas horizontais e verticais, muito além do permitido pelas normas técnicas (1cm + ou -3mm).

- Desaprumo e desalinhamento muito além do permitido pelas normas técnicas (+ ou - 5mm a cada 3m e + ou -10mm a cada 6m, + ou – 13mm no máximo), conforme NBR15812-2:2010).
- Utilização de colher de pedreiro ao invés de régua ou calha para assentamento, ocasionando uso excessivo de argamassa, com excessos para dentro dos furos, dificultando o grauteamento e a passagem dos eletrodutos.
- Utilização de ferramentas em estado precário e inadequadas: caixas de massa, carrinhos de mão e baldes deformados, níveis e réguas muito pequenas, escadas de madeira feitas na obra.
- Assentamento sem molhar (umedecer) os blocos.
- Falta de abertura de janelas para a limpeza e lavagem dos furos para o grauteamento, impedindo observar o preenchimento total dos furos.
- Falta de limpeza dos furos para o grauteamento e utilização de brita 1 ao invés de brita zero ou pedrisco lavado, ainda com o lançamento do concreto de alturas muito elevadas, causando a segregação do mesmo.
- Grauteamento sem molhar os furos dos blocos e sem compactação do concreto.
- Esquecimento da colocação dos eletrodutos antes do grauteamento das canaletas, forçando a abertura de canaletas externas nos blocos, fragilizando os mesmos e dificultando o fechamento dos mesmos.
- Colocação de instalação hidráulica interna ao bloco, dificultando futura manutenção.
- Abertura de canaletas horizontais nos blocos para a colocação de tubulação hidráulica e eletrodutos, fragilizando a parede.
- Utilização de argamassa feita no canteiro de obras, sem controle de qualidade e teste de resistência.
- Colocação de ferragem em pontos equivocados e falta de colocação em pontos necessários.
- Falta de equipamento de segurança: luvas, botas, capacetes, cinto de segurança, andaimes e proteções, entre outros.

5.3.1 Principais causas das falhas observadas

- Falta de treinamento de mão de obra para execução de alvenaria armada, assim como para executar os princípios básicos inerentes a qualquer obra, como: uso de

equipamento de segurança, limpeza e organização do seu próprio ambiente de trabalho.

- Falta de planejamento do canteiro de obras quanto ao armazenamento da matéria prima, distâncias a serem percorridas e formas de transporte dos materiais.
- Falta da presença permanente na obra, de alguém treinado, supervisionando todas as etapas do serviço, inclusive o uso de ferramentas e equipamentos de segurança.
- Falta de sintonia entre os profissionais responsáveis pela execução do levantamento e das instalações elétricas/telefônicas e hidrossanitárias.
- Falta de projetos de modulação e de locação da ferragem.
- Uso de ferramentas inadequadas e em péssimo estado de conservação.

5.3.2 Soluções

Em relação ao uso da alvenaria armada, conclui-se que ela é, conforme justificado neste trabalho, uma forma simples, rápida e econômica de construção, economizando trabalho com fôrmas e ferragens e comportando tubulações elétricas em seus vazios. Tem sido bastante utilizada, no entanto, com excessivas falhas de execução, que impedem que sejam alcançadas as metas inicialmente pretendidas, possíveis de se alcançar com o uso correto da técnica.

Para que sejam alcançados resultados melhores com a aplicação da alvenaria armada, aponta-se como primordiais as seguintes soluções:

- Difundir as técnicas de execução de alvenaria armada através de palestras e cursos para engenheiros civis e elétricos, arquitetos e técnicos em edificações, de forma a possibilitar que se produzam projetos específicos e integrados;
- Difundir as normas técnicas sobre o assunto;
- Realizar o treinamento prático do pessoal (mestres de obras, pedreiros e serventes), orientando sobre a utilização correta das ferramentas e a forma de assentamento, com orientações sobre o que determinam as normas técnicas.

5.4 Análise do revestimento

Nas diversas obras que foram acompanhadas, em estágios mais avançados, com revestimentos já feitos há algum tempo, observou-se várias patologias causadas pelos erros cometidos nas diversas fases de execução do revestimento, comprometendo o seu bom

funcionamento no que se refere a aspectos estéticos, bem como em relação às funções de proteção e isolamento.

A ilustração seguinte (Figura 41) apresenta a aplicação correta do salpique na obra.

Figura 41: Salpique executado de forma correta

Fonte: Autoria própria (2014)

Na Figura 42, vê-se a execução do reboco (massa fina) com rendimento de 8 m² por saco de 20 kg. Ainda com acréscimo de 1,5kg da cal/saco.

Figura 42: Execução do reboco

Fonte: Autoria própria (2014)

Na imagem Figura 43 vê-se o salpique muito espesso, a falta de contrapiso e o ambiente impróprio, com mestras já curadas e utilização do carrinho de mão como caixa de massa.

Figura 43: Salpique

Fonte: Autoria própria (2014)

Na ilustração da Figura 44, o reboco pronto da metade para cima, possibilitando trabalho de retração e dilatação diferenciadas, das duas partes, além da aplicação de argamassa sobre salpique não curado.

Figura 44: Reboco

Fonte: Autoria própria (2014)

Na ilustração seguinte, o emboço paulista executado sem salpique (Figura 45).

Figura 45: Emboço paulista

Fonte: Autoria própria (2014)

Por fim, o reboco com bolhas e apresentando descolamento. (Figura 46).

Figura 46: Bolhas e descolamento do reboco

Fonte: Autoria própria (2014)

5.4.1 Principais patologias observadas em revestimentos acabados

- Formação de bolhas causadas pelo descolamento do reboco (massa fina) do emboço.
- Microfissuras (mapeamento) generalizadas no reboco (massa fina).

- Fissuras generalizadas e de proporções maiores em revestimentos acabados numa única massa (emboço paulista), também com descolamento da base.
- Esfarelamento da argamassa.

As principais causas para as patologias observadas são:

- Falta de umidade na base (parede), proporcionando a sucção excessiva de água necessária à hidratação e reação química dos aglomerantes do revestimento.
- Execução do emboço sem salpique, dificultando a aderência.
- Salpique realizado com areia muito fina produzindo uma camada muito lisa.
- Execução do emboço sem a cura do salpique, causando a seu desprendimento quando da aplicação do emboço.
- Camadas de salpique e revestimento muito espessas, criando tensões elevadas entre a base e o revestimento, comprometendo a aderência e causando descolamento.
- Utilização de cimento em excesso, causando a retração do revestimento.
- Excesso de cal no reboco (massa fina), podendo aumentar consideravelmente a sua expansão e causar a sua desagregação do emboço, que geralmente com excesso de cimento, são muito mais rígidas. Observamos em algumas obras a adição de cal à argamassa pronta.
- Aplicação ou alisamento da argamassa após o início de pega do cimento (acima de duas horas), formando uma camada superficial menos resistente e esfarelenta.
- Aplicação de pintura sem o devido tempo (30 dias) para a cura da argamassa, não dando tempo para a devida carbonatação da cal, causando o descascamento da tinta e o esfarelamento da argamassa.
- Utilização de areias muito finas e sujas (areia vermelha), exigindo maior quantidades de água na argamassa, ocasionando retração de secagem.
- Falta de molhar o revestimento para a cura da argamassa, causando o enfraquecimento da mesma.
- Execução do desempeno muito cedo, ocasionando o desprendimento da argamassa da base e fissuras visíveis após a cura.
- Sarrafeamento inadequado e aplicação do emboço após a cura das “mestras”, causando trabalhos de dilatação nas junções, assim como causando imperfeições no desempeno.

Todas as causas estão principalmente relacionadas a falhas de execução, apontando para a necessidade de utilização de mão de obra mais qualificada e treinamento do pessoal atualmente disponível. Esta desqualificação também projeta a necessidade de se lançar no mercado produtos e ferramentas de uso mais simples e eficientes, diminuindo as possibilidades de erros e possibilitando economia de tempo e materiais, assim como evitando gastos para correção das patologias. A utilização de argamassas prontas e de argamassas de nivelamento é uma alternativa sugerida, por ser de aplicação simples e reduzir a necessidade de hidratação.

Descreve-se a seguir a execução deste tipo de revestimento, com utilização da argamassa "Andrelit", sendo que, foi solicitada uma visita técnica da fábrica de argamassas, para o treinamento da equipe aplicadora local. O curso se estendeu durante dois dias e, então, se iniciou a aplicação.

5.5 Análise prática 1

A prática aconteceu em uma residência localizada no município de Panambi – RS, com 275,68m² em seu total, tendo 436,52m² de parede interna. Observou-se que, em relação ao preparo e aplicação, a base para aplicação da massa niveladora tem que estar plana, seca e limpa. Em seguida, foi iniciado o trabalho, seguindo alguns passos:

1. Em um recipiente limpo, adiciona-se 3 a 4 litros de água para cada saco de massa niveladora;
2. Para mistura é necessária a utilização de uma furadeira com a barra misturadora, até se obter uma massa homogênea e sem pelotas secas;
3. Aplicação se inicia com um rolo de textura ou desempenadeira;
4. Em seguida é retirado o excesso com a desempenadeira de aço inox ou PVC, em sentido horizontal e vertical;
5. Após um período de secagem é passada a desempenadeira de espuma em movimentos leves e circulares;
6. A massa niveladora de acabamento se aplica da mesma forma que as demais, observando que a superfície deve estar plana e com textura lisa.

Como primeira demão, aplicam-se *in loco* a argamassa de consistência mista com objetivo de regularizar e reduzir o número de vazios existentes na face do emboço. Em seguida, aplicam-se argamassa média e como acabamento a argamassa final.

A Tabela 5 apresenta o consumo de argamassa na referida obra.

Tabela 5: Consumo de argamassa

TIPO DE ARGAMASSA	PESO/SACO-BALDE	QUANTIDADE CONSUMIDA
Argamassa Grossa	25kg	01
Argamassa Mista	25kg	25
Argamassa Média	25kg	30
Argamassa Final	30kg	05

Fonte: Autoria própria (2014)

Como comparativo de rendimento estimado x real, pode-se citar:

- Argamassa niveladora final:

  Foram aplicadas 02 demãos para obter o acabamento desejado.

  Consumo estimado: 150-500g/m² demão (dados da fábrica).

  Consumo atingido: 171,81g/m² demão (utilizando 05 baldes).

- Argamassa niveladora mista:

  Consumo estimado: 0,800-1,500kg/m² na primeira demão.

  0,400-0,800kg/m² da segunda demão.

  Consumo atingido: 0,973kg/m² na primeira demão (utilizando 17 sacos).

  0,458kg/m² na segunda demão (utilizando 08 sacos).

- Argamassa niveladora média:

  Consumo estimado: 0,600-1,100kg/m² na primeira demão.

  0,400-0,800kg/m² da segunda demão.

  Consumo atingido: 1,030kg/m² na primeira demão (utilizando 18 sacos).

  0,687kg/m² na segunda demão (utilizando 12 sacos).

- Argamassa niveladora grossa:

  Consumo estimado: 0,800-1,400kg/m².

  Foi utilizada nos pontos mais críticos do reboco, tornando-se difícil o controle da metragem aplicada.

5.6 Análise prática 02

A análise prática da aplicação de argamassa niveladora em alvenaria estrutural sem o treinamento da equipe aplicadora ocorreu em uma residência localizada também em Panambi-RS, com 203,56m² de parede interna. Aplicamos o mesmo tipo de argamassa anteriormente descrita, porém, sem o treinamento da mão de obra pela equipe técnica da fábrica.

Tabela 6: Consumo de argamassa na obra

TIPO DE ARGAMASSA	PESO/SACO-BALDE	QUANTIDADE CONSUMIDA
Argamassa Mista	25kg	18
Argamassa Média	25kg	22

Fonte: Autoria própria (2014)

- Argamassa niveladora mista:

  Consumo estimado: 0,800-1,500kg/m² na primeira demão.

  0,400-0,800kg/m² da segunda demão.

  Consumo atingido: 1.596kg/m² na primeira demão (utilizando 13 sacos).

  0,614kg/m² na segunda demão (utilizando 05 sacos).

- Argamassa niveladora média:

  Consumo estimado: 0,600-1,100kg/m² na primeira demão.

  0,400-0,800kg/m² da segunda demão.

  Consumo atingido: 1,842kg/m² na primeira demão (utilizando 15 sacos).

  0,859kg/m² na segunda demão (utilizando 07 sacos).

O trabalho foi interrompido antes da aplicação da argamassa niveladora final, devido ao péssimo acabamento obtido, elevado tempo de aplicação e alto consumo de material.

5.6.2 Pesquisa com clientes

Foi realizada uma breve pesquisa (TABELA 7) com os proprietários das obras 01 e 02, com objetivo de comparar a satisfação dos clientes com o serviço realizado e material aplicado. Para responder às perguntas, disponibilizam-se 04 opções, sendo péssimo, ruim, bom e ótimo.

Tabela 7: Pesquisa com clientes

PERGUNTAS	CLIENTE 01	CLIENTE 02
Quanto ao desperdício de materiais na aplicação?	BOM	PÉSSIMO
Quanto ao tempo de aplicação e praticidade?	ÓTIMO	RUIM
Quanto ao acabamento final obtido, foi o esperado?	ÓTIMO	PÉSSIMO
Em relação ao custo benefício?	BOM	BOM

Fonte: Autoria própria (2014)

Quando bem aplicado, o produto mostrou-se eficiente e viável, no entanto, mais uma vez percebemos a importância do treinamento da mão de obra no processo.

6 CONCLUSÕES

Basicamente, buscou-se neste trabalho observar, através de visitas a canteiros de obras, as formas de assentamento aplicadas na elevação de alvenaria armada, assim como de revestimento desta alvenaria. Foram observados também alguns fatores, a princípio, considerados secundários para este trabalho, como: organização dos canteiros de obras, limpeza, armazenamento e transporte de materiais, utilização de equipamento de segurança, comando de obra e regime de trabalho. Na análise principal, detecta-se a total ausência de projetos de modulação além da falta de orientação técnica aos executores dos serviços. Como consequência, ainda com a utilização de ferramentas totalmente inadequadas, observou-se na elevação de paredes, um número gritante de erros, como desalinhamento de fiadas, desaprumo, uso excessivo de argamassa, utilização errada de blocos, além de outros.

Estes fatores, aliados aos secundários anteriormente citados, impedem que se alcance resultados mais satisfatórios, tanto econômicos, quanto de qualidade, mesmo com a aplicação de um sistema construtivo de eficiência já amplamente comprovada. Quanto ao revestimento das alvenarias, igualmente carente de mão de obra mais qualificada e treinada, pois grande parte dos vícios construtivos observados poderiam ser facilmente evitados, se fossem aplicadas as técnicas corretas. A argamassa niveladora mostrou-se eficaz, dependendo, no entanto, também de treinamento técnico para sua aplicação.

Observou-se que em pelo menos 90% das obras visitadas, no município de Panambi, as equipes de obra eram compostas de no máximo 4 pessoas, autônomas, sem vínculo empregatício, com uma delas comandando a equipe, a maioria na informalidade. Não possuem alvará de licença da Prefeitura Municipal, não possuem carteira de trabalho, seguro e não recolhem INSS.

O fato de não haver vínculo com alguma empresa ou construtora, desobriga este “empreiteiro” a fazer qualquer tipo de curso ou treinamento de aperfeiçoamento, pois está trabalhando para um proprietário leigo que perceberá o quanto perdeu em sua obra, quando a mesma já estiver pronta, geralmente com muitos vícios construtivos, e, nestes casos, sem o respaldo do construtor, que não estará mais presente.

Esse fato causa ao responsável técnico desta obra sérios problemas, pois é ele que acaba respondendo pelas consequências, mesmo não tendo sido responsável pela contratação do pessoal. Percebe-se que essa situação acontece principalmente por não existirem, no município, construtoras de porte, com capacidade para absorver esta mão de obra e qualificá-

la, assim como por não haver fiscalização e cobrança através dos órgãos federais, estaduais e municipais, responsáveis pela aplicação das leis no setor.

Acredita-se ser esta uma situação comum em cidades de pequeno porte, no interior do Estado. Por outro lado, constata-se que novos produtos e tecnologias existem, mas a grande dificuldade está na falta de mecanismos capazes de lançar ao mercado mão de obra qualificada e preparada para utilização dos mesmos.

7 REFERÊNCIAS

ABCP. Manual de Revestimentos de Argamassa. Comunidade da Construção. Disponível em: <http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/upload/ativos/279/ anexo/ativosmanu.pdf>. Acesso em: 19 nov.2014.

ANDRELIT. Argamassa niveladora. Disponível em: http://www.andrelit.com.br/ produtos/categ/id/1/nome/NIVELADORA

ARGAFAZ. Argamassas de Assentamento e Reboco. Disponível em: http://www.argafaz.com.br/produtos.php?linha=ASSENTAMENTO_E_REBOCO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13529:** Revestimentos de paredes e tetos de argamassa orgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos _ Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação _Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005. 27 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural – Blocos de cerâmica – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2010. 41p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15812-2**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2010. 28 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural–Blocos de concreto–Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.42p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005. 7p.

BARROS,C. Introdução aos Materiais de Construção e Normalização .Disponível em: https://edificaacoes.files.wordpress.com/2010/04/apo-rev-evolucao-dos-materiais.pdf>.Acesso em:15 nov.2014.

BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA MARIO OSORIO MARQUES (org.). **Trabalhos acadêmicos**: apresentação, referências e citações. 2. ed. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2014. (Cadernos UNIJUÍ; Série Educação, 85).

BOULT, B.F. Concrete masonry prism testing. **Journal of the American Concrete Institute**. v.76, n.4, p.53-535, apr. 1979.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** Ilha Solteira: Unesp/NEPAE, 2006. 48 p. Disponível em: <http://www.nepae.feis.unesp.br/ Apostilas/Projeto%20de%20edificios%20de%20alvenaria%20estrutural.pdf>. Acesso em: 20 jul.2014.

CAVALHEIRO, O. P. **Cálculo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos**. Santa Maria: UFSM, 2006. Não paginado.

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

KERSTING, Juliano. **Fotos e tabelas.** 2014.

LA ROVERE. **Alvenaria Estrutural**. Notas de aula, curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

MACHADO, F.A.M. **Análise crítica do uso de um sistema racionalizado:** o caso da alvenaria estrutural em blocos de concreto em edifícios habitacionais. 2001. 173p. Dissertação (Mestrado em Habitação), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2001.

MAMEDE. F.C. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. 2001. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. 186p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MATA, R.C. **Influência do padrão de argamassamento na resistência à compressão de prismas e mini-paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto.** 2006. 157p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. 1993. 449p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MOHAMAD, G **Mecanismo de ruptura da alvenaria de blocos à compressão**. 2007. 290p. Tese (Doutorado), Universidade do Minho, Portugal, 2007.

MOHAMAD, G. **Comportamento mecânico na ruptura de prismas de blocos de concreto.** 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 1998.

MOHAMAD, G. **Comportamento mecânico na ruptura de prismas de blocos de concreto**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 1998.

MOHAMAD, G. **Mecanismo de ruptura da alvenaria de blocos à compressão**. 2007. 290p. Tese (Doutorado), Universidade do Minho, Portugal, 2007.

MORAES, J.C.T.B. **Quinhentos anos de engenharia no Brasil.** São Paulo, 2005

MULLER, Arnaldo. **Engenharia de construção do exército brasileiro**. 3ª Reunião Técnica. Cascavel/PR, 27 a 29 jul. 1994. p.1. Disponível em: <http://w.engwhere.com.br/revista/casa_e_construcao.htm> Acesso em: 13 set. 2014.

PASQUALI, I. **Influência do tipo de argamassamento na resistência à compressão de pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmica**. Santa Maria, 2007. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

PAULUZZI. Blocos Cerâmicos. Disponível em: (http://www.pauluzzi.com.br/)

PENTEADO, A. F. **Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural.** 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

RAMALHO, M. A.; CORREA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

RAMALHO, M.A. **Dimensionamento de elementos de alvenaria estrutural**. 2009. Apresentação em slides, curso de pós-graduação, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Revista Construção Mercado (março 2003). Disponível em: http://www.construcaomercado.pini.com.br/

SABBATINI, F.H. **BS 5628**: Part 1: Code of practice for Structural use of masonry. Unreinforced masonry. London, Inglaterra, 1992.

SABBATINI, F.H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico calcária.** 1984. 298p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SABBATINI, F.H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1986.

SABBATINI, F.H. et. al. **Argamassas**. Apostilha do Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

SABBATINI, F.H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico calcária**. 1984. 298p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SANTOS, L. A. **Diretrizes para elaboração de planos de qualidade em empreendimentos da construção civil.** 2003. 317 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SOLÓRZANO, M.G.P. **Características e desempenho de juntas de argamassa na alvenaria estrutural de blocos de concreto.** 1994. 203p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo 1994.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da engenharia no Brasil**. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1984. Disponível em: <www.brasilescola.com/historiag/pre-historia.htm>. Acesso em: 25 de set. 2014.

USUDA, F. **Alvenaria estrutural.** Técnicas Construtivas Especiais, Faculdade de Engenharia de Sorocaba, São Paulo. 2004.