

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Akane Cristiane Wada

**PAREDES CEGAS E COM VÃOS:
COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE NA
EXECUÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

Porto Alegre
dezembro 2010

AKANE CRISTIANE WADA

**PAREDES CEGAS E COM VÃOS:
COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE NA
EXECUÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Luis Carlos Bonin

Porto Alegre
dezembro 2010

AKANE CRISTIANE WADA

**PAREDES CEGAS E COM VÃOS:
COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE NA
EXECUÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2010

Prof. Luis Carlos Bonin
Mestre em Engenharia pelo PPGEC/UFRGS
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

José Alberto Azambuja
Master of Engineering pela Concordia University

Francieli Tiecher Bonsembiante
Doutora em Engenharia pelo PPGEC/UFRGS

Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)
Mestre em Engenharia pelo PPGEC/UFRGS

Dedico este trabalho a minha avó Yuriko, que com todo o carinho e dedicação ajudou na criação de suas netas, zelando por sua educação, conforto e segurança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Prof. Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho, pela sugestão do tema sobre o qual se desenvolveu esta pesquisa e por todos os comentários e considerações feitos durante a realização da mesma.

À Profa. Carin Maria Schmitt, agradeço pela dedicação empregada a todos os seus alunos e pelo acompanhamento minucioso de todas as etapas de realização deste trabalho, incluindo todas as correções feitas sobre o texto apresentado.

Agradeço a toda equipe da obra na qual se realizou a coleta de dados para a realização desta pesquisa, em especial aos Engenheiros Rodrigo Aguzzoli, Leonardo Conti e Rodrigo Leite, pela confiança depositada e pela oportunidade de aprendizagem concedida. Ao Mestre Valmiro Osório, agradeço também por todo o conhecimento e experiência compartilhados durante o período de estágio na empresa. Agradeço também a todas as equipes de empreiteiros e operários envolvidos na execução da obra, sem os quais não seria possível a concretização deste trabalho.

Agradeço a toda minha família, sempre presente e fundamental em todos os momentos. Meus pais, Keiko e Yoshiji, que dedicaram todo o amor e esforço à educação de suas filhas, oferecendo amparo em todas as etapas e decisões da vida. Minhas irmãs, Yayoi e Sayuri, que, mesmo quando fisicamente distantes, sempre estiveram próximas. Minha tia Lília e família, sempre assíduos e dispostos a ajudar em tudo.

Agradeço aos amigos conquistados nesta longa jornada acadêmica, especialmente aos colegas que durante toda a graduação serviram como apoio e incentivo e que serão sempre amigos queridos: Carlos Emmanuel, Débora, Fábio, João e Cândida.

Agradeço, enfim, a todos os professores da Escola de Engenharia e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul por todos os ensinamentos transmitidos e pelo conhecimento adquirido durante os anos dedicados à realização do curso de Engenharia Civil.

RESUMO

WADA, A. C. **Paredes cegas e com vãos:** comparativo de produtividade na execução de alvenaria estrutural. 2010. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A produtividade da mão de obra na execução de um componente de uma edificação pode ser afetada por diversos fatores. O conhecimento destes fatores que provocam diferenças na produtividade de um serviço é importante para que se possa melhor planejar e controlar a obra como um todo. Acredita-se que um fator concernente à produtividade seja a continuidade e repetitividade das operações envolvidas na produção. No caso de sistemas em alvenaria estrutural, supõe-se ser vantajoso o conhecimento dos elementos que podem interferir na produtividade do seu principal componente: a parede, que suporta as cargas da estrutura. Este trabalho faz uma comparação entre a produtividade obtida na execução de paredes em alvenaria estrutural em duas situações distintas: paredes cegas e paredes com vãos de janelas. Procurou-se, desta forma, esclarecer o efeito de uma descontinuidade no componente sobre a produtividade na execução do mesmo. Esta comparação deu-se através de levantamento de dados e medição em obra, utilizando métodos e instrumentos indicados na literatura para este fim. Desta forma, fazendo uso de ferramentas de análise de produção, procurou-se chegar a um melhor entendimento do serviço medido.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; paredes; vãos; produtividade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: fluxograma das etapas de pesquisa	16
Figura 2: tipos de blocos estruturais de concreto	19
Figura 3: ferramentas e equipamentos para execução de alvenaria estrutural	23
Figura 4: principais passos da etapa de marcação	24
Figura 5: bloco com janela de inspeção e espera para armação	24
Figura 6: posicionamento das instalações elétricas	24
Figura 7: execução da contraverga com blocos tipo canaleta armados	25
Figura 8: utilização de régua técnica para verificações de prumo, nível e planicidade durante a execução	27
Figura 9: janelas de inspeção deixadas ao pé da parede para limpeza dos pontos a serem grauteados	27
Figura 10: excesso de argamassa a ser removido antes do grauteamento	28
Figura 11: lançamento de graute	28
Figura 12: relação entre fluxo de materiais e fluxo de trabalho	30
Figura 13: planta baixa do pavimento tipo	39
Figura 14: paginação da parede com janelas (PJ)	46
Figura 15: paginação da parede cega 1 (PC1)	46
Figura 16: paginação da parede cega 2 (PC2)	47
Figura 17: paredes selecionadas para observação	47
Figura 18: execução da parede cega	52
Figura 19: execução da parede com janelas	53
Figura 20: conformação das esperas para paredes adjacentes em escadinha	56
Figura 21: posições das paredes observadas	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: simbologia utilizada para a elaboração de diagramas de processo e mapofluxograma	31
Quadro 2: exemplo de folha para registro do processo	32
Quadro 3: diagrama dos subprocessos de marcação e assentamento da primeira fiada ...	43
Quadro 4: diagrama do subprocesso de elevação de alvenaria	43
Quadro 5: diagrama do subprocesso de armação e grauteamento	44
Quadro 6: registro de operações para execução de parede cega	50
Quadro 7: registro de operações para execução de parede com janelas	51
Quadro 8: folha de observações para processo de execução da parede cega	59
Quadro 9: registro de tempos para serviço de armação e grauteamento	64
Quadro 10: tempos para execução da parede cega	65
Quadro 11: tempos para execução da parede com janelas	67
Quadro 12: cálculo da produtividade para os dois casos em estudo	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MÉTODO DE PESQUISA	13
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	13
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	13
2.2.1 Objetivo principal	13
2.2.2 Objetivos secundários	14
2.3 PREMISSE	14
2.4 DELIMITAÇÕES	14
2.5 LIMITAÇÕES	14
2.6 DELINEAMENTO	15
3 ALVENARIA ESTRUTURAL	17
3.1 ELEMENTOS E COMPONENTES DO SISTEMA	18
3.1.1 Unidade	18
3.1.2 Argamassa de assentamento	20
3.1.3 Graute	20
3.1.4 Armaduras	21
3.1.5 Paredes	21
3.1.6 Vergas e contravergas	22
3.2 EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	22
4 PRODUTIVIDADE E SISTEMA PRODUTIVO	29
4.1 PROCESSO X OPERAÇÃO	29
4.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE DA PRODUÇÃO	30
4.3 MEDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE	32
4.3.1 Estudo de tempos ou medida do trabalho	34
4.3.2 Amostragem do trabalho	35
4.3.3 Cartão de produção	36
5 A OBRA ESTUDADA	38
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	38
5.2 ESTÁGIO DA OBRA NA ÉPOCA DA MEDIÇÃO	39
5.3 ESPECIFICIDADES DA PRODUÇÃO	40
6 COLETA DE DADOS	45
6.1 DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES A SEREM OBSERVADOS	45
6.2 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE COLETA	48

6.3 DETALHAMENTO DOS PROCESSOS	48
6.4 MEDIÇÃO DE TEMPOS	54
6.4.1 Considerações preliminares	54
6.4.2 Folha de observações	57
6.4.3 Cronometragem das operações	60
7 ANÁLISE DOS DADOS	62
8 RESULTADOS	68
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo modular que permite a racionalização da produção da edificação e, portanto, possibilita um maior controle de sua execução. Hoje, é uma solução cada vez mais utilizada na construção civil brasileira, principalmente, mas não somente, em obras de edificações residenciais de médio e baixo padrão, onde a questão da produtividade adquire extrema importância, pois tem influência direta em custo e prazo de execução.

O processo de construção de uma parede em alvenaria estrutural é composto de diferentes etapas, que podem variar de acordo com as características da parede. A compreensão dessas diversas tarefas necessárias para a execução de um componente é importante para que se possa prever e planejar a obra como um todo.

O presente trabalho trata especificamente da execução de alvenaria estrutural armada em blocos de concreto, fazendo uma comparação entre a produtividade da mão de obra na execução de uma parede contínua e outra interrompida por vãos. Deseja-se, com o estudo, averiguar a ideia de que a descontinuidade eleva o tempo de execução do componente, ou seja, para duas paredes de mesma área, apresentaria maior rendimento a execução da parede cega. Esta noção vem do fato de que a execução de uma parede sem descontinuidades gera uma repetitividade maior de ações, enquanto a existência do vão introduz um número maior de operações no processo construtivo. Essas etapas adicionais envolvem a execução de vergas e contravergas, compreendendo, no caso de alvenaria estrutural, armação e grauteamento de blocos canaleta, além da necessidade de um maior número de pontos grauteados.

Para a realização da comparação foram utilizados dados coletados em obra de empreendimento residencial localizado em Porto Alegre. O empreendimento em questão é constituído de quatro torres em alvenaria de blocos de concreto. Com os dados coletados em campo, foi possível concretizar a medição da produtividade na execução da alvenaria nas duas situações propostas, permitindo realizar a comparação entre elas.

Após este primeiro capítulo de introdução, no segundo capítulo é apresentado o método de pesquisa utilizado no desenvolvimento do trabalho, descrevendo as etapas que foram

necessárias para a sua realização. O capítulo expõe também os objetivos do trabalho e suas limitações.

Para garantir o embasamento do estudo, são apresentados nos capítulos 3 e 4 os resultados da pesquisa bibliográfica realizada acerca dos assuntos abordados. O capítulo 3 trata do sistema construtivo considerado, apresentando as características da alvenaria estrutural, descrevendo os elementos e componentes que a constituem e a forma de execução.

O capítulo 4 traz informações sobre processo produtivo, apresentando alguns conceitos e definições importantes para o estudo. Descreve também algumas ferramentas de análise de produção e métodos de medição de produtividade utilizados na aquisição dos dados.

O empreendimento no qual se realizou o levantamento dos dados necessários à pesquisa é descrito no quinto capítulo. São apresentadas também as características da obra na época da medição, descrevendo a etapa em que se encontrava, assim como algumas particularidades da produção.

O sexto capítulo apresenta o desenvolvimento da pesquisa, descrevendo a etapa de coleta de dados e medições realizadas. São expostos, também, os métodos utilizados na medição, as dificuldades enfrentadas na realização do levantamento e os dados coletados em campo.

A partir das informações obtidas em campo, realizou-se o estudo e análise dos dados, descritos no capítulo 7. Expõe-se, nesse capítulo, a forma como se deu a organização dos registros, as considerações feitas na análise dos mesmos e a apresentação dos dados. No capítulo 8 estão expostos os resultados obtidos e o capítulo 9 traz as considerações finais a respeito da pesquisa efetuada.

2. MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo é apresentado o método de pesquisa, expondo a questão que se procurou responder, os objetivos do trabalho, as premissas consideradas, delimitações e limitações. Também será disposto o delineamento geral da pesquisa, apresentando as etapas que foram desenvolvidas para a sua realização.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão que esta pesquisa se propõe a responder é: na execução de paredes em alvenaria estrutural, qual o efeito de uma descontinuidade causada pela existência de um vão do tipo janela na produtividade da mão de obra?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a comparação qualitativa e quantitativa da produtividade da mão de obra na execução de alvenaria estrutural para paredes cegas e com presença de janelas.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários, que foram alcançados no decorrer da pesquisa, podem ser enumerados como:

- a) a descrição das operações e processos necessários para a execução de paredes em alvenaria estrutural com e sem presença de vãos;
- b) a determinação da produtividade na execução de painéis cegos em alvenaria estrutural;
- c) a determinação da produtividade na execução de painéis com janelas em alvenaria estrutural.

2.3 PREMISSA

O estudo partiu da premissa de que a produtividade na execução de um serviço é afetada pelo número de operações distintas necessárias para a sua realização. Assim, processos compostos de ações repetitivas tendem a ter uma produtividade maior.

2.4 DELIMITAÇÕES

Este trabalho foi baseado em dados coletados em uma única obra de edificação residencial, constituída de quatro torres em alvenaria estrutural armada, localizada na cidade de Porto Alegre, RS.

2.5 LIMITAÇÕES

Para realizar a comparação proposta, foram consideradas paredes cegas e com vãos de janelas. As dimensões e conformações das paredes e dos vãos considerados foram definidas pelos componentes encontrados no empreendimento onde se realizou a coleta de dados. O estudo limitou-se, então, a comparar as produtividades na execução de paredes com configurações específicas. Quanto à unidade de alvenaria empregada na estrutura, a obra estava sendo executada em alvenaria de blocos de concreto com espessura de 14 cm.

O período disponível para a coleta dos dados foi muito curto, tendo permitido a realização de um número muito pequeno de observações. Os resultados da pesquisa não podem ser considerados, portanto, estatisticamente relevantes, mas, ao contrário, representam apenas uma comparação circunstancial das situações propostas.

2.6 DELINEAMENTO

O presente trabalho foi desenvolvido em diversas etapas, enumeradas abaixo e a seguir descritas:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição e elaboração dos instrumentos de coleta e medição de dados;
- c) levantamento e medição de produtividade em campo;
- d) estudo e análise comparativa dos dados levantados;
- e) considerações e comentários finais.

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida durante todas as etapas do trabalho e teve como objetivo garantir o embasamento do estudo, tendo fornecido informações importantes para a realização da coleta e análise de dados. Foram consultadas fontes como livros, revistas técnicas, artigos, teses, dissertações e trabalhos científicos, com o intuito de ampliar os conhecimentos sobre o tema estudado.

Após etapa inicial de pesquisa, foram definidos os instrumentos utilizados na realização da coleta de dados para o estudo e a especificação dos objetos a serem observados. Nesta etapa, elaborou-se a forma como seria feito o levantamento em campo, determinando como se daria a medição de produtividade. A pesquisa bibliográfica foi fundamental para a definição dos métodos utilizados para o levantamento. Neste momento também se deu a elaboração das planilhas e fichas utilizadas para facilitar a coleta em campo.

Após a definição dos instrumentos a serem utilizados, procedeu-se à coleta de dados. Nesta fase realizou-se o levantamento diretamente em campo, com observação e registro de

imagens. Utilizando os métodos determinados na etapa anterior, mediu-se a produtividade da mão de obra na execução das paredes em alvenaria estrutural na obra estudada.

Já de posse dos dados coletados em campo, foi feito o estudo quantificando e comparando a produtividade na execução dos painéis cegos e com vãos, permitindo a obtenção da resposta para a questão de pesquisa proposta. A partir da análise realizada, elaborou-se o fechamento da pesquisa, reunindo e organizando os dados coletados para apresentá-los juntamente com os comentários e considerações finais. A figura 1 representa um diagrama relacionando as etapas descritas.

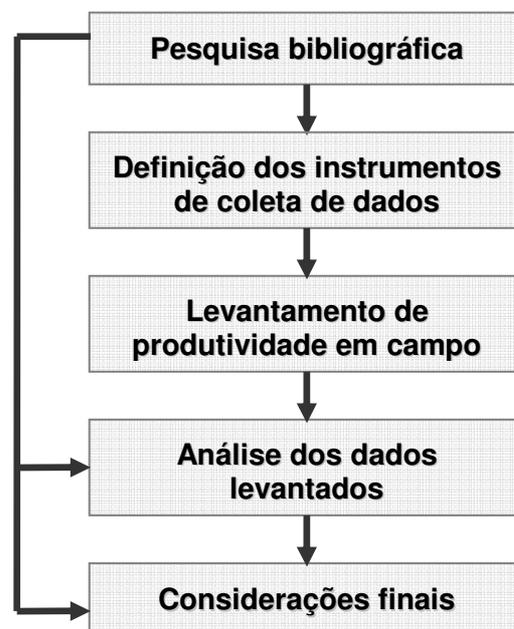


Figura 1: fluxograma das etapas de pesquisa

3 ALVENARIA ESTRUTURAL

Este capítulo tem a intenção de apresentar o sistema construtivo estudado e seus componentes, expondo suas características e peculiaridades. Descreve também a forma de execução do sistema, indicando os procedimentos aconselhados e etapas construtivas.

A alvenaria como sistema estrutural é um dos mais antigos métodos construtivos utilizados pelo homem. Porém, como observa Coêlho (1998, p. 13), novos materiais industrializados têm sido introduzidos ao longo do tempo, substituindo as unidades anteriormente utilizadas, constituídas de blocos de pedras ou tijolos que eram, nos primórdios, simplesmente empilhadas.

Com o desenvolvimento de novos materiais e métodos e a introdução dos blocos de concreto como unidades estruturais, a alvenaria estrutural passou a ser largamente empregada na construção de prédios de vários pavimentos. No Brasil, o cálculo e a execução de alvenaria com blocos vazados estruturais passaram a ser utilizados no final da década de 60 e, apesar do lento desenvolvimento no princípio, hoje o sistema é bastante aceito e aplicado na construção civil (RAMALHO; CORRÊA, 2003; ROMAN et al., 1999).

O sistema de alvenaria estrutural caracteriza-se, conforme Roman et al. (1999, p. 16), por ter as cargas da estrutura resistidas pelas paredes da edificação, em substituição aos pilares e vigas dos sistemas de concreto armado, aço ou madeira. Como observam Ramalho e Corrêa (2003, p. 1), “O principal conceito estrutural ligado à utilização da alvenaria estrutural é a transmissão de ações através de tensões de compressão.”. Ainda segundo os mesmos autores, para que a estrutura seja técnica e economicamente viável, as tensões de tração que existirem devem se restringir a pontos específicos da estrutura, não devendo apresentar valores muito elevados. Essas tensões de tração que eventualmente ocorrerão, deverão ser resistidas por armaduras de aço e grauteamento em pontos estratégicos.

Também, de acordo com Ramalho e Corrêa (2003, p. 9-10), para que a adoção do sistema de alvenaria estrutural seja economicamente apropriada, a edificação deve ter determinadas características que dizem respeito a sua altura, ao arranjo arquitetônico e ao tipo de uso que se fará dela. Quanto à altura da edificação, os autores indicam que o sistema não seria adequado

para edifícios muito altos (acima de 15 ou 16 pavimentos), pois as tensões geradas seriam muito elevadas, exigindo o uso generalizado de grauteamento e armação. O arranjo arquitetônico da edificação também influiria nessa condição, podendo melhorar a situação ou piorá-la, dependendo da densidade de paredes estruturais existentes por área de pavimento. Assim, os autores ressaltam que, normalmente, o sistema não é adequado “[...] para edifícios comerciais ou residenciais de alto padrão, onde seja necessária a utilização de vãos grandes [...]”. Portanto, o emprego da alvenaria estrutural seria mais apropriado para edifícios residenciais de baixo ou médio padrão, nos quais os vãos são relativamente menores, assim como tamanho dos ambientes.

3.1 ELEMENTOS E COMPONENTES DO SISTEMA

A seguir, são apresentados os principais elementos e componentes que constituem o sistema de alvenaria estrutural. Neste texto, utilizar-se-ão os conceitos de elemento e componente encontrados na NBR 8798. Assim, elemento é “Parte elementar da obra, constituída de material natural ou de fabricação industrial.” e componente é uma “Parte da obra suficientemente elaborada, constituída da reunião de elementos e/ou materiais.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, p. 2).

3.1.1 Unidade

O elemento básico da alvenaria estrutural é a unidade, que conforme definição de Roman et al. (1999, p. 21) é “[...] o produto industrializado de dimensões e peso que o fazem manuseável, de formato paralelepipedal e adequado para compor uma alvenaria.”. Ainda segundo os mesmos autores, as unidades devem possuir características como resistência à compressão, baixa absorção de água, durabilidade e estabilidade dimensional.

Existem diversos tipos de unidades utilizados em alvenaria estrutural, podendo ser classificados de acordo com o material constituinte (concreto, cerâmica ou unidades sílico-calcárias) e a forma (maciça ou vazada), além das dimensões. Neste trabalho serão considerados apenas componentes da estrutura executados com unidades vazadas de concreto,

denominadas blocos de concreto. A figura 2 mostra alguns tipos de blocos de concreto encontrados no mercado.

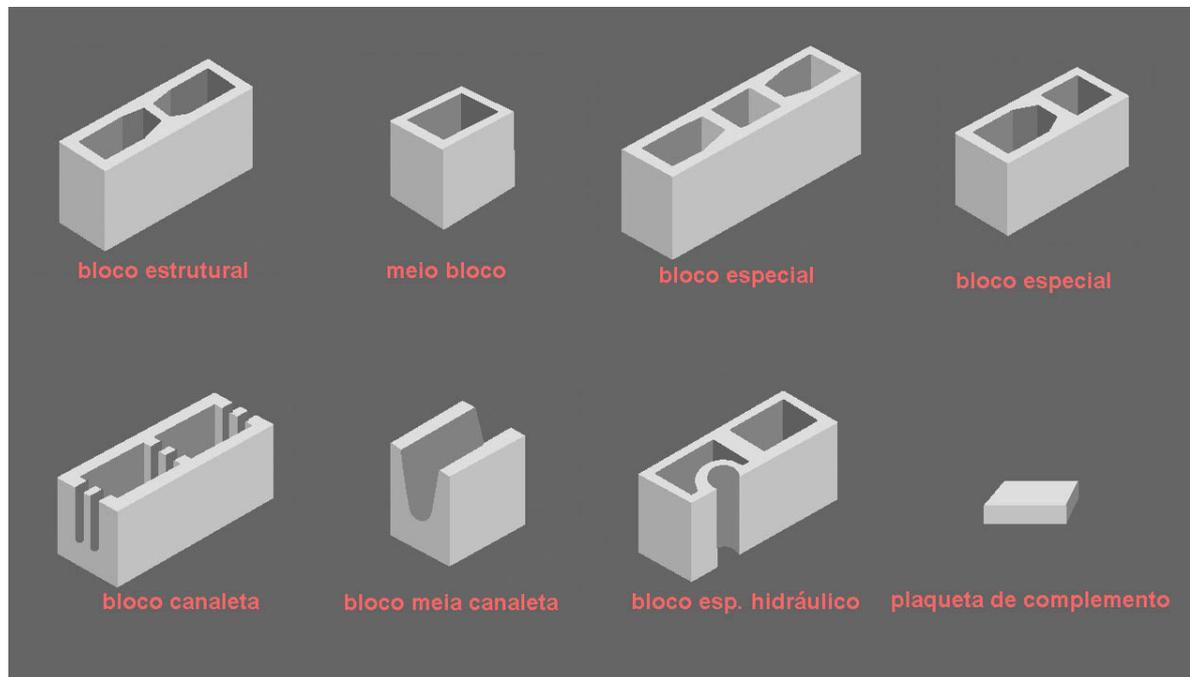


Figura 2: tipos de blocos estruturais de concreto (adaptado de TECMOLD PISOS E BLOCOS DE CONCRETO, [200-])

Os blocos de concreto são fabricados em diferentes geometrias e dimensões, sendo constituídos de uma mistura de cimento Portland, agregados e água. Sua resistência à compressão é definida pela proporção das matérias-primas que os compõem (ROMAN et al., 1999). Manzione (2004, p. 17) observa que os blocos utilizados em alvenaria estrutural devem ser “[...] fabricados por processo de vibroprensagem e cura a vapor, não sendo recomendados os blocos fabricados informalmente em canteiros de obra ou em fábricas sem os requisitos adequados.”.

A norma que estabelece os requisitos mínimos a que os blocos de concreto devem atender é a NBR 6136. Os blocos, de acordo com suas dimensões, dividem-se em famílias, que, segundo definição desta Norma, são conjuntos destas unidades que “[...] interagem modularmente entre si e com outros elementos construtivos.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 2). Estas famílias são compostas por blocos de largura e altura definidas e diferentes comprimentos que permitem a modulação da alvenaria. Os diferentes blocos que compõem as famílias são designados, segundo a Norma, como:

- a) blocos inteiros, que são as unidades predominantes;
- b) blocos de amarração L e T, empregados nos encontros de paredes;
- c) blocos compensadores, utilizados para ajustes de modulação;
- d) blocos tipo canaleta, utilizados na execução de vergas, contravergas e cintas.

A família à qual pertencem as unidades utilizadas na obra onde se realizou o levantamento de dados tem blocos com altura de 19 cm e largura de 14 cm, resultando em paredes prontas com 15 cm de espessura. As unidades predominantes têm comprimento de 39 cm e os blocos especiais de amarração L e T, possuem 34 cm e 54 cm, respectivamente, proporcionando a modulação da alvenaria. Além desses, ainda são utilizados blocos compensadores de 4 cm e 9 cm, meios-blocos, com 19 cm de comprimento, e os blocos canaleta e meia-canaleta, de mesmas dimensões dos blocos inteiros e meios-blocos.

3.1.2 Argamassa de assentamento

Composta, usualmente, de cimento, areia, cal e água, a argamassa tem fundamental importância no sistema estudado, funcionando como elemento de ligação das unidades de alvenaria, solidarizando-as, transmitindo e uniformizando as tensões entre elas, além de absorver pequenas deformações e garantir a estanqueidade nas juntas dos blocos. Para cumprir essas funções, a argamassa deve apresentar qualidades como trabalhabilidade, retentividade de água, plasticidade, aderência, resistência a compressão e durabilidade (RAMALHO; CORRÊA, 2003; ROMAN et al., 1999).

3.1.3 Graute

Composto dos mesmos materiais usados no concreto convencional, o graute se difere deste pelo tamanho do agregado graúdo (que deve ser de pequena dimensão) e pela relação água/cimento, devendo também apresentar-se com elevada trabalhabilidade e fluidez (RAMALHO; CORRÊA, 2003; ROMAN et al., 1999). Conforme definição da NBR 8798, o graute é o “Elemento para preenchimento dos vazios dos blocos e canaletas de concreto para

solidarização da armadura a estes elementos e aumento de capacidade portante [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, p. 3). Assim, como observam Roman et al. (1999), com o grauteamento é possível aumentar a resistência à compressão da alvenaria sem aumentar a resistência do bloco, através do aumento de sua seção transversal. No caso de uso de armadura, Ramalho e Corrêa (2003) lembram que, como ocorre no concreto armado, o conjunto bloco, graute e armadura deve trabalhar monoliticamente e, para que isso ocorra, o graute deve envolver completamente as barras e aderir tanto a elas quanto ao bloco.

Como pondera Manzione (2004, p. 21), “Sob o aspecto de produtividade da alvenaria, a operação de grauteamento diminui o ritmo da produção [...]”. Desta forma, é desejável que o calculista estrutural procure reduzir ao mínimo necessário os pontos grauteados, gerando também uma economia de material.

3.1.4 Armaduras

Em sistemas de alvenaria estrutural, barras de aço deverão ser introduzidas, de acordo com o projeto, nos pontos onde houver esforços de tração, para que a estrutura possa resistir a eles. Como anteriormente mencionado, as armaduras nas estruturas de alvenaria devem estar sempre envolvidas por graute, garantindo o trabalho conjunto dos elementos.

3.1.5 Paredes

O principal componente da alvenaria estrutural é a parede, pois é ela que resiste às cargas da edificação. As paredes são definidas, segundo a NBR 8798, como um “Componente laminar vertical apoiado de modo contínuo em toda a sua base, com comprimento maior que 1/5 de sua altura.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, p. 2). As paredes podem ser painéis contínuos ou apresentar aberturas, como vãos de portas e janelas. Caso a parede apresente descontinuidades, a presença de um componente sobre e/ou sob a abertura torna-se necessária para que possa haver “[...] a distribuição das tensões que se concentram nos vértices dos vãos, principais responsáveis pela ocorrência de fissuras a 45° naquela região.”, como observa Lordsleem Jr. (2000, p. 69)

3.1.6 Vergas e contravergas

A NBR 8798 define verga como um “Componente estrutural sobre ou sob os vãos de abertura das paredes com a finalidade de transmitir esforços verticais aos trechos de paredes adjacentes às aberturas.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, p. 2). A Associação Brasileira da Construção Industrializada (1990, p. 24) diferencia, porém, os componentes colocados na parte superior ou inferior do vão, denominando vergas os reforços horizontais colocados na parte superior das aberturas, e contravergas os componentes colocados na parte inferior. Neste texto, será utilizada esta segunda definição. No caso de alvenaria estrutural, as vergas e contravergas de janelas são geralmente executadas com blocos do tipo canaleta, armados e grauteados.

3.2 EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A execução de alvenaria estrutural requer, como observa Manzione (2004, p. 91), uma precisão bastante grande, sendo necessário o conhecimento do processo pela mão de obra, além de equipamentos e ferramentas adequados. A figura 3 mostra os equipamentos e ferramentas utilizados comumente na execução de alvenaria estrutural.

São condições necessárias para o início da execução da estrutura de alvenaria, como colocado por Yazigi (2008, p. 471), a impermeabilização e o nivelamento das vigas-baldrame, assim como o nivelamento do terreno. A laje que receberá a alvenaria deverá estar livre e pronta para suportar carga e os eixos e níveis de referência devem estar devidamente demarcados.

Para realizar o serviço, o executor deve estar em posse das plantas de primeira fiada, que servirão para orientar a marcação da alvenaria, assim como dos desenhos das elevações de cada parede, onde se encontram os detalhes necessários à execução dos serviços que deverão ser simultâneos à elevação da alvenaria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [200-?a]).

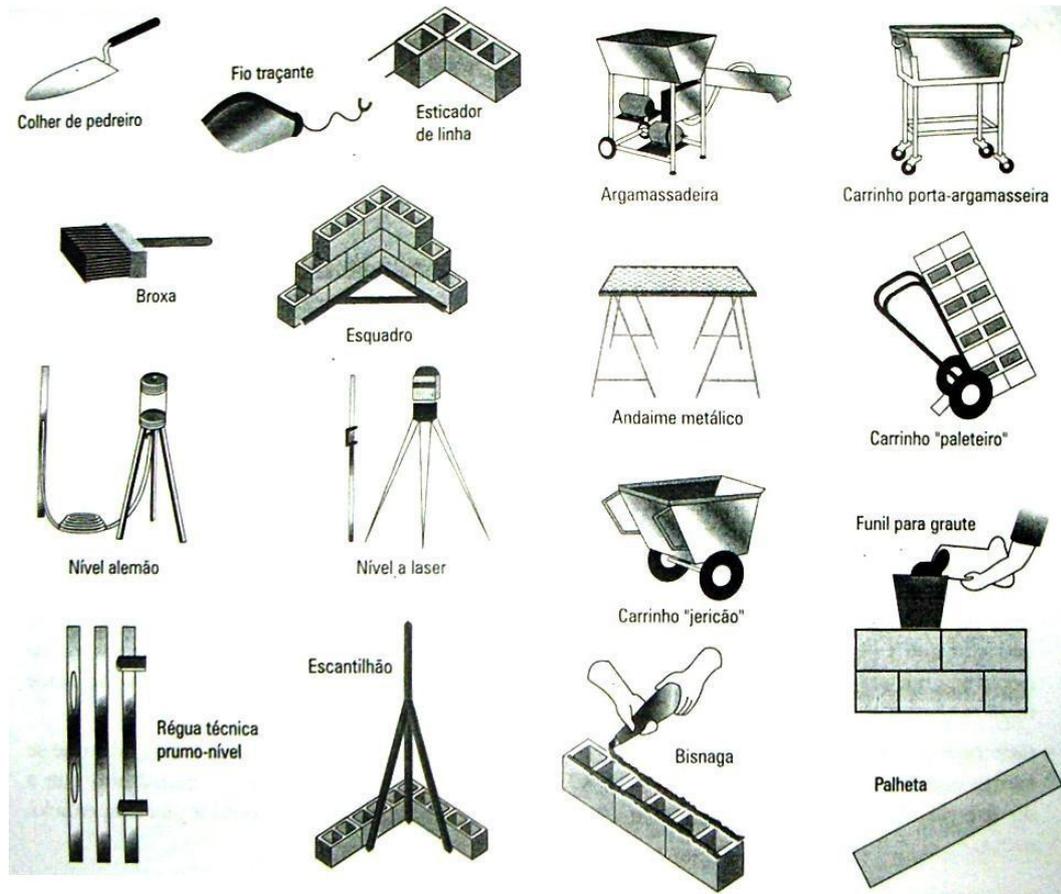


Figura 3: ferramentas e equipamentos para execução de alvenaria estrutural (MANZIONE, 2004, p. 94-95)

A demarcação da alvenaria deve iniciar, segundo Yazigi (2008, p. 471), com a limpeza do piso, remoção de materiais soltos e verificação do nivelamento da laje. Após, deve ser feita a marcação dos eixos de referência da estrutura e, utilizando a planta de primeira fiada, o assentamento desta fiada de marcação. Manzione (2004, p. 97) indica como última etapa da fase de marcação o assentamento dos escantilhões nos cantos dos cômodos, apurando-os corretamente e fazendo coincidir a primeira marca com o nível da primeira fiada, garantindo assim o nivelamento das fiadas seguintes. Na figura 4 estão representados os principais passos relacionados à etapa de marcação. Manzione (2004, p. 100) recomenda, ainda, que na fase de marcação sejam verificados: a locação e dimensões dos vãos de portas, o correto assentamento de blocos com janelas de inspeção nos pontos que serão grauteados (figura 5), o correto posicionamento dos eletrodutos (figura 6) e as cotas.

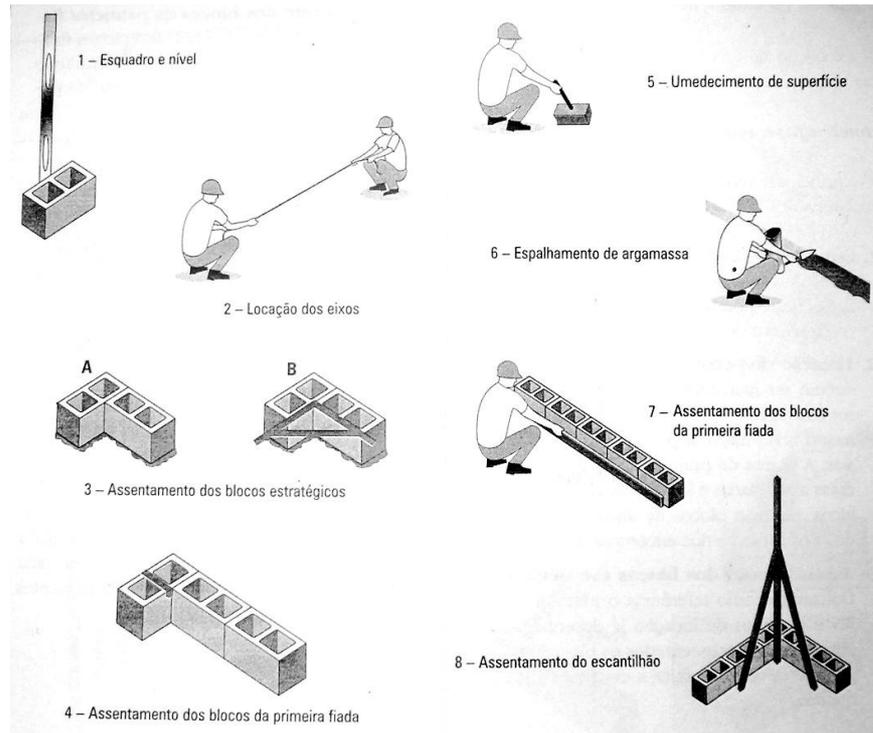


Figura 4: principais passos da etapa de marcação (MANZIONE, 2004, p. 98-99)

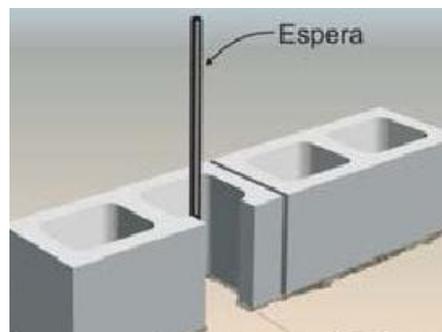


Figura 5: bloco com janela de inspeção e espera para armação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [200-?b], p. 3)

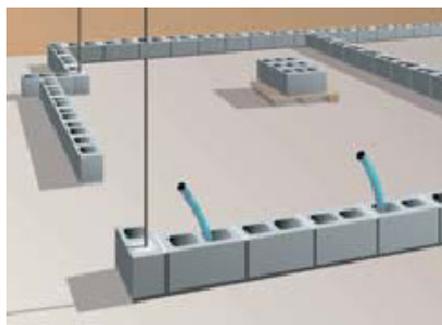


Figura 6: posicionamento das instalações elétricas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [200-?b], p. 3)

A Associação Brasileira de Cimento Portland ([200-?b]) sugere, em suas práticas recomendadas, que se separe a etapa de marcação das paredes do assentamento da primeira fiada, desagregando, assim, as operações de medir, riscar, fixar referências e definir níveis, da operação de assentar blocos. Isso possibilitaria, segundo a Associação, melhores condições para a realização do serviço, pois retiraria de uma fase que exige consulta intensiva a plantas o manuseio de blocos e argamassas, aumentando a produtividade e melhorando a precisão das medidas. Neste caso, a execução da primeira fiada estaria na etapa de elevação da alvenaria e não na de marcação.

Após o assentamento da primeira fiada, que tem um procedimento diferente dos demais, a execução da alvenaria torna-se intuitiva, devendo-se apenas atentar para o correto posicionamento dos blocos onde serão aplicados componentes diferenciados (como tomadas e interruptores elétricos, componentes pré-fabricados de concreto, vergas e contravergas) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [200-?b]). O assentamento das fiadas deve ser feito de acordo com os desenhos das elevações das paredes, devendo ter as juntas verticais desencontradas para garantir a amarração, como lembra Yazigi (2008, p. 471). A elevação deve seguir até a cota de nível das contravergas de vão de janelas. O gabarito da janela deve ser colocado após a execução da contraverga, que pode ser executada *in loco* utilizando blocos do tipo canaleta devidamente armados e preenchidos com graute (figura 7). Após, o assentamento das fiadas seguintes deve seguir da mesma forma.

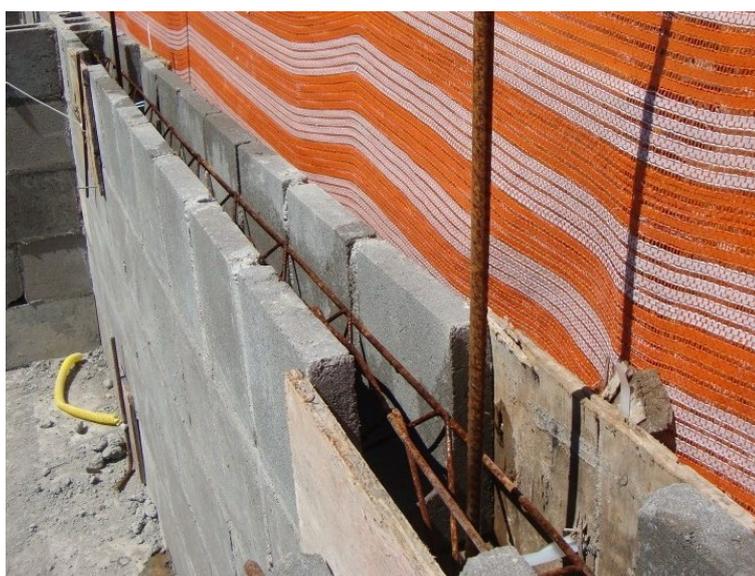


Figura 7: execução da contraverga com blocos tipo canaleta armados

Para o assentamento das fiadas, a NBR 8798 indica que se aplique argamassa em todas as paredes do bloco para a formação das juntas horizontais, e para as verticais, que se aplique em dois cordões nos bordos de uma das extremidades do bloco (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, p. 11). Nesta mesma Norma é colocado que a espessura das juntas resultantes após o assentamento dos blocos deve ser de 10 mm, com tolerância de 3 mm para mais ou para menos. Manzione (2004, p. 103) observa que “[...] estudos recentes mostraram que o não preenchimento de septos e juntas verticais, além de modificar o mecanismo de ruptura da parede, reduz a resistência em torno de 20%.”. O autor pondera, porém, que esta decisão deve ser tomada na fase de projeto, junto com o calculista estrutural, pois, caso a perda de resistência não seja relevante, pode-se obter significativo aumento de produtividade e diminuição no consumo de argamassa através do não preenchimento dos septos.

A Associação Brasileira de Cimento Portland ([200-?b) sugere que as juntas verticais sejam preenchidas após o assentamento dos blocos, utilizando bisnaga, pois assim a produtividade obtida na execução da alvenaria seria maior. Manzione (2004, p. 103), porém, não recomenda a utilização de bisnaga para aplicação de argamassa, pois, segundo o autor, exigiria muita plasticidade da argamassa, podendo resultar em excesso de água, além de provocar nos operários lesões por esforço repetitivo. Em lugar do uso de bisnaga, o autor indica que se faça o espalhamento da argamassa com palheta, o que permitiria cordões de argamassa em torno de 80 cm, garantindo a produtividade da mão de obra.

Durante toda a etapa de elevação, é muito importante que o prumo, o nível e o alinhamento sejam constantemente verificados, garantindo um bom resultado na parede executada (figura 8). Deve-se garantir também a planicidade da parede. Tais verificações devem ser constantes durante todo o processo e feitas pelo próprio executor do serviço, como lembra Manzione (2004, p. 103).



Figura 8: utilização de régua técnica para verificações de prumo, nível e planicidade durante a execução (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [200-?b], p. 6)

A etapa de armação e grauteamento deve ter lugar após a limpeza completa dos vazios verticais através das visitas deixadas ao pé de cada ponto a ser grauteado (figura 9). Esses furos feitos nos blocos da primeira fiada devem ter dimensões mínimas de 7,5 cm de largura por 10 cm de altura, de acordo com a NBR 8798 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, p. 12). A remoção do excesso de argamassa no interior dos blocos deve ser feita durante o assentamento, enquanto o material ainda se encontra úmido, facilitando o serviço de limpeza (figura 10).



Figura 9: janelas de inspeção deixadas ao pé da parede para limpeza dos pontos a serem grauteados

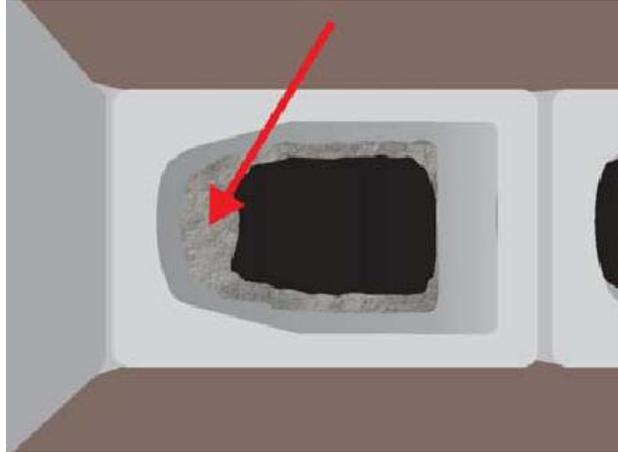


Figura 10: excesso de argamassa a ser removido antes do grauteamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [200-?b], p. 7)

Após a limpeza e posicionamento das armaduras, deve-se proceder ao lançamento do graute (figura 11). Isto não deve ocorrer, no entanto, antes de 24 horas após o assentamento das paredes a serem preenchidas. O furo de visita feito ao pé do vazio a ser preenchido deve ser obturado após a verificação da saída do graute através do mesmo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, p. 12). De acordo com Manzione (2004, p. 102), a operação de grauteamento deve ser feita em duas etapas: “[...] primeiro, na altura da sétima fiada e, depois, na última fiada.”.



Figura 11: lançamento de graute (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [200-?b], p. 7)

4 PRODUTIVIDADE E SISTEMA PRODUTIVO

Para embasar esta pesquisa e permitir o correto entendimento do que foi medido no levantamento de dados, são apresentados, neste capítulo, alguns conceitos e observações sobre sistema produtivo, mão de obra e produtividade. São feitas, também, algumas considerações sobre métodos e instrumentos de medição de trabalho e estudo de tempos.

4.1 PROCESSO x OPERAÇÃO

Segundo Moreira (1991, p. 1), um sistema de produção é “[...] qualquer conjunto de partes que operam de forma combinada e harmônica para transformar insumos em serviços.”. Shingo (1996, p. 29) define produção como “[...] uma rede de processos e operações, fenômenos que se posicionam ao longo de eixos que se interseccionam.”. Este autor salienta em seu texto que os conceitos de processo e operação são por vezes entendidos, principalmente no ocidente, como classificações de fenômenos distintos apenas pelo tamanho da unidade de análise. Segundo o autor, porém, processos e operações não são fenômenos sobrepostos pertencentes a um mesmo eixo de análise, mas sim fluxos de natureza distinta sobre eixos que se interceptam. Os processos estariam sobre o eixo Y e seriam fluxos de materiais no tempo e no espaço, com a transformação da matéria-prima em produto. Já as operações, sobre o eixo X, seriam os fluxos de trabalho realizado para efetivar essa transformação. Esta também é a definição usada por Isatto et al. (2000) ao considerar o modelo de processo da construção enxuta, representando o sistema de produção como uma rede de operações e processos, reproduzido na figura 12.

Na visão destes autores, o processo é constituído pelas atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção. Isatto et al. (2000) definem as atividades de transporte, espera e inspeção como atividades de fluxo, pois são atividades que não agregam valor ao produto final. Lembram, também, que nem toda atividade de processamento agrega valor ao produto, como no caso de um produto que, após a execução de um processo, não teve as especificações atendidas, exigindo retrabalho.

PRODUÇÃO COMO REDE DE PROCESSOS E OPERAÇÕES

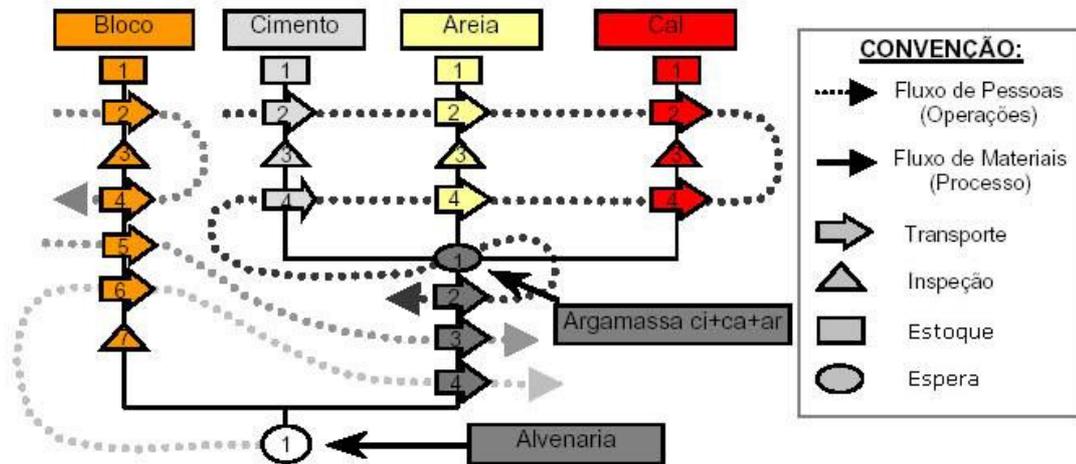


Figura 12: relação entre fluxo de materiais e fluxo de trabalho (ISATTO et al., 2000, p. 10)

Sobre o sistema de produção, Isatto et al. (2000) salientam que algumas operações podem estar fora do fluxo de materiais (operações como manutenção de equipamentos, limpeza, etc.), assim como algumas atividades do processo não envolvem operações (como é o caso da estocagem de materiais).

4.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE DA PRODUÇÃO

Como observa Barnes (1977, p. 46), para que se possa estudar um processo produtivo específico, é necessário ter conhecimento global do sistema de produção, incluindo, na maioria dos casos, uma análise de cada um dos passos necessários para a obtenção do produto. Para entender a forma como os processos são realizados, permitindo a visualização e a análise dos mesmos, Isatto et al. (2000, p. 96) indicam a utilização de diagramas ou de mapofluxogramas de processo. Ambas as ferramentas, explicam os autores, baseiam-se no uso de um conjunto de símbolos, representando diferentes tipos de atividade. O quadro 1 reproduz os símbolos adotados pelos autores.

Símbolo	Denominação da atividade	Descrição
	Transporte	Consiste na mudança de local ou posição de um material ou componente.
	Inspeção	Consiste na avaliação qualitativa ou quantitativa de materiais e componentes.
	Estoque / Espera	Os materiais e componentes estão imóveis, não sendo sujeitos a qualquer tipo de trabalho.
	Processamento ou conversão	Modificação de forma ou substância, montagem ou desmontagem.

Quadro 1: simbologia utilizada para a elaboração de diagramas de processo e mapofluxogramas (ISATTO et al., 2000, p. 97)

O diagrama de processo, como assinalam Isatto et al. (2000), busca representar todo o processo considerado através de um diagrama compacto, permitindo a análise do processo em toda a sua extensão. Esta análise pode incluir a quantificação de indicadores como tempo, distâncias e número de pessoas envolvidas no processo.

Para elaborar o diagrama, os autores explicam que, após a definição do processo a ser analisado, com indicação clara dos pontos que marcam o início e o fim do processo, das matérias-primas e dos produtos finais, deve-se identificar a estrutura do produto. Neste ponto, cada material, componente e produto final deve ser identificado por uma letra, facilitando o registro do processo. A seguir, deve-se proceder ao registro do processo acompanhando seu fluxo, ou seja, desde as matérias-primas em direção ao produto final, explicitando a sequência das atividades que o compõe. No quadro 2, vê-se um exemplo da planilha utilizada para registro do processo. Para realizar a quantificação do tempo despendido nas atividades, pode-se adicionar uma coluna à direita.

Material ou Componente	Num	Atividades do processo	Descrição
Arg. pré-misturada	A1	△	Estoque de argamassa pré-misturada de cal e areia
	A2	□	Colocação da quantidade prevista na caixa
	A3	□→	Transporte da caixa até a betoneira
	A4	△	Estoque na betoneira
Cimento	B1	△	Estoque de cimento
	B2	□→	Transporte até a betoneira
	B3	△	Estoque na betoneira
	B4	□	Colocação da quantidade prevista de cimento na betoneira
Arg. assentamento	C1	○	Mistura na betoneira
	C2	△	Estoque após a betoneira
	C3	□→	Transporte até o posto de trabalho
	C4	△	Estoque no posto de trabalho
Blocos	D1	△	Estoque de blocos
	D2	□→	Transporte até o posto de trabalho
	D3	△	Estoque no posto de trabalho
Alvenaria	E1	○	Execução da alvenaria
	E2	□	Inspeção para aceitação da parede
	E3	△	Estoque (alvenaria à espera do processo de revestimento)

Quadro 2: exemplo de folha para registro do processo (ISATTO et al., 2000, p. 99)

4.3 MEDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE

Antes de qualquer coisa, é necessário definir produtividade. De acordo com Moreira (1991, p. 2), “Dado um sistema de produção, a produtividade do mesmo é definida como a relação entre o que foi produzido e os insumos utilizados num certo período de tempo.”. Ou, conforme Gaither e Frazier (2006, p. 459), “A produtividade de um recurso é a quantidade de produtos ou serviços produzidos num intervalo de tempo dividido pela quantidade necessária desse recurso.”.

Inversamente, Souza (1998 apud SOUZA, 2000, p. [2]) apresenta, ainda, outra definição, considerando produtividade como “[...] a eficiência em se transformar entradas em saídas num processo produtivo.”. O autor indica, então, como forma de se medir a produtividade, a

quantificação da mão de obra necessária para se produzir uma unidade de saída em estudo. Apresenta, então, o indicador por ele utilizado, denominado razão unitária de produção (RUP), que seria calculado dividindo-se as entradas (recursos) pelas saídas (produtos). Porém, para que o cálculo da produtividade seja válido, o autor atenta para a necessidade da definição de regras para mensuração das entradas e saídas, além da definição do período de tempo a que se refere o levantamento.

Souza (2000, p. [3]) ainda indica que:

No que se refere às entradas, o cálculo do número de homens-hora demandados é, genericamente, fruto da multiplicação do número de homens envolvidos pelo período de tempo de dedicação ao serviço. As saídas podem ser consideradas de maneira bruta ou líquida. No que diz respeito ao período de estudo, pode-se estar lidando com a produtividade detectada para um determinado dia, assim como seu valor pode representar um estudo de longa duração.

Ainda no mesmo texto, o autor exemplifica como a adoção de diferentes posturas para a mensuração das entradas ou saídas pode gerar resultados discrepantes. Dependendo das considerações feitas sobre a equipe envolvida, o tempo de dedicação ao serviço, a mensuração das saídas e o período de estudo da produtividade, o autor mostra que a divergência nos resultados pode chegar a valores extremos, como o obtido em seu exemplo, de 26100%.

Sobre a equipe a ser contabilizada na utilização da mão de obra, o autor indica a necessidade de se definir se serão considerados apenas os trabalhadores diretamente envolvidos no serviço, ou a equipe direta mais a de apoio, ou a equipe global (incluindo o encarregado). Além da equipe a se considerar, para o cálculo dos homens-horas também é necessário definir o tempo trabalhado. Para isso, o autor apresenta três opções:

- a) a consideração da jornada normal de trabalho diária, definida pela empresa, independente do tempo real trabalhado;
- b) a consideração do período em que os funcionários observados estiveram realmente presentes ao serviço, considerando horas extras trabalhadas e descontando períodos não trabalhados por falta de materiais ou equipamentos ou devido a más condições climáticas ou outros empecilhos;
- c) a quantificação do tempo útil da mão de obra, descontando ociosidades ocorridas durante a realização do serviço.

Sobre o período de levantamento, Souza (2000) lembra ainda que a produtividade diária da mão de obra pode ser bastante variável, podendo-se, ao se tomar o valor obtido de certo dia de trabalho, ter-se um valor muito maior ou menor do que o que se obteria cumulativamente. Quanto à mensuração das saídas, o autor acredita que “[...] a quantidade líquida de serviço seja o melhor estimador das saídas do processo produtivo [...]” (SOUZA, 2000, p. [7]). O autor cita ainda, como exemplo, o caso da alvenaria, onde uma maior ou menor presença de vãos poderia interferir na produtividade calculada com base na área líquida.

Para que se possa realizar a medição da produtividade da mão de obra na execução de um serviço, é importante também definir os instrumentos a serem utilizados no levantamento. A seguir, são apresentadas algumas técnicas e ferramentas utilizadas neste tipo de estudo.

4.3.1 Estudo de tempos ou medida do trabalho

De acordo com Barnes (1977, p. 272), “O estudo de tempos é usado na determinação do tempo necessário para uma pessoa qualificada e bem treinada, trabalhando em ritmo normal, executar uma tarefa especificada.”. Ou seja, o estudo de tempos é usado para se medir o trabalho.

Barnes (1977, p. 280) enumera as fases necessárias para o estudo de tempos como:

- a) obtenção e registro das informações necessárias;
- b) divisão da operação em elementos;
- c) registro dos elementos em sequência adequada;
- d) cronometragem dos elementos e registro das leituras;
- e) determinação do número de ciclos a ser cronometrado;
- f) avaliação do ritmo do operador.

O autor explica que a cronometragem de uma operação inteira como um elemento único é, em geral, insatisfatória para o estudo de tempos, e, por isso, recomenda a divisão em elementos curtos e a cronometragem individual de cada um deles. A subdivisão de uma operação em um número definido de elementos mensuráveis e a descrição de cada um deles separadamente é

considerada pelo autor uma das melhores maneiras para descrever a operação. Ainda, como observa o autor, determinar o tempo padrão para os elementos da operação possibilita “[...] a determinação sintética do tempo padrão total para uma operação.” (BARNES, 1977, p. 281).

Ainda na mesma obra, o autor comenta métodos comuns para leitura do cronômetro, como a leitura contínua ou a leitura repetitiva. Na leitura contínua, explica o autor, a cronometragem começa com o início do primeiro elemento e continua durante todo o período de estudo. A leitura do cronômetro é verificada e anotada na folha de observações ao fim de cada elemento. Os tempos de cada operação são posteriormente determinados por subtração do tempo anotado para a operação em questão e o da operação imediatamente anterior. No método repetitivo de leitura, o cronômetro é zerado ao fim de cada elemento. Os tempos registrados são, então, os tempos para cada operação, evitando a necessidade de se realizar cálculos para se chegar ao dado. Porém, o autor lembra que no método repetitivo pode haver uma tendência para o observador negligenciar o registro de esperas ou elementos estranhos, devendo-se tomar o cuidado de registrar todas as ocorrências durante o estudo.

Santos (1995) pondera, porém, que o estudo de tempos com o uso de cronometragem contínua não seria recomendável na avaliação de processos da construção civil, pois exigiria a padronização dos processos, praticamente inexistente no sub-setor de edificações. Como alternativa, o autor sugere que se faça uso de outras técnicas, brevemente descritas a seguir.

4.3.2 Amostragem do trabalho

Santos (1995, p. 198) descreve a técnica de amostragem do trabalho como consistindo de “[...] observações instantâneas, intermitentes e espaçadas ao acaso em um certo período.”. Uma estimativa do tempo despendido por cada operário em dado tipo de atividade é obtido pela relação entre o número de registros de tal atividade e o número total de observações. Como vantagem da técnica, o autor cita sua simplicidade, baixo custo e flexibilidade.

De acordo com Barnes (1977, p. 416, grifo do autor):

A amostragem do trabalho é uma técnica baseada nas leis da probabilidade. Uma amostra ocasional, retirada de um grupo maior, tende a ter distribuição igual ao grupo maior ou universo. Se a amostra for suficientemente grande, as características dessa amostra diferirão pouco das características do grupo. **Amostra** é o termo

usado para o subgrupo, e **população** ou **universo** é o termo empregado para o grupo maior. A obtenção e análise de apenas uma parte do universo é conhecida como **amostragem**.

Santos (1995) enfatiza a importância da aleatoriedade na coleta das amostras, enquanto Barnes (1977) observa, também, que cada amostra deve ser realizada de forma correta, devendo todos os elementos do universo ter igual probabilidade de ocorrência. Além disso, Santos (1995) considera que deve haver uma preocupação com os reais objetivos do estudo, ou seja, se o estudo for realizado com o intuito de estabelecer tempos padrão, deve haver medição do consumo total de homens-hora e a subdivisão do processo nas atividades que se deseja monitorar.

Como tempo mínimo de coleta para a realização do estudo, recomenda-se o prazo de duas semanas, baseando-se no fato de que períodos menores podem ser influenciados pela variabilidade inerente ao processo de construção, que pode alterar resultados de curto prazo (THOMAS, 1991 apud SANTOS, 1995). Santos (1995, p. 203) lembra também que:

Os dados do início do estudo devem ser examinados criticamente. No início da coleta, o operário, ao ver o observador vindo em sua direção, pode alterar sua condição normal de atuação no processo. Entretanto, à medida que os operários acostumam-se à presença dos observadores, durante um longo período de tempo, esta influência nas observações decresce.

O autor recomenda, ainda, que paralelamente ao emprego desta técnica, sejam aplicadas outras formas de medição do trabalho no canteiro, citando observação visual ou filmagem do ciclo de produção e cartões de produção.

4.3.3 Cartão de produção

O cartão de produção, como definem Isatto et al. (2000, p. 106), “[...] é uma ferramenta empregada para medir a produção de um operário ou equipe em um dado período, e a partir destes dados calcular-se a produtividade da mão de obra.”. Ainda segundo os autores, o controle pode ser por período, com o registro da quantidade produzida em intervalos previamente definidos de tempo, ou por evento, através do registro do tempo utilizado para concluir determinada etapa da obra.

Os autores observam que a opção por uma ou outra abordagem depende em grande parte da homogeneidade do processo. Para aplicar o controle por período é importante que as atividades consideradas sejam repetitivas, para que se possa fazer uma avaliação periódica (semanal ou diária) da evolução da produção. Ou seja, os processos de produção não devem variar significativamente ao longo dos vários períodos observados. Já o controle por evento é mais indicado para serviços heterogêneos, onde não há repetição de tarefas ao longo dos dias necessários para a realização da etapa. Neste caso, é mais interessante medir o tempo necessário para a realização da etapa.

5 A OBRA ESTUDADA

Para a realização desta pesquisa, foi feito levantamento de dados em obra de empreendimento residencial, onde, na época, a autora atuava como estagiária. O fato de estar já inserida na rotina e familiarizada com o andamento da obra facilitou muito o acesso aos dados. Porém, por ter, como estagiária, outras funções dentro do canteiro além da de observadora, muitas vezes o acompanhamento e as medições acabaram sendo interrompidas, criando obstáculos para a realização da coleta.

O empreendimento cuja construção originou os dados para a pesquisa é descrito a seguir. A situação da obra na época em que se deu a medição também é abordada neste capítulo, assim como os procedimentos adotados na realização dos serviços.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento em questão é um condomínio residencial de padrão médio, localizado em Porto Alegre, RS. Constituído de quatro torres (uma torre com nove pavimentos e três torres com seis pavimentos) em alvenaria estrutural armada de blocos de concreto, possui ainda áreas de lazer e estacionamento.

Nos pavimentos térreos das torres, também construídos em alvenaria estrutural, encontram-se quatro apartamentos de três dormitórios e áreas comuns de lazer e serviço. O pavimento tipo é idêntico para as quatro torres e é composto de quatro apartamentos de três dormitórios – simétricos entre si – e dois apartamentos de dois dormitórios, também com plantas similares. A figura 13 representa, de forma simplificada, a planta do pavimento tipo do empreendimento.

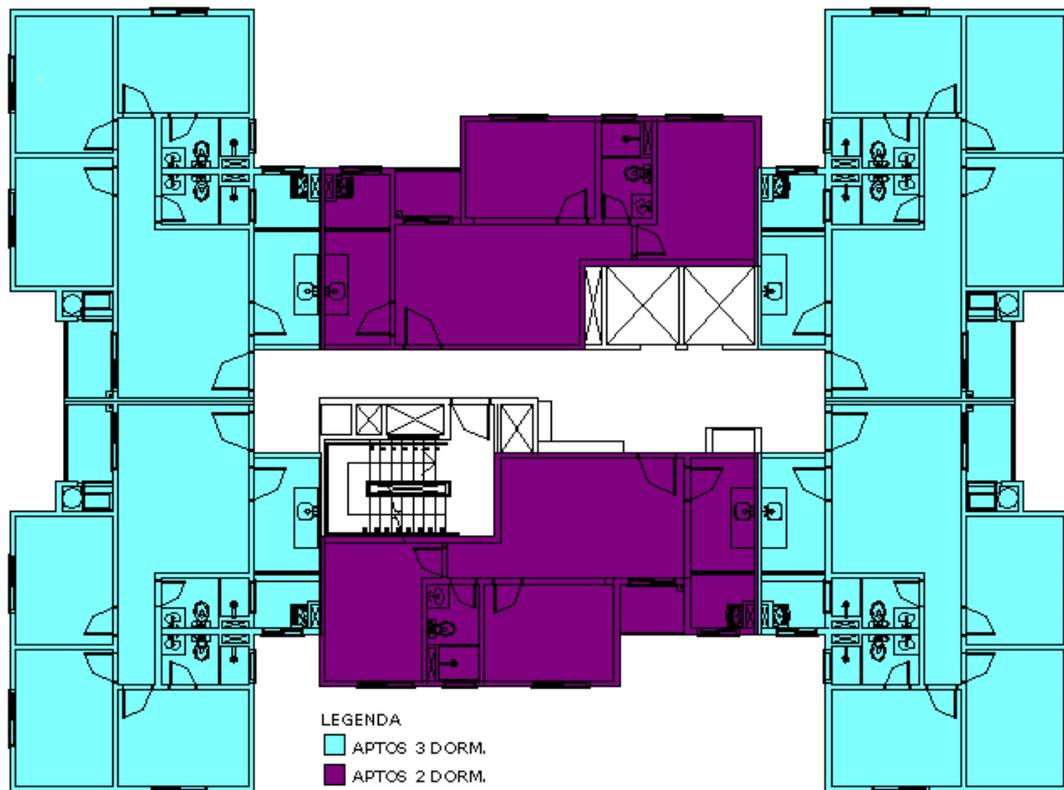


Figura 13: planta baixa do pavimento tipo (trabalho não publicado)¹

5.2 ESTÁGIO DA OBRA NA ÉPOCA DA MEDIÇÃO

No momento em que se iniciou a medição de produtividade para a realização desta pesquisa, as quatro torres do empreendimento encontravam-se em etapa de elevação da estrutura. Uma das torres tinha a laje do terceiro pavimento já concretada, duas se encontravam no segundo pavimento e a última tinha apenas a estrutura do térreo pronta. As equipes revezavam-se entre as torres para que enquanto em duas delas estivesse ocorrendo a execução de alvenaria, nas outras duas os carpinteiros estivessem trabalhando no cimbramento e montagem de formas de vigas e lajes.

Pouco antes do início da coleta de dados para a pesquisa, após auditoria do Ministério do Trabalho, a obra acabou sofrendo embargo por conta de questões relacionadas à segurança no canteiro. A paralisação dos serviços fez com que as equipes que estavam trabalhando nas torres, já entrosadas e acostumadas aos procedimentos, se desmobilizassem. No retorno às

¹ Desenho adaptado do projeto arquitetônico do empreendimento.

atividades, houve certa dificuldade por parte dos empreiteiros em refazer as equipes, e novos trabalhadores foram alocados na obra. Por conta disso, no momento em que se iniciaram as medições em campo, parte dos dados coletados foi relativa a atividades realizadas por operários não totalmente familiarizados com o serviço.

5.3 ESPECIFICIDADES DA PRODUÇÃO NA OBRA ESTUDADA

Na obra em que foram coletados os dados para comparação, a execução da estrutura de alvenaria das torres se dava de acordo com procedimentos operacionais específicos da empresa. A seguir são descritas as etapas envolvidas na produção das paredes utilizadas no estudo e algumas peculiaridades da construção, incluindo informações sobre organização e logística do canteiro.

Os blocos de concreto recebidos e armazenados nas áreas de estoque próximas às torres eram elevados aos pavimentos correspondentes através de caminhão guindaste. Distribuídos sobre a laje do pavimento, aguardavam sua utilização.

Primeira etapa na execução das paredes, a marcação da alvenaria era feita de acordo com a planta de modulação de primeira fiada. Após marcação e assentamento dos blocos estratégicos, correspondentes aos cantos e extremidades das paredes, a primeira fiada era assentada com argamassa de cimento e areia com traço 1:3.

A argamassa para assentamento da primeira fiada era misturada em betoneira localizada no térreo, fora da área da torre. O cimento era transportado até a betoneira em sacos e a areia em caixas. Após a mistura, a argamassa era transportada em carrinhos de mão até o guincho de coluna localizado na torre, através do qual era feito o transporte vertical até o pavimento. Já sobre o pavimento onde seria utilizada, a argamassa era novamente transportada por carrinhos de mão até o local de aplicação.

Com todo o pavimento marcado e conferido e a primeira fiada toda assentada, a execução das fiadas seguintes era feita com argamassa industrializada misturada no próprio pavimento. Os sacos de argamassa industrializada eram transportados verticalmente através do guindaste antes do início da elevação da alvenaria. A argamassadeira localizava-se no meio do

pavimento e a argamassa pronta era, então, transportada por carrinhos de mão até o local de aplicação.

Nas paredes com vãos de janelas, a primeira elevação era feita até a quinta fiada, quando eram posicionadas as armaduras horizontais nas canaletas para execução das contravergas, e armaduras verticais nos pontos de extremidades de janelas que seriam grauteados. As armaduras das contravergas eram constituídas de treliças de aço. As armaduras verticais, consistindo de barras de aço com diâmetro de 10 mm, eram posicionadas após completa limpeza das células a serem grauteadas, garantindo a remoção de todo excesso de argamassa ou qualquer material estranho do fundo, através das janelas de inspeção deixadas na primeira fiada.

Para o caso de paredes internas, cegas ou com vãos de portas, a elevação da parede se dava também em duas etapas, evitando sobrecarga e esmagamento das juntas horizontais de argamassa em estado ainda fresco. Porém, o grauteamento era feito em apenas uma etapa, com a alvenaria executada até a 13ª fiada.

O graute utilizado, constituído de cimento, areia, brita 0 e aditivo, era preparado em betoneira localizada no térreo e, após, transportado até o pavimento da mesma forma que a argamassa de assentamento da primeira fiada. Imediatamente antes do grauteamento, os furos e canaletas eram molhados, evitando a absorção excessiva da água do graute. O lançamento do graute era feito com a ajuda de baldes, e procedia-se ao adensamento manualmente, utilizando-se barras de aço.

Com a primeira elevação pronta, armada e grauteada – no caso de paredes com janelas –, passava-se à segunda elevação, consistindo do restante da parede. Até a 12ª fiada, a segunda elevação seguia os mesmos passos da primeira, tomando-se o cuidado de manter a paginação das paredes e atentando-se para a correção das dimensões e manutenção do prumo dos vãos das janelas existentes. O procedimento correto e posteriormente adotado envolveria a utilização de gabaritos metálicos para garantir a manutenção das dimensões dos vãos das janelas, porém à época da medição eles ainda não haviam sido confeccionados.

À altura da 7ª fiada, era montado o andaime para que o operário pudesse prosseguir com a elevação. Também nesta altura erguia-se a proteção periférica para garantir a segurança do trabalhador.

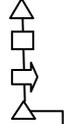
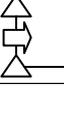
Concluída a 12ª fiada, passava-se para a fiada de respaldo, constituída de blocos canaleta que seriam posteriormente armados e grauteados. Esta última fiada servia, também, como verga para as janelas maiores. Para realizar o assentamento na área sobre as janelas, posicionava-se no vão uma espécie de moldura de madeira, estruturada de forma a dar sustentação aos blocos que formariam a verga.

As lajes das torres eram executadas de forma convencional, moldadas *in loco*. Assim, a armação e grauteamento das canaletas da última fiada das paredes e dos pilaretes eram feitos após o cimbramento da laje do pavimento superior. Com as formas já montadas e escoradas realizava-se o serviço a partir do pavimento superior, sem a necessidade de uso de escadas.

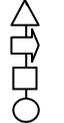
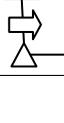
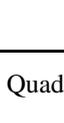
Após limpeza e desobstrução das células, posicionavam-se as barras de aço, amarrando-as com arame nas esperas deixadas, através da janela de inspeção. Após, fechavam-se as janelas utilizando pedaços de chapas de compensado e abraçadeiras de *nylon*. As treliças eram posicionadas dentro dos blocos nas últimas fiadas das paredes. Com isso feito, iniciava-se o lançamento do graute.

Para facilitar a compreensão de todo o processo de produção da parede de alvenaria estrutural, fez-se a sua representação através de diagramas de processos, reproduzidos a seguir. Nestes diagramas, dividiu-se o processo em três subprocessos: marcação, envolvendo também o assentamento da primeira fiada (quadro 3), elevação da alvenaria (quadro 4) e armação e grauteamento (quadro 5). Representou-se, através dos símbolos expostos no item 4.2, o fluxo dos materiais na obra, até chegar ao produto final.

Os diagramas abaixo, da forma como estão apresentados, são úteis por permitir a visualização do processo como um todo, revelando as atividades necessárias para a transformação das matérias primas no produto final, ou seja, a parede. Não está representado, porém, o detalhamento das operações elementares necessárias à execução da parede propriamente dita. Esse detalhamento, explicitando as diferenças existentes na execução dos dois tipos de paredes estudados, será apresentado no próximo capítulo.

MARCAÇÃO DE ALVENARIA			
Material ou Componente	Num	Atividades do processo	Descrição
Areia	A1		Estoque de areia
	A2		Colocação da quantidade prevista na caixa
	A3		Transporte da caixa até a betoneira
	A4		Estoque na betoneira
Cimento	B1		Estoque de cimento
	B2		Transporte até a betoneira
	B3		Estoque na betoneira
	B4		Colocação da quantidade prevista de cimento na betoneira
Arg. Assentamento (cim. + ar.)	C1		Mistura na betoneira
	C2		Estoque após a betoneira
	C3		Transporte até o posto de trabalho
	C4		Estoque no posto de trabalho
Blocos	D1		Estoque de blocos
	D2		Transporte até o posto de trabalho
	D3		Estoque no posto de trabalho
Primeira Fiada Alvenaria	E1		Marcação e assentamento da primeira fiada
	E2		Inspeção para liberação da elevação
	E3		Estoque (primeira fiada assentada, à espera do processo de elevação da alvenaria)

Quadro 3: diagrama dos subprocessos de marcação e assentamento da primeira fiada

ELEVAÇÃO DE ALVENARIA			
Material ou Componente	Num	Atividades do processo	Descrição
Argamassa industrializada	F1		Estoque de argamassa
	F2		Transporte até a betoneira
	F3		Colocação da quantidade prevista de argamassa na betoneira
	F4		Mistura na betoneira
Argamassa de assentamento	G1		Estoque após a betoneira
	G2		Transporte até o posto de trabalho
	G3		Estoque no posto de trabalho
Blocos	H1		Estoque de blocos
	H2		Transporte até o posto de trabalho
	H3		Estoque no posto de trabalho
Alvenaria	I1		Execução da alvenaria
	I2		Inspeção para liberação da próxima etapa
	I3		Estoque (alvenaria aguardando processos de armação e grauteamento)

Quadro 4: diagrama do subprocesso de elevação de alvenaria

ARMAÇÃO E GRAUTEAMENTO			
Material ou Componente	Num	Atividades do processo	Descrição
Barras e treliças de aço para armação da alvenaria	J1	△	Estoque de aço
	J2	○	Corte do aço
	J3	□	Transporte até o posto de trabalho
	J4	○	Posicionamento das armaduras para vergas, contravergas e pilaretes
	J5	△	Estoque após posicionamento (parede armada)
Areia	K1	△	Estoque de areia
	K2	□	Colocação da quantidade prevista na caixa
	K3	□	Transporte da caixa até a betoneira
	K4	△	Estoque na betoneira
Cimento	L1	△	Estoque de cimento
	L2	□	Transporte até a betoneira
	L3	△	Estoque na betoneira
	L4	□	Colocação da quantidade prevista de cimento na betoneira
Brita 0	M1	△	Estoque de brita
	M2	□	Colocação da quantidade prevista na caixa
	M3	□	Transporte da caixa até a betoneira
	M4	△	Estoque na betoneira
Graute	N1	○	Mistura na betoneira
	N2	△	Estoque após a betoneira
	N3	□	Transporte até o posto de trabalho
	N4	□	Estoque no posto de trabalho
Alvenaria	O1	○	Grauteamento dos blocos
	O2	△	Estoque (parede pronta para segunda elevação)

Quadro 5: diagrama do subprocesso de armação e grauteamento

6 COLETA DE DADOS

A coleta de dados para a realização deste trabalho iniciou com observações e registros de imagens do processo de produção das paredes. Antes de qualquer coisa, porém, foi necessário definir as paredes que seriam utilizadas no estudo, assim como os métodos que seriam empregados no levantamento. Para se chegar aos resultados desejados, era preciso que fossem coletados dados sobre paredes cegas e paredes com vãos de janelas. A definição das paredes partiu, então, do exame dos projetos da edificação.

6.1 DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES A SEREM OBSERVADOS

Analisando os projetos de modulação e paginações das paredes do pavimento tipo das torres, observou-se a inexistência de parede com um único vão de janela. Optou-se, então, por utilizar no estudo uma parede com dois vãos idênticos, com 141 cm de largura por 141 cm de altura, que se repetia por quatro vezes em cada pavimento. A figura 14 mostra a paginação da parede em questão, denominada genericamente PJ. As outras paredes com janelas foram descartadas porque tinham, todas, vãos de tamanhos diversos, consistindo em janelas menores de banheiros, cozinhas ou vãos para espera de ar-condicionado, o que dificultaria a análise.

Para a escolha da parede cega também não havia muitas opções. As únicas paredes sem vãos presentes no pavimento tipo das torres eram as que dividiam os apartamentos. Selecionaram-se, então, os componentes a analisar, escolhendo-se duas configurações distintas encontradas entre as paredes de divisa. As genericamente chamadas PC1 eram paredes que se repetiam duas vezes em cada pavimento, sendo as paredes que apresentavam menor interferência com outras. PC2 era uma segunda opção que se cogitou utilizar no estudo, por ser uma parede de maior área e ter uma conformação semelhante à da parede com janelas, apresentando, como esta, três amarrações a outras paredes. Porém, na prática, sua observação não se mostrou eficaz, e sua execução acabou sendo acompanhada apenas para obtenção de dados complementares. As paginações dessas paredes cegas, PC1 e PC2, estão representadas, respectivamente, nas figuras 15 e 16. A figura 17 mostra a posição das paredes escolhidas sobre a planta baixa do pavimento tipo.

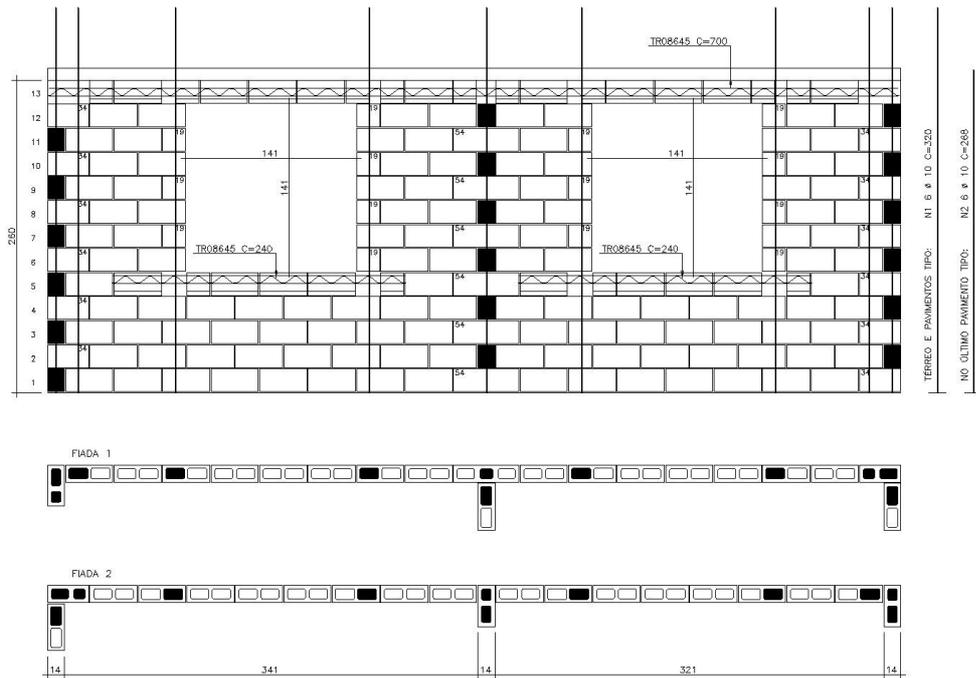


Figura 14: paginação da parede com janelas – PJ (trabalho não publicado)²

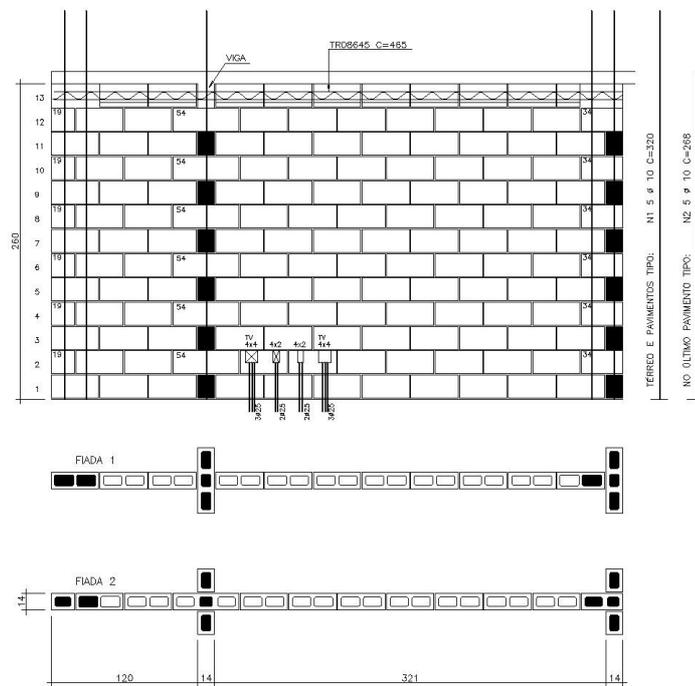


Figura 15: paginação da parede cega 1 – PC1 (trabalho não publicado)³

² Parte do projeto estrutural do empreendimento

³ Idem

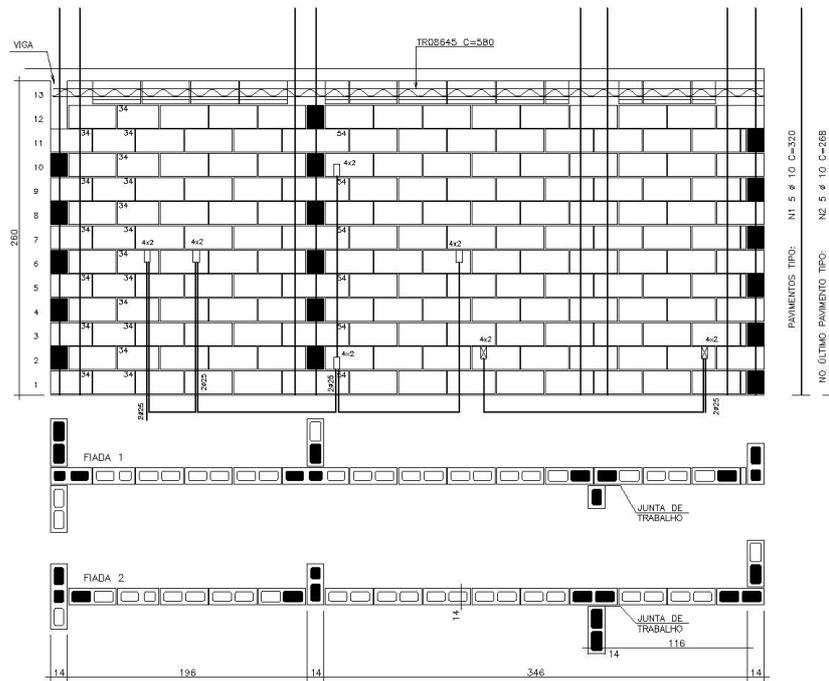


Figura 16: paginação da parede cega 2 – PC2 (trabalho não publicado)⁴

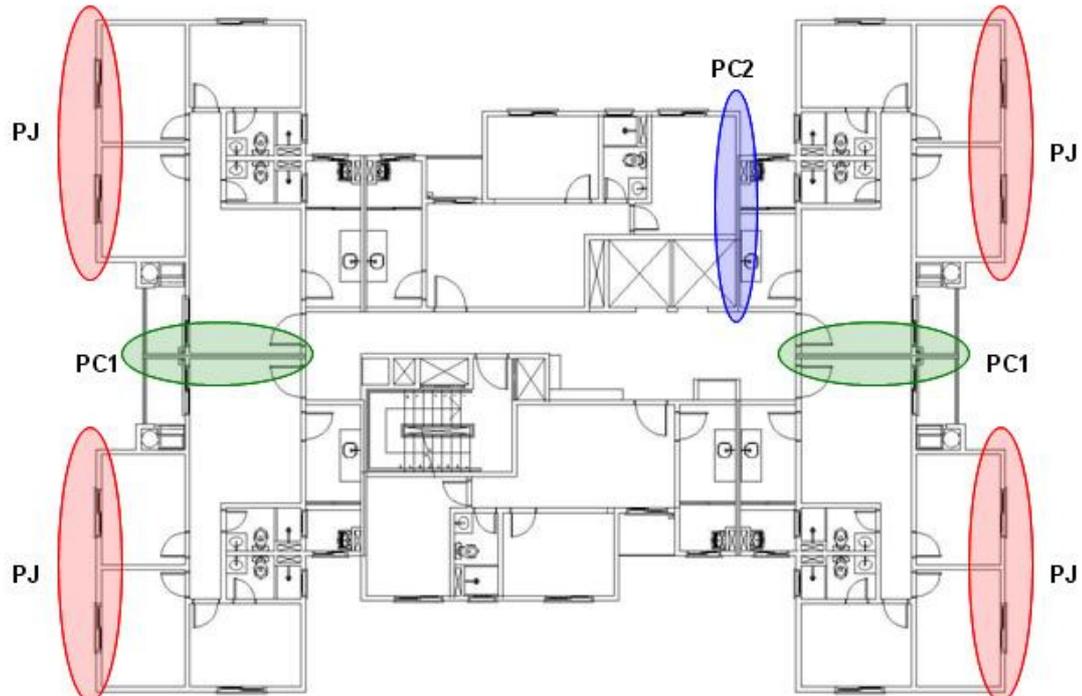


Figura 17: paredes selecionadas para observação (trabalho não publicado)⁵

⁴ Parte do projeto estrutural do empreendimento

⁵ Adaptado do projeto arquitetônico do empreendimento

6.2 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE COLETA

Para realizar a comparação proposta, considerou-se mais adequado empregar o procedimento de cronometragem direta dos elementos do processo, baseado no estudo de tempos exposto na seção 4.3.1. Dividindo os processos de execução de alvenaria em operações elementares e cronometrando os serviços, seria possível estabelecer e comparar os tempos despendidos para as duas situações estudadas. Além disso, a enumeração das operações necessárias para a execução dos serviços serviria também como uma comparação qualitativa dos processos.

As outras técnicas estudadas não se mostraram eficazes na aquisição dos dados necessários a esta pesquisa porque não permitiriam a obtenção dos tempos de execução de componentes isolados da edificação. Isto é, poder-se-ia, com o uso dessas técnicas, chegar a dados gerais de produtividade na execução de alvenaria na obra estudada, porém não aos dados específicos das paredes necessários ao estudo.

6.3 DETALHAMENTO DOS PROCESSOS

Com a definição dos componentes cuja produção deveria ser analisada e das ferramentas que seriam utilizadas, partiu-se para a observação dos processos em campo. A primeira etapa do levantamento consistiu de acompanhamento e registro de imagens dos processos para que se pudessem constatar as diferenças existentes entre a produção das paredes cegas e daquelas com vãos de janelas.

A partir das observações feitas e de conversas informais com os trabalhadores responsáveis pela execução dos serviços, elaborou-se uma descrição detalhada de todas as atividades incluídas na produção da parede. Nesta listagem de atividades é também designada a mão de obra envolvida nas operações. Os quadros 6 e 7 apresentam, respectivamente, os registros das operações necessárias para a execução das paredes cegas e com janelas, evidenciando as principais diferenças observadas nos dois casos.

Nestes registros, desconsideraram-se as atividades de marcação e assentamento da primeira fiada, pois a presença ou ausência de janelas na parede não interfere nesta etapa. Além disso, só foram levadas em consideração, nesta listagem, as atividades realizadas diretamente sobre a parede em elevação. Não estão inclusas, portanto, diversas tarefas auxiliares que fazem

parte do processo, mas que, entretanto, são realizadas concomitantemente à elevação, por outros operários e em local diverso. Ou seja, não estão descritas as operações de preparação de argamassa e graute, corte de aço para armação ou transporte de materiais. Tem-se claro, porém, que essas atividades, apesar de não agregarem valor ao produto final, são imprescindíveis para a execução do serviço, influenciando também na produtividade do sistema como um todo.

Algumas tarefas que também não agregam valor ao produto, mas que estão relacionadas nos quadros, incluem a limpeza das células antes do grauteamento, o ato de esticar a linha sobre a fiada a ser assentada e a montagem do apoio sob a verga das janelas. Essas operações foram listadas por fazerem parte dos serviços executados diretamente sobre a parede, ocorrendo durante a elevação da alvenaria e podendo ser facilmente observadas e cronometradas. A montagem do andaime para permitir a execução das fiadas superiores, apesar de não ter ocorrência direta sobre a parede e de também não agregar valor ao produto final, foi, da mesma forma, incluída na lista por ser um tempo de espera necessário para a continuidade do serviço. Esse tempo pode, porém, ser desconsiderado na comparação, já que ocorrerá da mesma forma em ambas as situações.

PAREDE CEGA (1ª fiada já assentada)		
Ordem	Sujeito	Atividade
1	Pedreiro	Assenta blocos dos cantos da parede (extremidades)
2	Pedreiro	Estica linha
3	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a fiada já assentada em todo comprimento da parede, utilizando palheta
4	Pedreiro	Assenta blocos da 2ª fiada, já deixando preenchida a junta vertical utilizando a colher de pedreiro
5	Pedreiro	Repete operações (1-4) para 3ª, 4ª, 5ª, 6ª e 7ª fiadas
6	Servente	Monta andaime a meia altura da parede, eleva masseira e blocos
7	Pedreiro	Sobe no andaime
8	Pedreiro	Repete operações (1-4) para 8ª, 9ª, 10ª, 11ª e 12ª fiadas
9	Pedreiro	Assenta blocos dos cantos da parede (extremidades)
10	Pedreiro	Estica linha
11	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 12ª fiada em todo comprimento da parede, utilizando palheta
12	Pedreiro	Assenta blocos da 13ª fiada, utilizando blocos canaleta e já deixando preenchida a junta vertical utilizando a colher de pedreiro
13	Servente	Limpa o excesso de massa de dentro dos furos a serem grauteados e retira os detritos através da janela de inspeção deixada ao pé do pilarete
14	Ferreiro	Posiciona as barras de aço verticalmente nos pontos a serem grauteados
15	Ferreiro	Fixa as barras nas esperas com arame através da janela de inspeção
17	Ferreiro	Utilizando pedaços de chapa de compensado e abraçadeiras de <i>nylon</i> tipo <i>Hellerman</i> , obstrui as janelas de inspeção e vazios deixados na fiada de respaldo para passagem da armadura
18	Servente	Umedece os blocos a serem grauteados
19	Servente	Verte o graute dentro dos vazios verticais com ajuda de um balde
20	Servente	Utiliza uma barra de aço para adensar o graute

Quadro 6: registro de operações para a execução de parede cega

PAREDE COM JANELAS (1ª fiada já assentada)		
Ordem	Sujeito	Atividade
1	Pedreiro	Assenta blocos dos cantos da parede (extremidades)
2	Pedreiro	Estica linha
3	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a fiada já assentada em todo comprimento da parede, utilizando palheta
4	Pedreiro	Assenta blocos da 2ª fiada, já deixando preenchida a junta vertical utilizando a colher de pedreiro
5	Pedreiro	Repete operações (1-4) para 3ª e 4ª fiadas
6	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 4ª fiada em todo comprimento da parede, utilizando palheta
7	Pedreiro	Assenta blocos da 5ª fiada, atentando para a paginação da parede, posicionando corretamente os blocos canaleta no comprimento da contraverga
8	Servente	Limpa o excesso de massa de dentro dos furos a serem grauteados e retira os detritos através da janela de inspeção deixada ao pé do pilarete
9	Ferreiro	Posiciona as barras de aço verticalmente nos pontos a serem grauteados
10	Ferreiro	Fixa as barras nas esperas com arame através da janela de inspeção
11	Ferreiro	Posiciona treliças de aço dentro dos blocos canaleta, armando a contraverga da janela
12	Ferreiro	Utilizando pedaços de chapa de compensado e abraçadeiras de <i>nylon</i> tipo <i>Hellerman</i> , obstrui as janelas de inspeção e vazios deixados na fiada da contraverga para passagem da armadura
13	Servente	Umedece os blocos a serem grauteados
14	Servente	Verte o graute dentro das canaletas e vazios verticais com ajuda de um balde
15	Servente	Utiliza uma barra de aço para adensar o graute
17	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 5ª fiada até a extremidade da janela
18	Pedreiro	Assenta blocos da 6ª fiada, atentando para a correção da medida do comprimento da parede até a janela
19	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 5ª fiada entre as duas janelas
20	Pedreiro	Assenta blocos da 6ª fiada, atentando para a correção da medida do comprimento da parede entre as janelas
21	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 5ª fiada da extremidade da segunda janela até o fim da parede
22	Pedreiro	Assenta blocos da 6ª fiada, atentando para a correção da medida do comprimento da parede até a janela
23	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 6ª fiada até a extremidade da janela
24	Pedreiro	Assenta blocos da 7ª fiada, atentando para a manutenção do prumo da extremidade da janela
25	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 6ª fiada entre as duas janelas
26	Pedreiro	Assenta blocos da 7ª fiada, atentando para a manutenção do prumo das extremidades da janelas
27	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 6ª fiada da extremidade da segunda janela até o fim da parede
28	Pedreiro	Assenta blocos da 7ª fiada, atentando para a manutenção do prumo das extremidades da janelas
29	Servente	Monta andaime a meia altura da parede, eleva masseira e blocos
25	Pedreiro	Sobe no andaime
26	Pedreiro	Repete operações (23-28) para 8ª, 9ª, 10ª, 11ª e 12ª fiadas
33	Pedreiro	Monta apoio para assentamento de verga sobre janelas
34	Pedreiro	Espalha dois cordões de argamassa sobre a 12ª fiada
35	Pedreiro	Assenta blocos da 13ª fiada, usando blocos canaleta
36	Servente	Limpa o excesso de massa de dentro dos furos a serem grauteados e retira os detritos através da janela de inspeção deixada ao pé do pilarete
37	Servente	Posiciona as barras de aço verticalmente nos pontos a serem grauteados
38	Servente	Fixa as barras nas esperas com arame através da janela de inspeção
39	Servente	Utilizando pedaços de chapa de compensado e abraçadeiras de <i>nylon</i> tipo <i>Hellerman</i> , obstrui as janelas de inspeção e vazios deixados na fiada de respaldo para passagem da armadura
40	Servente	Umedece os blocos a serem grauteados
41	Servente	Verte o graute dentro dos vazios verticais com ajuda de um balde
42	Servente	Utiliza uma barra de aço para adensar o graute

Quadro 7: registro de operações para execução de parede com janelas

Como se pode perceber, a execução da parede com janelas envolve um número muito maior de operações do que a da parede cega. Dessa forma, ela requer uma quantidade maior de trabalho dos operários envolvidos. Para ilustrar a situação, são expostas, nas figuras 18 e 19, algumas imagens registradas durante as observações. Nelas, pode-se visualizar a maior diversidade existente no processo de execução da parede com janelas.



Figura 18: execução da parede cega (PC1)

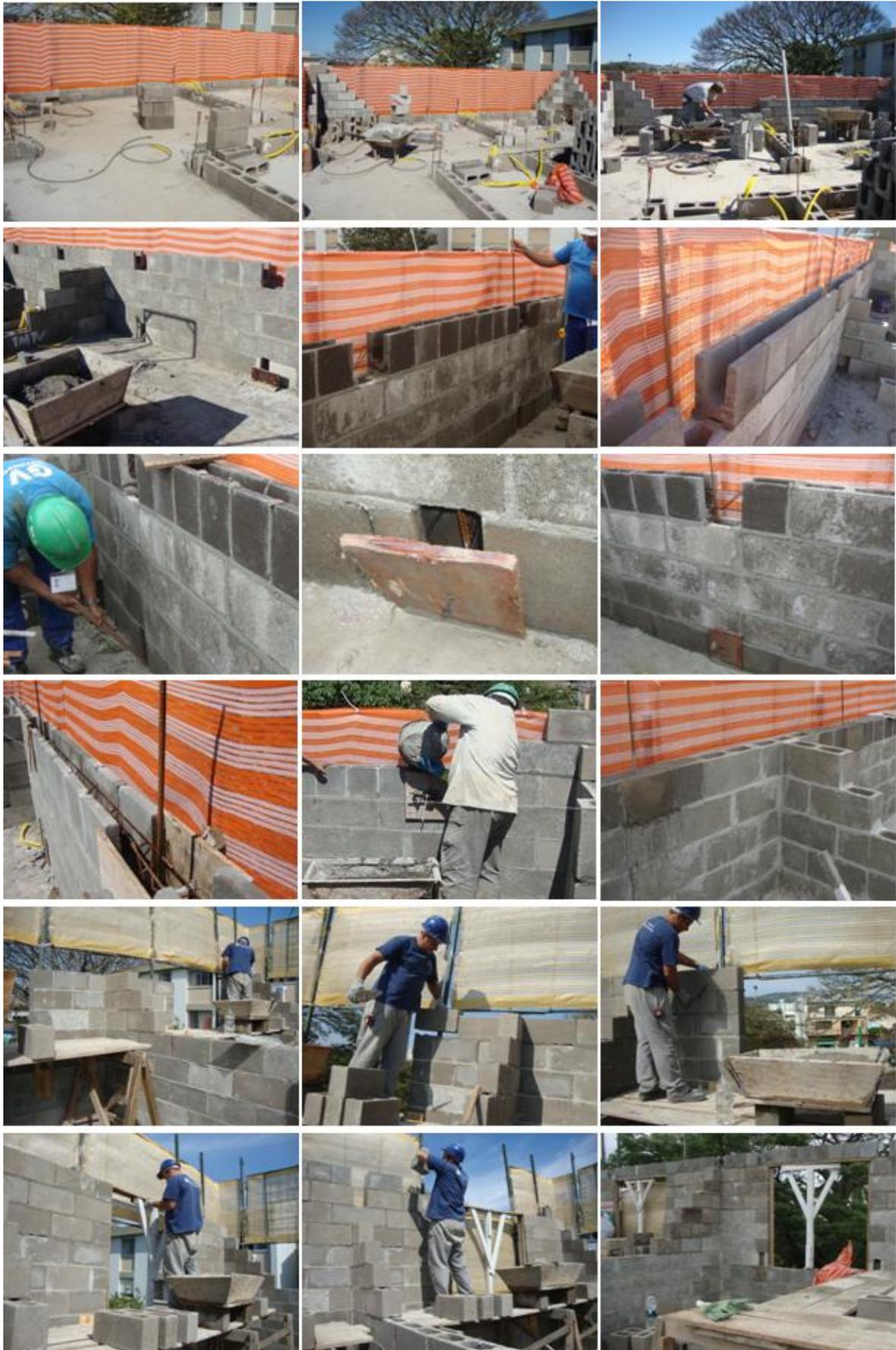


Figura 19: execução da parede com janelas (PJ)

6.4 MEDIÇÃO DE TEMPOS

Para evidenciar o tempo despendido nas diversas tarefas que compõem os processos, passou-se, a seguir, para a etapa de medição. O método utilizado foi o de cronometragem contínua dos processos e de atividades isoladas. Para facilitar e organizar o trabalho de campo, foram elaboradas fichas baseadas nas listagens de operações apresentadas no item anterior.

6.4.1 Considerações preliminares

Assim como na listagem de atividades, só foram consideradas na medição as operações realizadas diretamente sobre a parede observada. Considerou-se, dessa forma, o tempo despendido na realização dos serviços estando todos os materiais necessários à disposição do operário e posicionados ao seu alcance. Foram descontados, também, os tempos de espera gerados por fatores não concernentes à execução do serviço e os desvios de atividades.

Optou-se por não contabilizar os tempos de transporte de materiais porque as distâncias de deslocamento eram muito variáveis, dependendo do pavimento em que se estava trabalhando para deslocamentos verticais e, mesmo sobre o pavimento, variando com a disposição dos paletes de blocos estocados e a posição das paredes.

Da mesma forma, os tempos de mistura do graute e da argamassa e de corte de aço também não foram considerados, pois teriam de ser rateados entre todos os componentes a que os elementos estariam sendo destinados. Para exemplificar a situação, a argamassa produzida no pavimento era distribuída entre todos os operários trabalhando na execução de alvenaria. Seria necessário, então, conhecer a quantidade exata que estava sendo produzida no tempo medido e a quantidade utilizada no componente observado. Realizando as medições em ambiente e situações não controlados, não seria viável a obtenção de tais informações.

Algumas operações de inspeção foram contabilizadas junto com as de processamento. Isso se deu pela dificuldade em separar esses dois tipos de operação. No serviço de alvenaria é imprescindível que o executante realize atividades de inspeção em concomitância com as de conversão, sendo impraticável descrevê-las ou medi-las separadamente. Como exemplos das operações de inspeção realizadas pelo pedreiro ao elevar a alvenaria, estão as verificações de prumo, nível e planicidade da parede. Ao assentar as fiadas de blocos, o operário utiliza,

necessariamente, instrumentos de conferência para garantir a qualidade do produto. Outra atividade de inspeção concomitante com a execução da parede envolve a consulta aos projetos de paginação, principalmente para as paredes com janelas e mais frequente no início da realização dos serviços. Esses tempos empregados em leitura de projetos, apesar de não estarem listados, puderam ser, na maioria das vezes, identificados e cronometrados separadamente.

Pela impossibilidade de realizar a medição simultaneamente em mais de uma torre ou parede e pelo curto período disponível para a obtenção dos dados, o levantamento acabou reduzido a poucas observações, realizadas, em sua maioria, em duas das quatro torres. Inicialmente, procurou-se cronometrar o processo completo de execução das paredes, do início ao fim dos serviços. Só foi possível, porém, concretizar essas medições integrais em três paredes: uma cega e duas com janelas. Outras medições foram realizadas, também, para operações elementares isoladas.

Além do pouco tempo disponível para a coleta dos dados, outro fator que impôs obstáculos à realização da pesquisa foi o próprio andamento da obra, em cujo curso não se podia interferir. A principal dificuldade enfrentada foi a impossibilidade de acompanhar integralmente, na maioria dos casos, a execução dos serviços. A maior parte das observações foi feita para etapas isoladas do serviço de execução da parede, pois ao iniciar as medições muitos serviços já se encontravam em andamento. Em outros casos, a impossibilidade de permanência do observador no local é que gerou a incompletude dos dados.

A torre na qual se iniciou a coleta era a mais adiantada das quatro, encontrando-se em fase de elevação da alvenaria do terceiro pavimento. Ao iniciar as observações, o pavimento já se encontrava marcado, com a primeira fiada de alvenaria assentada. Os dois operários que foram observados com maior zelo eram também os que estavam mais familiarizados com as especificidades do serviço, sendo dos poucos remanescentes do período anterior à paralisação da obra.

Após a conclusão dos serviços de elevação naquele pavimento, a equipe de alvenaria que estava sendo observada deslocou-se para o terceiro pavimento da segunda torre. Ali foram feitas outras medições, também a partir da primeira fiada já assentada.

Outra dificuldade encontrada durante as medições diz respeito à configuração das paredes observadas. Como se pode verificar nas modulações de primeira e segunda fiadas apresentadas na figura 14 ou na planta baixa do pavimento, mostrada na figura 17, a parede com janelas selecionada para as observações é amarrada a outras três paredes (duas amarrações em L, nos cantos, e uma amarração em T, à parede central). Essas amarrações criam a necessidade de se iniciar o assentamento de alguns blocos dessas outras paredes ao realizar a elevação da parede em questão. Isso se deve à exigência de que se deixe a espera para a parede adjacente em conformação de **escadinha** (figura 20), evitando, dessa forma, a inserção de bloco sob outro já assentado, que não exerceria pressão suficiente para garantir aderência adequada entre a argamassa e o bloco. Essas amarrações geram, dessa forma, outras discontinuidades na execução, além daquelas provocadas pela presença dos vãos. Para possibilitar posterior análise dos dados coletados, tomou-se, então, o cuidado de anotar nas folhas de observações todos os detalhes da execução, atentando para a ordem dos acontecimentos e registros os mais fieis possíveis às leituras do cronômetro. Anotou-se, também, o número de blocos assentados a cada fiada, descontados os que já haviam sido colocados junto aos cantos.



Figura 20: conformação das esperas para paredes adjacentes em escadinha

A parede cega cuja execução foi cronometrada em sua totalidade foi a de divisa dos apartamentos de três dormitórios, PC1 (figura 15). A medição dos tempos gastos nas operações que compõem o serviço de execução dessa parede foi facilitada por não haver, no caso, amarrações a outras paredes. As únicas discontinuidades observadas no processo, além das extremidades da parede, são as quatro abas com comprimento de meio bloco que formam os umbrais das portas. Esses elementos que causam discontinuidades na execução foram

todos detalhados e cronometrados separadamente para que seu efeito pudesse ser posteriormente examinado. O assentamento dos blocos de extremidade é sempre mais trabalhoso, pois exige um maior rigor por parte do executante, envolvendo sempre atividades de inspeção como conferência de prumo.

A ideia inicial de utilizar na comparação a parede PC2, que teria conformação mais próxima a da parede com janelas, não pôde se concretizar por causa da ordem de execução das paredes. Os serviços iniciavam sempre pelas paredes externas. Por ser essa parede cega uma parede, em parte, interna, ela era executada após a parede externa na qual era amarrada. Isso impossibilitou a cronometragem da elevação desse canto, pois os blocos eram assentados durante a execução da parede externa. Outra dificuldade apresentada na observação da execução dessa parede é que ela não podia ser realizada inteiramente a partir de uma das faces da mesma. Uma das extremidades da parede, como se pode observar na planta baixa apresentada na figura 17, tem a face voltada para o exterior, o que força o executor a posicionar-se na parte interna. Na outra extremidade, a face oposta é voltada para o vão do elevador, fazendo com que o operário tenha que mudar de posição. Esse fato introduzia, então, mais uma descontinuidade na execução que teria que ser considerada na análise.

Os serviços de armação e grauteamento das paredes prontas, como descrito anteriormente, eram realizados após o cimbramento da laje do pavimento superior, com os operários posicionados sobre ela. Isso causou uma interrupção nas observações, pois os serviços de carpintaria, envolvendo formas e escoramento, não faziam parte do escopo do trabalho. Por isso e pela concomitância desses serviços com a elevação da alvenaria da outra torre observada, a etapa final da execução da parede, ou seja, a armação e grauteamento de pilaretes e da última fiada, composta por blocos canaleta, não puderam ser devidamente cronometrados.

6.4.2 Folha de observações

Como anteriormente mencionado, a folha de observações para anotação das leituras dos tempos cronometrados foi elaborada com base nas listagens de operações apresentadas na seção 6.2. Ao lado da relação de atividades, ordenadas cronologicamente, adicionaram-se duas colunas: uma para o registro dos tempos medidos e outra para observações a respeito da

operação. No cabeçalho da folha reservou-se espaço para registro de informações como o local da medição, especificando a torre, o pavimento e a parede observada, além da data da medição, horários de início e término e o nome dos operários envolvidos e respectivas funções. O quadro 8 reproduz a folha utilizada para registro do processo de execução da parede cega. Similar a essa, a folha de observações para a parede com janelas apenas apresentava listada uma quantidade maior de atividades.

Anexas a essas folhas de observações, utilizavam-se em campo desenhos das paginações das paredes observadas, facilitando a identificação dos blocos assentados e a anotação da ordem dos acontecimentos. Essas anotações feitas sobre os desenhos permitiriam um melhor entendimento dos registros efetuados, sendo uma representação do produto executado e proporcionando a visualização do andamento do processo registrado.

As folhas de observações elaboradas mostraram-se úteis para as medições sequenciais e integrais dos processos. Porém, a partir do momento em que não foi mais possível acompanhar partes maiores do processo, as folhas perderam a eficácia. Para registrar a cronometragem de operações elementares isoladas, como o assentamento de fiadas individuais de blocos ou operações pertencentes aos serviços de armação e grauteamento de contravergas e pilaretes, passou-se a utilizar apenas um caderno de anotações. Neste caderno as operações eram descritas e os tempos anotados, juntamente com informações como: local onde estava sendo executado o serviço, data e horário de medição, nome do operário e demais observações pertinentes.

FOLHA DE OBSERVAÇÕES				
Torre 1 - 3º pavto		Equipe: Pedreiro:		Data:
Apto 302/303 - PC1		Servente:		Hora início:
Processo: exec. parede cega				Hora término:
Nº	Suj.	Atividade	Tempo	Observações
1	P	Assentar extremidades		
2	P	Esticar linha		
3	P	Espalhar argamassa		
4	P	Assentar 2ª fiada		
5	P	Assentar extremidades		
6	P	Esticar linha		
7	P	Espalhar argamassa		
8	P	Assentar 3ª fiada		
9	P	Assentar extremidades		
10	P	Esticar linha		
11	P	Espalhar argamassa		
12	P	Assentar 4ª fiada		
13	P	Assentar extremidades		
14	P	Esticar linha		
15	P	Espalhar argamassa		
16	P	Assentar 5ª fiada		
17	P	Assentar extremidades		
18	P	Esticar linha		
19	P	Espalhar argamassa		
20	P	Assentar 6ª fiada		
21	P	Assentar extremidades		
22	P	Esticar linha		
23	P	Espalhar argamassa		
24	P	Assentar 7ª fiada		
25	S	Montar andaime		
26	P	Subir no andaime		
27	P	Assentar extremidades		
28	P	Esticar linha		
29	P	Espalhar argamassa		
30	P	Assentar 8ª fiada		
31	P	Assentar extremidades		
32	P	Esticar linha		
33	P	Espalhar argamassa		
34	P	Assentar 9ª fiada		
35	P	Assentar extremidades		
36	P	Esticar linha		
37	P	Espalhar argamassa		
38	P	Assentar 10ª fiada		
39	P	Assentar extremidades		
40	P	Esticar linha		
41	P	Espalhar argamassa		
42	P	Assentar 11ª fiada		
43	P	Assentar extremidades		
44	P	Esticar linha		
45	P	Espalhar argamassa		
46	P	Assentar 12ª fiada		
47	P	Assentar extremidades		
48	P	Esticar linha		
49	P	Espalhar argamassa		
50	P	Assentar 13ª fiada		

Quadro 8: folha de observações para processo de execução da parede cega

6.4.3 Cronometragem das operações

O método utilizado na realização das medições foi o de leitura contínua do cronômetro. Ou seja, o cronômetro deveria entrar em funcionamento ao início da primeira operação e a contagem só seria finalizada ao final do processo (ou da parte do processo considerada). Ao final de cada operação era anotada a leitura do cronômetro. No caso de existência de pausas causadas por motivos alheios ao serviço ou algum acontecimento incomum, o fato era também registrado na folha, com tempos de início e término da ocorrência. Porém, no caso de intervalos maiores de serviços parados ou de desvios dos operários para outras atividades, o cronômetro era parado, anotava-se a situação e reiniciava-se a contagem a partir da retomada do serviço.

As primeiras medições realizadas foram correspondentes aos processos completos de execução das paredes. Ou seja, essas observações foram feitas acompanhando-se as elevações da parede cega e da com janelas desde a segunda fiada até a última, registrando e cronometrando todas as operações realizadas. Obteve-se, dessa forma, o tempo total empregado na execução das duas paredes. Esses primeiros registros obtidos eram correspondentes à execução das duas paredes por dois operários distintos. Esses dois trabalhadores eram, como informado anteriormente, os mais familiarizados com a obra, e poder-se-ia inferir, para efeito de comparação, que tinham, ambos, habilidades semelhantes. Porém, por falta de evidências suficientes que comprovassem essa semelhança e para evitar dúvidas sobre os resultados obtidos desta comparação, procurou-se realizar nova medição do serviço, tentando acompanhar a execução do segundo tipo de parede pelo mesmo pedreiro.

Ao realizar as observações subsequentes, porém, os processos já se encontravam iniciados, por isso optou-se por registrar os tempos de atividades isoladas, para que se pudessem obter, ao menos, informações adicionais para comparação. Essas leituras complementares foram feitas, também na primeira torre, para as atividades de assentamento de blocos, armação e grauteamento.

Para a operação de assentamento, as medições foram realizadas para algumas fiadas isoladas das paredes análogas àquelas cujo tempo de produção havia sido inicialmente mensurado. Para as operações elementares pertinentes aos serviços de armação e grauteamento de contravergas e pilaretes de paredes com janelas executadas até a quinta fiada, as observações foram feitas em pontos diversos, considerando inclusive outras paredes não análogas que

possuíam vãos de dimensões idênticas às das janelas das paredes estudadas. Essas medidas foram consideradas válidas para o estudo porque, desprezados os tempos de deslocamento, a posição ou conformação da parede não influem na execução desses serviços.

O acompanhamento da execução do serviço completo de elevação de outra parede por um dos dois pedreiros anteriormente observados só foi possível ao se iniciarem os serviços de alvenaria do terceiro pavimento da segunda torre. Realizou-se, então, da mesma maneira inicial, a cronometragem do tempo necessário para a execução do serviço. Foi possível, dessa forma, obter os tempos gastos por um mesmo operário na execução dos dois tipos de paredes.

7 ANÁLISE DOS DADOS

A partir do registro de dados realizado em campo, os valores foram transpostos para uma planilha eletrônica através da qual se fez a subtração dos tempos acumulados para a obtenção dos tempos de cada operação. Os tempos gastos em operações similares foram, então, listados em uma mesma planilha para permitir a comparação e verificação da existência de medições muito divergentes.

Como a quantidade de dados obtidos foi muito reduzida, a avaliação dos mesmos tornou-se difícil de concretizar. Mesmo considerando um valor médio entre os medidos, não se poderia afirmar que este fosse confiável ou representativo do processo. Dessa forma, os resultados obtidos da análise quantitativa das informações registradas concernem somente à situação específica na qual se deu a aquisição dos dados.

As diferenças encontradas nas conformações das paredes, além daquelas que o estudo se propunha a analisar, introduziram também algumas dificuldades na comparação dos dados. Por exemplo, por causa das discontinuidades geradas pelas amarrações a outras paredes, a execução da parede com janelas utilizada no estudo se dava de maneira diferente a da parede cega. Isto é, no caso da parede cega, que não era amarrada a outras paredes, o executor assentava um bloco em cada extremidade da parede, estendia a linha sobre esses blocos e assentava o resto da fiada, repetindo os mesmos movimentos para todas as fiadas. A existência do vão de janela na parede não modificaria esse procedimento. Porém, pelo fato de a parede com janelas encontrar-se amarrada a outras nas extremidades, a ordem de execução dos serviços era modificada. Nesse caso, a elevação da parede iniciava com o assentamento dos blocos de extremidade até uma altura de cinco ou seis fiadas, o que significava que as fiadas inferiores acabavam com vários blocos assentados preliminarmente.

Essas discontinuidades não pertinentes ao escopo da pesquisa tornaram complicada a divisão do serviço em operações elementares. Nos registros de campo foram anotados todos os passos da execução, com detalhes como número de blocos assentados, ordem de assentamento e tempos gastos nas marcações dos cantos. Porém, pela falta de padronização das ações

envolvidas e a dificuldade de identificação de pontos iniciais e finais das operações, a separação dos registros em tempos elementares tornou-se impraticável.

Para realizar a comparação proposta, utilizaram-se, então, os dados obtidos a partir do acompanhamento da execução completa das duas paredes pelo mesmo operário. Os outros valores coletados, como as medições complementares de atividades isoladas e os dados da execução da parede pelo outro pedreiro, serviram apenas para buscar divergências muito grandes nas medições.

Procurando diminuir o efeito de ocorrências muito variáveis durante a execução dos serviços sobre os resultados, subtraíram-se dos tempos totais despendidos na realização dos mesmos todos os tempos improdutivos, como esperas para abastecimento de material e outros. Para ilustrar o efeito desses tempos de espera, que podem ser ocasionados por inúmeros motivos diversos, sobre os tempos totais de execução dos serviços, apresenta-se no quadro 9 um resumo dos registros para os serviços de armação e grauteamento de contravergas e pilaretes de paredes com janelas.

As informações apresentadas neste quadro são referentes a algumas das leituras complementares feitas em paredes isoladas. Os horários registrados são os de início da cronometragem e os tempos são os lidos ao final da operação, descontados os tempos de espera e transporte de materiais. Ao final do quadro estão apresentados os tempos totais decorridos do início ao fim do serviço, sem descontos, e os tempos totais considerados produtivos.

Em alguns casos, como, por exemplo, na etapa de limpeza das células que precede o grauteamento, foram obtidas variações bastante grandes nas leituras de tempos. Isso se deve ao fato de que o tempo gasto nessa atividade depende principalmente da quantidade e estado dos detritos que precisam ser removidos através das janelas de inspeção, que são, de fato, muito variáveis.

Para a operação de grauteamento, a variação nas leituras se deve principalmente às esperas para abastecimento de material. Esses tempos de espera e transporte, que haviam sido também cronometrados e descritos nas folhas de observações, foram descontados do tempo total.

Informações gerais			Limpeza das células e remoção de detritos		Posicionamento e fixação armaduras verticais		Posicionamento armaduras contravergas		Obstrução das janelas de inspeção e vazios contraverga		Umedecimento dos blocos a serem grauteados		Lançamento de graute e adensamento		Total serviço de armação e grauteamento		
Data	Local	Operário	Hora Início	Tempo (min)	Hora Início	Tempo (min)	Hora Início	Tempo (min)	Hora Início	Tempo (min)	Hora Início	Tempo (min)	Hora Início	Tempo (min)	Hora Final	Tempo decorrido (h)	Tempo considerado (min)
1/10/2010	PAR02 - T1	Cristiano	10:17	01:21,6	10:22	00:34,7	10:29	00:16,3	10:31	02:48,9	11:12	00:12,5	11:14	12:38,0	11:48	01:31	11:18,6
1/10/2010	PAR02 - T1	Cristiano	10:24	02:07,1	10:27	00:54,2			10:35	03:09,3						01:24	12:44,0
1/10/2010	PAR02 - T1	Cristiano	10:39	03:42,6	10:45	00:48,3	10:48	00:13,1	10:49	02:55,2	13:14	00:15,2	13:15	16:24,0	13:52	03:13	15:52,3
1/10/2010	PAR02 - T1	Cristiano	10:43	01:14,1	10:46	00:32,0			10:53	02:53,3						03:09	13:05,5
4/10/2010	PAR10 - T1	Edson	10:10	01:46,0	10:13	01:17,4	10:20	00:23,6	10:23	02:26,1	10:54	00:08,5	10:56	10:49,0	11:34	01:24	11:10,0
4/10/2010	PAR10 - T1	Edson	10:15	02:54,3	10:19	01:03,8			10:26	02:42,3						01:19	12:20,9
5/10/2010	PAR09 - T1	Cristiano	15:17	03:19,2	15:25	00:56,1	15:32	00:18,3	15:43	03:02,8	15:46	00:16,3	15:47	13:59,0	16:15	00:58	14:34,9
5/10/2010	PAR09 - T1	Cristiano	15:22	02:21,8	15:26	00:42,7			15:52	02:57,1						00:53	13:18,4

Quadro 9: Registro de tempos para serviço de armação e grauteamento

Cada linha do registro corresponde a uma extremidade de janela com um ponto de graute a ser executado. As operações relativas às contravergas, porém, não podem ser separadas dessa maneira, pois pertencem à janela inteira, e por isso os tempos despendidos nestas operações estão contabilizados a cada duas linhas. Na totalização dos tempos produtivos considerou-se a metade desses tempos para cada linha. Ou seja, para saber o tempo total gasto na execução dos serviços para uma janela, pode-se somar os tempos para as duas extremidades. Para que se possam identificar os componentes de cuja execução se está tratando, indicou-se, na figura 21, a posição das paredes observadas com as respectivas designações.

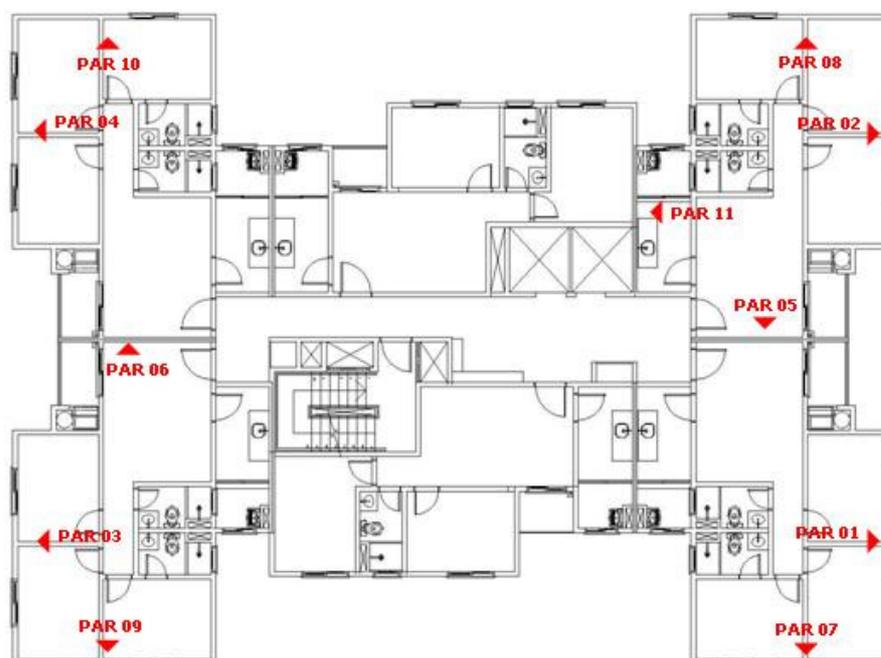


Figura 21: posições das paredes observadas

Para totalizar o tempo gasto na execução da parede cega, foram descontados, além dos tempos de espera e desvios de atividade, os tempos despendidos no assentamento dos meios-blocos que formavam as abas nas fiadas pares (figura 15). Esses tempos foram descontados porque essas abas podem ser consideradas como não fazendo parte da parede, sendo executadas após a fiada pronta. Nas fiadas ímpares contabilizou-se o tempo utilizado no assentamento dos blocos 54 que compunham essas mesmas abas, pois estes faziam parte também da parede observada, sendo colocados no decorrer da execução da fiada. Entende-se que estes blocos, por terem tamanhos diferentes e serem posicionados de forma diversa aos outros da fiada, constituem uma descontinuidade no processo, porém, com os dados obtidos não haveria maneira de precisar o efeito dessa descontinuidade no tempo de execução do serviço.

O quadro 10 mostra a totalização dos tempos para execução da parede cega, já descontados os tempos anteriormente referidos. Os valores apresentados nesse quadro são referentes à execução da parede 05 (figura 21) da primeira torre. Apesar de listado, não foi contabilizado no total o tempo gasto na montagem do andaime.

Data da observação: 30/09/2010 - 01/10/2010							
Local da observação: PAR 05 - Torre 1							
Pedreiro: Ivan							
Nº	Suj.	Atividade	Tempo (h)	Nº	Suj.	Atividade	Tempo (h)
1	P	Assentar extremidades	00:01:49	27	P	Assentar extremidades	00:01:58
2	P	Esticar linha	00:00:16	28	P	Esticar linha	00:00:16
3	P	Espalhar argamassa	00:00:48	29	P	Espalhar argamassa	00:00:56
4	P	Assentar 2ª fiada	00:09:34	30	P	Assentar 8ª fiada	00:10:26
5	P	Assentar extremidades	00:02:12	31	P	Assentar extremidades	00:01:50
6	P	Esticar linha	00:00:15	32	P	Esticar linha	00:00:11
7	P	Espalhar argamassa	00:00:54	33	P	Espalhar argamassa	00:00:49
8	P	Assentar 3ª fiada	00:12:16	34	P	Assentar 9ª fiada	00:09:54
9	P	Assentar extremidades	00:01:54	35	P	Assentar extremidades	00:02:18
10	P	Esticar linha	00:00:12	36	P	Esticar linha	00:00:14
11	P	Espalhar argamassa	00:00:39	37	P	Espalhar argamassa	00:00:59
12	P	Assentar 4ª fiada	00:10:12	38	P	Assentar 10ª fiada	00:13:13
13	P	Assentar extremidades	00:01:59	39	P	Assentar extremidades	00:02:26
14	P	Esticar linha	00:00:14	40	P	Esticar linha	00:00:11
15	P	Espalhar argamassa	00:01:04	41	P	Espalhar argamassa	00:01:19
16	P	Assentar 5ª fiada	00:15:37	42	P	Assentar 11ª fiada	00:13:55
17	P	Assentar extremidades	00:02:23	43	P	Assentar extremidades	00:02:35
18	P	Esticar linha	00:00:15	44	P	Esticar linha	00:00:17
19	P	Espalhar argamassa	00:00:58	45	P	Espalhar argamassa	00:00:59
20	P	Assentar 6ª fiada	00:14:03	46	P	Assentar 12ª fiada	00:15:02
21	P	Assentar extremidades	00:02:07	47	P	Assentar extremidades	00:01:47
22	P	Esticar linha	00:00:13	48	P	Esticar linha	00:00:12
23	P	Espalhar argamassa	00:01:12	49	P	Espalhar argamassa	00:00:46
24	P	Assentar 7ª fiada	00:15:59	50	P	Assentar 13ª fiada (canaletas)	00:14:25
25	S	Montar andaime	00:03:06			Tempo total considerado	03:14:05

Quadro 10: tempos para execução da parede cega

No caso da parede com janelas, como anteriormente mencionado, os cantos eram inicialmente erguidos até uma altura de cinco ou seis fiadas, na conformação de escadinha. Como o número de blocos assentados pertencentes à parede observada era similar ao da parede adjacente, para totalizar o tempo despendido na execução da parede com janelas, tentando diminuir o efeito dessas discontinuidades causadas pelas amarrações, considerou-se para as elevações dos cantos a metade do tempo utilizada. A contagem foi realizada dessa forma porque não foi possível, neste caso, medir separadamente e de forma precisa os tempos gastos em uma ou outra parede.

Para a amarração em T à parede central, ainda referindo-se à parede com janelas (ver figura 14), a execução se dava concomitantemente ao assentamento das fiadas desta parede. Neste caso, porém, foi possível contabilizar separadamente a execução da espera para a parede contígua durante a medição. Ou seja, cada vez que o operário passava a assentar blocos desta outra parede, tal fato era anotado junto com os tempos referentes lidos no cronômetro. Descontou-se, então, dos tempos medidos, além dos tempos improdutivo já mencionados anteriormente, esses referentes ao assentamento de blocos não pertencentes à parede em questão.

Na metade superior da parede, diversamente do procedimento inicial, os cantos não foram elevados até certo número de fiadas. De forma distinta, os blocos de extremidade foram sendo assentados à medida que se elevava a parede. Para contabilizar apenas o tempo pertinente à execução da parede em estudo, descontaram-se, da mesma maneira descrita no parágrafo anterior, os tempos consumidos no assentamento de blocos das outras paredes.

A listagem de operações cronometradas para a parede com janelas tornou-se muito extensa, tendo a folha de observações para esse serviço várias páginas e muitas observações anotadas. Para possibilitar a apresentação desses dados, optou-se por condensar as informações, agrupando as diversas operações medidas em conjuntos maiores e somando as respectivas parcelas de tempo. Este resumo de operações com a totalização do tempo despendido na execução da parede com janelas é apresentado no quadro 11.

Data da observação: 28/10/2010 - 29/10/2010			
Local da observação: PAR 02 - Torre 2			
Pedreiro: Ivan			
Nº	Suj.	Atividade	Tempo (h)
1	P	Assentar cantos (quatro fiadas)	0:17:47
2	P	Executar 2ª fiada	0:13:22
3	P	Executar 3ª fiada	0:14:56
4	P	Executar 4ª fiada	0:15:48
5	P	Executar 5ª fiada	0:18:36
6	F	Armação e grauteamento	0:41:04
7	P	Assentar cantos (duas fiadas)	0:08:41
8	P	Executar 6ª fiada	0:11:54
9	P	Executar 7ª fiada	0:12:24
10	S	Montar andaime	0:06:25
11	P	Assentar cantos	0:03:12
12	P	Executar 8ª fiada	0:11:31
13	P	Assentar cantos	0:02:42
14	P	Executar 9ª fiada	0:12:49
15	P	Assentar cantos	0:03:28
16	P	Executar 10ª fiada	0:13:07
17	P	Assentar cantos (duas fiadas)	0:05:47
18	P	Executar 11ª fiada	0:12:11
19	P	Executar 12ª fiada	0:13:41
20	P	Montar apoio para assentamento de verga sobre janelas	0:13:02
21	P	Executar 13ª fiada com blocos canaleta	0:24:29
Tempo total considerado			4:30:33

Quadro 11: tempos para execução da parede com janelas

8 RESULTADOS

Utilizando as definições apresentadas no capítulo 4, tem-se que para a obtenção de informações sobre a produtividade de um sistema é necessário relacionar a quantidade de produtos gerados (saídas) e os insumos utilizados (entradas) num dado período. No caso, o produto gerado é a parede de alvenaria e o insumo em questão é a mão de obra utilizada.

Para transformar os dados obtidos através das cronometragens dos serviços em dados de produtividade, foi necessária, então, a avaliação da quantidade de alvenaria executada no período considerado e da quantidade de mão de obra utilizada. A quantificação da alvenaria se deu através da área das paredes medidas. Considerando-se a área bruta das paredes, sem o desconto da área dos vãos, tem-se para a parede com janelas, PJ, 18,3 m² de área e para a parede cega PC1, 12,2 m². Para a análise em questão, porém, optou-se por utilizar a área líquida da parede, ou seja, a quantidade fisicamente gerada de alvenaria. A área resultante, considerada após o desconto dos vãos da parede PJ, é de 14,3 m², correspondente a 78,14% da sua área bruta.

Para quantificar a mão de obra utilizada, a mesma teria que ser expressa em quantidades de homens-horas, multiplicando-se o número de operários envolvidos pelo tempo dedicado ao serviço. Para tanto, foram utilizados os tempos totais considerados produtivos, contabilizados nas planilhas precedentes. Esses tempos correspondem, em sua maioria, às durações dos serviços executados por um pedreiro. Excetuam-se os serviços de armação e grauteamento da alvenaria, executados por outros operários. Contabilizando a mão de obra considerando apenas o operário envolvido diretamente no serviço (ou seja, o pedreiro que executa a alvenaria e o ferreiro ou servente que executa o grauteamento), tem-se para a execução da parede cega um total de utilização de 3,23 homens-horas e para a da parede com janelas 4,51 homens-horas. Nesta quantificação não está contabilizada a mão de obra de apoio, pois tal consideração envolveria todos os serviços não medidos de transporte de materiais, preparação de argamassa e graute, corte de aço, limpeza, entre outros.

Considerando-se, então, os valores apresentados para as entradas e saídas (considerando as saídas líquidas) e empregando-se as duas definições para produtividade indicadas no capítulo 4, obtiveram-se para os dois casos em estudo os resultados expostos no quadro 12, a seguir:

<p>PAREDE COM JANELAS Produtividade = saídas/entradas = $14,3 \text{ m}^2/4,51 \text{ h.h} = 3,17 \text{ m}^2/\text{h.h}$ RUP = entradas/saídas = $4,51 \text{ h.h}/14,3 \text{ m}^2 = 0,315 \text{ h.h/m}^2$</p> <p>PAREDE CEGA Produtividade = saídas/entradas = $12,2 \text{ m}^2/3,23 \text{ h.h} = 3,78 \text{ m}^2/\text{h.h}$ RUP = entradas/saídas = $3,23 \text{ h.h}/12,2 \text{ m}^2 = 0,26 \text{ h.h/m}^2$</p>

Quadro 12: cálculo da produtividade para os dois casos em estudo

Tem-se, então, que, no caso considerado, a produtividade na execução da parede cega foi 19% superior à da parede com janelas. Isto é, utilizando-se a mesma mão de obra, produziu-se uma área 1,19 vezes maior de alvenaria.

De outra forma, utilizando-se a RUP, pode-se dizer que a execução de uma área da parede com janelas demandou 1,21 vezes mais mão de obra do que a execução da mesma área da parede cega.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos indicam, como esperado, uma queda na produtividade da mão de obra quando se trata da parede interrompida por vãos de janela. Porém, os valores apresentados não correspondem ao total da mão de obra demandada para a produção da parede. Consideraram-se, no caso, apenas os trabalhadores que executaram tarefas diretamente sobre a parede. Caso fossem considerados todos os operários necessários para a realização dos serviços e se contabilizassem todos os tempos despendidos na execução dos mesmos, provavelmente a diferença se tornaria ainda maior. Isso porque a produção da parede com janelas demanda um tempo maior de serviço das equipes de apoio responsáveis pela preparação e transporte do graute e das armações. Além disso, os tempos não contabilizados de grauteamento da parede pronta também seriam maiores para a parede com janelas, pois o número de pilaretes nesse caso é superior.

Para se chegar a um resultado mais próximo da realidade, considerando todos esses aspectos, seria necessário um tempo maior de observações para que se pudessem obter dados sobre esses serviços de apoio necessários à produção das paredes. Seria necessário também coletar mais dados sobre a própria execução da parede para que os resultados não fossem referentes apenas a um caso isolado de execução.

Através das observações realizadas, pôde-se perceber que, além do tempo demandado pelos serviços de armação e grauteamento, que se soma ao tempo total de execução da parede, a própria interrupção da alvenaria causada pelos vãos de janelas diminuiu bastante a produtividade do serviço. Isso porque a existência do vão exige do executor uma maior atenção na realização do serviço, pois cria a necessidade de conferências mais frequentes para garantir a correção das prumadas e das dimensões e posições dos vãos. A utilização de gabaritos metálicos para a execução dos vãos, posteriormente implantados no processo, deve, provavelmente, diminuir esse efeito, porém, por outro lado, introduz tempos adicionais de instalação e posterior remoção dos mesmos.

Percebeu-se, durante o estudo, alguma dificuldade na mensuração da produtividade da mão de obra, proporcionada pela grande variabilidade existente na execução dos serviços medidos.

A dificuldade foi aumentada pela necessidade de observação de componentes isolados da edificação, o que introduz a necessidade de se realizar diversas considerações sobre os tempos auxiliares, que neste trabalho, por falta de dados, acabaram sendo desconsiderados. O estudo desses componentes isolados também torna necessário o acompanhamento integral de sua execução para possibilitar a obtenção dos dados de produtividade, o que também gerou obstáculos na realização da pesquisa.

Os resultados obtidos, apesar de se referirem somente à situação específica em que se deu a aquisição dos dados e serem, portanto, inconclusivos, indicam que, de fato, a descontinuidade causada pela existência de vãos de janela provoca uma queda não desprezível de produtividade na execução de paredes em alvenaria estrutural. A diferença encontrada na comparação realizada não deve servir de parâmetro para outros casos, porém, pode representar, de forma aproximada, a ordem de grandeza da influência da descontinuidade sobre a produtividade na execução do serviço.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: ABCI; PROJETO, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Execução de alvenaria – marcação. **Alvenaria com blocos de concreto**: práticas recomendadas, Recife, n. 4, [200-?a]. Disponível em: < http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2010/01/pr4_alvenaria_estrutural.pdf >. Acesso em: 20 nov. 2010.

_____. Execução de alvenaria – elevação. **Alvenaria com blocos de concreto**: práticas recomendadas, Recife, n. 5, [200-?b]. Disponível em: < http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2010/01/pr5_alvenaria_estrutural.pdf >. Acesso em: 20 nov. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798**: execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 6136**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos. 3. ed. Rio de Janeiro, 2007.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. Tradução da 6. ed. americana.

COÊLHO, R. S. A. **Alvenaria estrutural**. São Luís: UEMA, 1998.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. 2. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000. Série Construção Civil, v. 5.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Execução e inspeção de alvenaria racionalizada**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. Coleção Primeiros Passos da Qualidade no Canteiro de Obras

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004. Coleção Primeiros Passos da Qualidade no Canteiro de Obras.

MOREIRA, D. A.; **Medida da produtividade na empresa moderna**. São Paulo: Pioneira, 1991.

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

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SANTOS, A. Medição de produtividade em canteiros utilizando a técnica da amostragem do trabalho. In: FORMOSO, C. T. (Ed.). **Gestão da qualidade na construção civil**: uma

abordagem para empresas de pequeno porte. 2. ed. Porto Alegre: Programa da Qualidade e Produtividade da Construção Civil no Rio Grande do Sul, 1995. p. 197-222.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SOUZA, U. E. L. Como medir a produtividade da mão de obra na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Produtividade/como%20medir%20produtividade%20-%20geral%20-%20Entac.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2009.

TECMOLD PISOS E BLOCOS DE CONCRETO. Gravataí, [200-]. Site institucional da empresa. Disponível em: <<http://www.tecmold.com.br>>. Acesso em: 28 nov. 2009.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 9. ed. rev. e ampl. São Paulo: Pini; Sinduscon-SP, 2008.