

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

Patricia Carone Poyastro

**COMPARAÇÃO ENTRE BLOCOS CERÂMICOS E EM
CONCRETO, QUANTO A CUSTO E PRODUTIVIDADE,
QUANDO UTILIZADOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Porto Alegre
junho 2008

PATRICIA CARONE POYASTRO

**COMPARAÇÃO ENTRE BLOCOS CERÂMICOS E EM
CONCRETO, QUANTO A CUSTO E PRODUTIVIDADE,
QUANDO UTILIZADOS EM 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

Orientadora: Angela Borges Masuero

Porto Alegre
junho 2008

PATRICIA CARONE POYASTRO

**COMPARAÇÃO ENTRE BLOCOS CERÂMICOS E EM
CONCRETO, QUANTO A CUSTO E PRODUTIVIDADE,
QUANDO UTILIZADOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovada em sua forma final pela Professora Orientadora e pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2008

Prof^a. Angela Borges Masuero
Dr^a. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Prof. Inácio Benvegno Morsch
Chefe do DECIV

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Angela Borges Masuero (UFRGS)
Dr^a. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Carlos Torres Formoso (UFRGS)
Ph.D. pela University of Salford, Inglaterra

Prof. Jean Marie Désir (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dedico este trabalho a meus pais, Sergio e Heloisa, por todo amor, educação e por tantas vezes terem aberto mão dos seus sonhos para realizarem os meus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Angela Borges Masuero, orientadora deste trabalho, pelos conselhos, incentivo, tempo dedicado e pela pessoa amiga e carinhosa que sempre foi.

À professora Carin Maria Schmitt, pelos ensinamentos, sugestões e acompanhamento de todas as etapas do trabalho.

À minha família, sempre presente, por todo o apoio não só durante a realização deste trabalho, mas em toda a minha vida. Em especial aos meus pais Sergio e Heloisa, à minha irmã Letícia, à Mida e à Adriana.

Ao meu namorado João Pedro, por todo amor, companheirismo e ajuda durante todo o curso, principalmente nesta fase final.

À arquiteta Sandra Paravisi, pelo auxílio para utilização das ferramentas deste trabalho.

E, por fim, à empresa construtora que abriu suas portas para que eu pudesse realizar a parte prática deste trabalho.

Mais alto sobe aquele que ajuda o outro a subir.

George Adams

RESUMO

POYASTRO, P. C. **Comparação entre blocos cerâmicos e em concreto, quanto a custo e produtividade, quando utilizados em alvenaria estrutural.** 2008. 95 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A alvenaria estrutural é um dos mais antigos sistemas de construção. Com a revolução industrial e o avanço de novas técnicas construtivas foi perdendo espaço na construção civil para as soluções em concreto armado e em aço. No início do século XX, buscando novas alternativas de construção, alguns países mais desenvolvidos começaram a demonstrar interesse novamente e a realizar estudos sobre alvenaria estrutural. No Brasil, os estudos só iniciaram muito mais tarde e até hoje os profissionais da área têm pouco conhecimento sobre o sistema. Além disso, no início, foi fortemente associado apenas a habitações populares. Porém, hoje em dia, essa ótica está mudando. A alvenaria estrutural pode ser executada com tijolos ou blocos, sendo que estes podem ser de diversos materiais. Os mais utilizados são os cerâmicos e os em concreto. Os blocos em concreto são largamente empregados no Brasil e no resto do Mundo. Já os blocos cerâmicos são predominantes no sul do País. Dois dos principais fatores que afetam a produtividade de um operário ao executar uma parede de alvenaria são a massa e as dimensões dos blocos. Os dois tipos de blocos diferem quanto a esses dois fatores. O bloco cerâmico é mais leve, porém com dimensões menores, quando comparado ao bloco em concreto. Além disso, o custo é sempre um fator relevante a ser abordado em se tratando de uma comparação de elementos construtivos. Diante disso, este trabalho tem como objetivo principal, comparar blocos cerâmicos e em concreto, quanto ao custo e produtividade, quando utilizados em alvenaria estrutural. A análise de custos foi feita de forma bastante simplificada, calculando o valor para se executar um metro quadrado de alvenaria estrutural, a fim de se obter um valor para comparação dos dois tipos de blocos. A produtividade foi analisada através de dois estudos de caso, em obras da mesma construtora localizadas na cidade de Porto Alegre/RS, utilizando como ferramentas de controle da produção a amostragem do trabalho e o cartão de produção. Como resultado desse estudo se constatou que, apesar de pouco vantajosos em se tratando de produtividade, os blocos cerâmicos são mais viáveis economicamente.

Palavras-chave: bloco cerâmico; bloco em concreto; custo; produtividade.

ABSTRACT

POYASTRO, P. C. Comparação entre blocos cerâmicos e em concreto, quanto a custo e produtividade, quando utilizados em alvenaria estrutural. 2008. 95 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Comparison between ceramic blocks and concrete blocks relatively to cost and productivity, when used in structural masonry.

The structural masonry is one of the oldest construction systems. With the industrial revolution and the advance of the new constructive techniques, it was losing space in civil construction for the armed concrete and steel solutions. In the beginning of the 20th century, looking for new alternatives of construction, some more developed countries started having interest again and performing studies about structural masonry. In Brazil, the studies have only started much later and until today the professionals of the area have little knowledge about the system. Besides, in the beginning, it was strongly associated with low cost housing. However, nowadays this vision is changing. Structural masonry can be executed with bricks or blocks, and these can be of different materials. The most used types are ceramic blocks and concrete blocks. Concrete blocks are largely used in Brazil and in the rest of the world. But ceramic blocks are predominant in the south of the country. Two of the main factors that affect the productivity of a worker executing a masonry wall are the mass and the block dimensions. The two types of block differ about these two factors. The ceramic block is lighter, however it has smaller dimensions when compared with the concrete block. Besides, the cost is always a relevant factor that has to be addressed when comparing constructive elements. Before this, this work has as main objective, comparing ceramic blocks with concrete blocks, in relation to cost and productivity, when used in structural masonry. The costs analysis was made in a much simplified way, calculating the value to execute one square meter of structural masonry, to obtain a value to compare the two types of block. The productivity was analyzed through two case studies, in building sites of the same construction company, localized in the city of Porto Alegre/RS, using as tools of production control the sampling of the work and the production card. As result of this work it is evident that, in spite of little advantages when treating of productivity, the ceramic blocks are more viable economically.

Key-words: ceramic block; concrete block; cost; productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: delineamento da pesquisa	18
Figura 2: dimensões do bloco	26
Figura 3: tipos de blocos em concreto	31
Figura 4: tipos de blocos cerâmicos	32
Figura 5: escada pré-moldada	41
Figura 6: contramarco pré-moldado	41
Figura 7: carrinho de transporte de blocos	41
Figura 8: suporte para argamasseira	41
Figura 9: canaleta para assentamento de bloco	42
Figura 10: bisnagas para assentamento	42
Figura 11: escantilhão metálico	42
Figura 12: régua de prumo	42
Figura 13: carrinho porta <i>pallet</i>	42
Figura 14: andaime metálico	42
Figura 15: modelo de transformação	46
Figura 16: modelo de conversão	47
Figura 17: atividades como processos e operações	48
Figura 18: comparativo entre os blocos utilizados nas obras	60
Figura 19: assentamento de blocos meia canaleta na última fiada	66
Figura 20: produção de argamassa no pavimento	66
Figura 21: escada pré-moldada	67
Figura 22: transporte vertical: (a) guincho de coluna e (b) carro-guincho	67
Figura 23: transporte horizontal de blocos e argamassa	68
Figura 24: (a) vista da obra; (b) descarga e estoque de materiais	68
Figura 25: estoque de blocos cobertos com lona plástica e sobre <i>palets</i>	69
Figura 26: blocos sendo serrados no pavimento	69
Figura 27: (a) servente concretando contraverga; (b) contraverga concretada	70
Figura 28: contraverga e cinta de amarração feitas com blocos meia canaleta	70
Figura 29: (a) marcação da primeira fiada; (b) equipe executando graute vertical	71

Figura 30: operações realizadas pelo pedreiro na execução da parede: (a) pegando argamassa, (b) colocando argamassa de assentamento com canaleta, (c) colocando argamassa na lateral do bloco, (d) assentando bloco, (e) batendo no bloco para pôr no lugar, (f) retirando excesso de argamassa	72
Figura 31: divisão do tempo de trabalho – blocos em concreto	74
Figura 32: divisão do tempo de trabalho com cada atividade – blocos em concreto	75
Figura 33: assentamento de bloco canaleta na última fiada	78
Figura 34: produção de argamassa: (a) argamassadeira mecânica e (b) betoneira	79
Figura 35: escada pré-moldada	79
Figura 36: transporte de material: (a) vertical e (b) horizontal	80
Figura 37: juntas de isopor	80
Figura 38: (a) vista da obra; (b) estoque de materiais	81
Figura 39: contravergas e cinta de amarração com bloco canaleta	81
Figura 40: divisão do tempo de trabalho – blocos cerâmicos	83
Figura 41: divisão do tempo de trabalho com cada atividade – blocos cerâmicos	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: características dos blocos cerâmicos.....	30
Quadro 2: características dos blocos em concreto.....	30
Quadro 3: orçamento simplificado de 1 m ² de alvenaria estrutural com blocos em concreto	77
Quadro 4: orçamento simplificado de 1 m ² de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos	86
Quadro 5: comparação dos resultados obtidos	86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 METODOLOGIA	16
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	16
2.2 OBJETIVOS	16
2.3 HIPÓTESE	16
2.4 DELIMITAÇÕES	17
2.5 LIMITAÇÕES	17
2.6 DELINEAMENTO DA PESQUISA	17
3 ALVENARIA ESTRUTURAL	19
3.1 HISTÓRICO	19
3.2 SISTEMA CONSTRUTIVO	21
3.2.1 Vantagens	23
3.2.2 Limitações	24
3.3 BLOCOS ESTRUTURAIS	25
3.3.1 Bloco cerâmico	27
3.3.2 Bloco em concreto	28
3.3.3 Comparação entre os blocos	30
3.4 CUSTO	33
3.5 PRODUTIVIDADE	36
3.5.1 Definição	36
3.5.2 Fatores intervenientes na produtividade no canteiro de obra	38
3.5.2.1 Modulação	38
3.5.2.2 Materiais	39
3.5.2.3 Ferramentas e Componentes auxiliares	40
3.5.2.4 Mão-de-Obra	43
3.5.2.5 Layout da Obra	44
3.5.2.6 Projeto	44
3.5.2.7 Retrabalho	45
4 GESTÃO DA PRODUÇÃO	46
4.1 CONCEITUAÇÃO	46
4.2 FERRAMENTAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO	49

4.2.1 Amostragem do Trabalho	50
4.2.2 Cartão de Produção	53
5 MÉTODO DE PESQUISA	55
5.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA	55
5.2 AVALIAÇÃO DO CUSTO	56
5.3 AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE	57
5.3.1 Apresentação da empresa	57
5.3.2 Apresentação das obras	58
5.3.2.1 Obra 1	58
5.3.2.2 Obra 2	59
5.3.2.3 Comparação das obras	60
5.3.3 Coleta de dados	61
5.3.3.1 Amostragem do trabalho	61
5.3.3.2 Cartão de produção	62
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	65
6.1 ESTUDO DE CASO 1: BLOCOS EM CONCRETO	65
6.1.1 Características do sistema da produção	65
6.1.2 Produtividade: cartão de produção e amostragem do trabalho	73
6.1.3 Custo	76
6.2 ESTUDO DE CASO 2: BLOCOS CERÂMICOS	77
6.2.1 Características do sistema da produção	77
6.2.2 Produtividade: cartão de produção e amostragem do trabalho	82
6.2.3 Custo	85
6.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	86
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE A	92
APÊNDICE B	94

1 INTRODUÇÃO

O déficit habitacional é uma das expressões da questão social mais preocupantes para países em desenvolvimento. “As estimativas e pesquisas sobre o déficit habitacional indicam que faltam cerca de 8 milhões de moradias no País, dos quais 93% concentrados em famílias com renda de até cinco salários mínimos.” (BERNASCONI, 2008, p. 48). O desafio de suprir esse problema requer da indústria da construção civil a habilidade para maximizar o valor do produto e minimizar o custo de execução, sem deixar de garantir o desempenho desejável à edificação (ZECHMEISTER, 2005, p. 16). Levando isso em consideração, é possível dizer que a alvenaria estrutural é um sistema construtivo competitivo em termos de custo e que a cada dia desperta mais o interesse desse setor.

A alvenaria estrutural nos últimos anos, devido a trabalhos de pesquisa, à imaginação de projetistas e à grande melhoria da qualidade dos materiais, apresentou significativos e visíveis avanços. Como consequência, pode-se afirmar que é um método de construção econômico e tornou-se uma opção de construção largamente empregada no Mundo em prédios de vários pavimentos. Em diversos países desenvolvidos é um método construtivo bastante utilizado e bem aceito pelos usuários. Já no Brasil, mesmo com condições favoráveis ao desenvolvimento do sistema, em função de um custo mais baixo quando comparado aos sistemas construtivos mais utilizados, os estudos só iniciaram há alguns anos atrás e ainda, pode-se dizer, é pouco difundido.

Entre as vantagens da utilização da alvenaria estrutural estão: redução de custos, velocidade de construção, valor estético, racionalização, produtividade, qualidade, bom desempenho tecnológico, redução da diversidade de mão-de-obra, etapas de construção simultâneas, instalações sem rasgos nas paredes e menores perdas. Como limitações têm-se a impossibilidade de remoção das paredes, menores vãos livres, menor esbeltez da estrutura e limitação do projeto arquitetônico.

Os tipos de blocos mais utilizados no Brasil são os cerâmicos e os em concreto. O estado do Rio Grande do Sul, por possuir cerâmica de boa qualidade e de preço inferior ao concreto,

acaba utilizando mais blocos cerâmicos do que blocos em concreto em alvenaria estrutural. Já o estado de São Paulo, por exemplo, utiliza, em sua grande maioria, blocos em concreto.

Com esta pesquisa pretendeu-se comparar, em termos de custo e produtividade, blocos cerâmicos e em concreto, quando utilizados em alvenaria estrutural. Para isso, foram realizados dois estudos de caso, onde se acompanhou o processo construtivo de duas obras em alvenaria estrutural da mesma construtora, situadas na cidade Porto Alegre, cada uma utilizando um tipo de bloco.

A questão da produtividade foi analisada através da utilização nas obras de ferramentas de controle da produção, amostragem do trabalho e cartão de produção, e se restringiu apenas às modulações de blocos que estavam sendo utilizados nas obras estudadas. Quanto ao custo, fez-se uma análise simples dos valores envolvidos para a produção de um metro quadrado de alvenaria estrutural utilizando cada um dos tipos de bloco, através de tabelas de composições de custos. Os preços dos materiais foram estabelecidos em função de orçamento feitos com alguns fornecedores, sendo considerado o valor intermediário existente no mercado, e o custo da mão-de-obra foi considerado pelo salário estipulado pelo Sindicato das Indústrias da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul (SINDUSCON-RS) em abril de 2008, incluindo as taxas de leis sociais.

O trabalho está dividido em sete capítulos. O capítulo 1 faz uma breve introdução do tema proposto e do método de pesquisa. O capítulo 2 apresenta a metodologia, onde são expostos a questão de pesquisa, os objetivos, a hipótese, as delimitações, as limitações e o delineamento da pesquisa. No capítulo 3, se faz uma exposição sobre o tema alvenaria estrutural, consistindo de um breve histórico, uma explicação do sistema construtivo, comparação entre blocos estruturais estudados, além de serem abordados o custo e a produtividade na alvenaria estrutural. É feita no capítulo 4 uma breve explanação sobre gestão da produção. Por ser um tema muito amplo, focou-se apenas no que se considerou mais importante para o trabalho. Neste mesmo capítulo são apresentadas as ferramentas de controle da produção que foram utilizadas: amostragem do trabalho e cartão de produção. O método de pesquisa é apresentado no capítulo 5, no qual se define a estratégia de pesquisa e se explica como foram realizadas a análise dos custos e da produtividade, aproveitando para apresentar a empresa na qual foi realizado o trabalho, as duas obras que foram acompanhadas e como se procedeu a coleta de dados. Os resultados do custo e da produtividade, através de dois estudos de caso, são

apresentados e discutidos no capítulo 6. Por fim, no capítulo 7, são feitas as considerações finais do trabalho.

2 METODOLOGIA

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Com a realização deste trabalho se buscou responder à seguinte questão de pesquisa: em termos de custos e produtividade, que tipo de bloco, cerâmico ou em concreto, obtém melhores resultados quando utilizado em alvenaria estrutural?

2.2 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é a comparação entre blocos cerâmicos e em concreto, relativamente a custos e produtividade, quando utilizados em construções em alvenaria estrutural.

Os objetivos secundários são:

- a) verificação do custo de produção de um m² de alvenaria estrutural utilizando blocos cerâmicos e utilizando blocos em concreto;
- b) verificação da produtividade de uma edificação em alvenaria estrutural utilizando blocos cerâmicos e utilizando blocos em concreto, levando em consideração a questão da diferente modulação e massa dos blocos.

2.3 HIPÓTESE

O trabalho que foi realizado possui a seguinte hipótese: em construções de alvenaria estrutural, o emprego de blocos cerâmicos é mais vantajoso que o de blocos em concreto no que se refere a custos e produtividade.

2.4 DELIMITAÇÕES

Esta pesquisa possui como delimitação obras em alvenaria estrutural, situadas na cidade de Porto Alegre/RS, executadas por uma mesma empresa construtora. Foi utilizada numa das obras bloco cerâmico e, noutra, bloco em concreto.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações deste trabalho:

- a) a questão da produtividade foi analisada apenas com as modulações de blocos utilizados nas obras de alvenaria estrutural estudadas;
- b) a questão do custo foi analisada em função de tabelas de composições de custos para orçamentos e os preços dos insumos através de orçamento feito com fornecedores do Rio Grande do Sul.
- c) a pesquisa foi baseada em apenas duas obras em execução utilizando alvenaria estrutural, uma empregando blocos cerâmicos e, outra, blocos em concreto.

2.6 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é apresentado na figura 1. As etapas, detalhadamente, são:

- a) pesquisa bibliográfica: estudo e coleta de informações, ou seja, um embasamento teórico sobre o tema. Foram utilizados artigos, dissertações, livros, revistas e materiais da Internet;
- b) seleção das obras a serem analisadas: nesta etapa pretendeu-se selecionar duas obras em fase de execução de alvenaria estrutural que estivessem utilizando uma, blocos cerâmicos e outra, blocos em concreto, de preferência com espessuras de blocos iguais;
- c) elaboração de planilhas para utilização nas obras: escolha das ferramentas de controle da produtividade e dos itens relevantes que seriam observados nas obras em estudo;
- d) acompanhamento da execução da alvenaria estrutural nas obras e coleta de dados: observação da execução das paredes de alvenaria e preenchimento das planilhas previamente elaboradas;

- e) análise dos dados coletados (produtividade): após observação da execução das obras e preenchimento das planilhas, foram avaliados os resultados obtidos, fazendo uma análise de que tipo de bloco obteve melhores resultados em termos de produtividade;
- f) orçamento: elaboração de um orçamento simplificado baseado nas composições de custos envolvidas para a realização de um metro quadrado de alvenaria estrutural com cada tipo de bloco estudado;
- g) análise de custos: análise dos custos obtidos no orçamento realizado anteriormente;
- h) análise final e conclusões: considerações finais acerca do tema pesquisado. Estas conclusões foram obtidas através da inter-relação dos resultados obtidos em campo com a pesquisa bibliográfica.

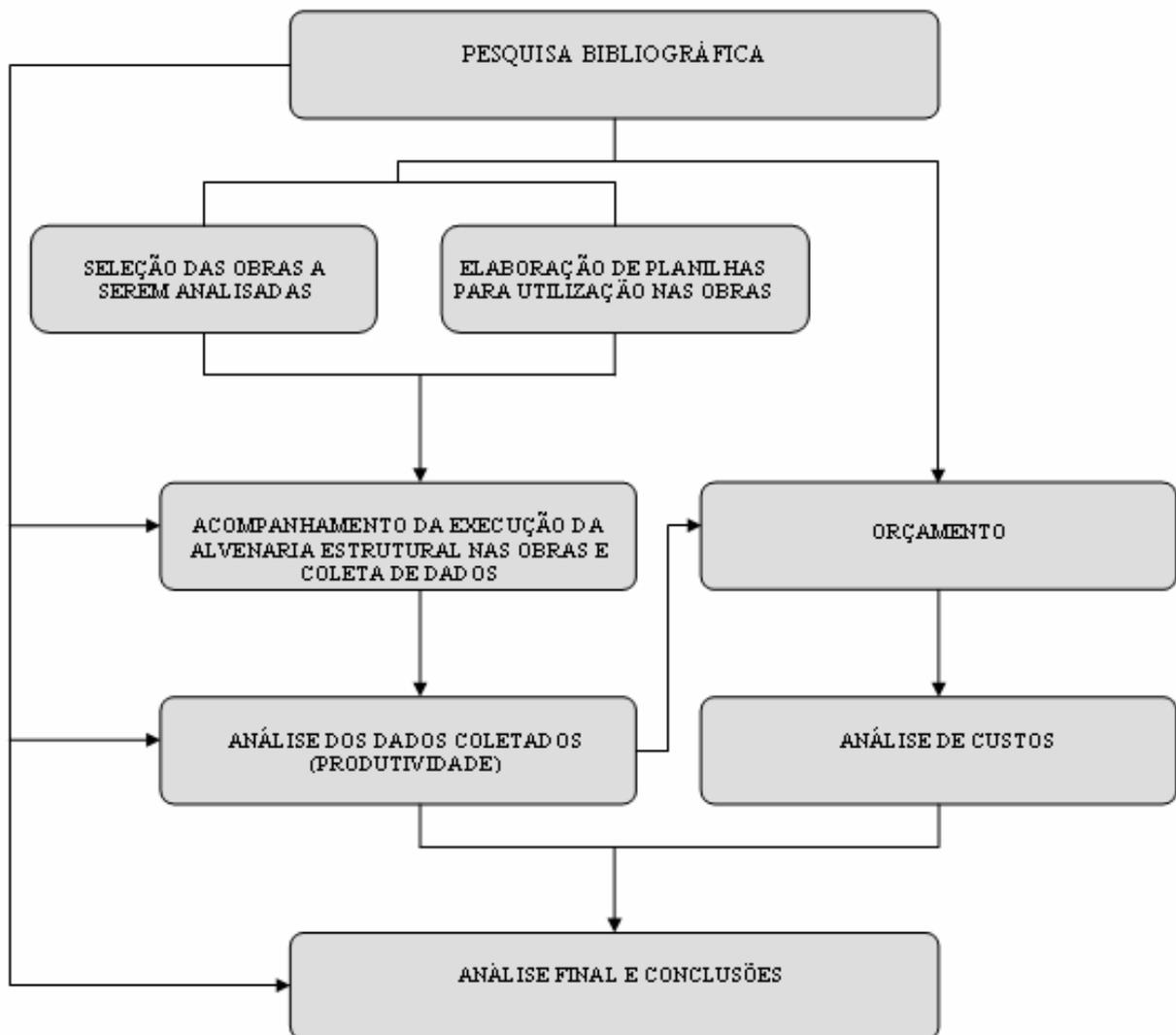


Figura 1: delineamento da pesquisa

3 ALVENARIA ESTRUTURAL

3.1 HISTÓRICO

A alvenaria estrutural é um dos mais antigos sistemas de construção. Existe desde o surgimento das primeiras civilizações, quando se buscava uma maneira de organizar as pedras e montar paredes (ANTUNES, 2004, p. 151).

O emprego de alvenarias em edifícios antigos remonta à mais longínqua Antigüidade. É vulgar considerar edifícios antigos aqueles em cuja realização eram usadas as tecnologias tradicionais, que se mantiveram sem grande alteração até ao advento do concreto armado, o que veio a ocorrer a partir de meados do século XIX e de forma generalizada na segunda metade do século XX. Sublinha-se que os reflexos da Revolução Industrial só têm efeitos verdadeiramente revolucionários na construção com a generalização do concreto armado (não publicado)¹.

Até o final do século XIX, a alvenaria estrutural era uma das principais técnicas construtivas utilizados pelo homem. As construções da época eram erguidas seguindo regras puramente empíricas, baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos (CAMACHO, 2006, p. 5).

Com o progresso provocado pela Revolução Industrial as alvenarias não foram capazes de competir com as novas soluções à base de aço e concreto armado. A invenção do cimento Portland e os refinamentos na produção do aço na 1ª metade do século XIX marcam o início do declínio das construções de alvenaria (não publicado)¹. Camacho (2006, p. 5) reforça essa afirmação dizendo que com o advento do aço e do concreto armado, uma revolução veio abalar a arte de construir. Juntamente com os novos materiais, que possibilitaram a construção de obras de maior porte e arrojo, surgiram também novas técnicas construtivas com embasamento científico que se desenvolveram rapidamente. Em meio a isso, a alvenaria foi

¹ Apostila do professor Hipólito de Souza da disciplina Tecnologia de Construções em Alvenaria da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Porto – Portugal, 2002.

relegada a um segundo plano, passando a ser usada quase que exclusivamente como elemento de fechamento.

“É apenas em meados do século XX que nos países mais desenvolvidos as estruturas de alvenaria voltam a despertar interesse, numa perspectiva mais moderna, associada a novas formas de dimensionamento e ao interesse econômico desta solução.” (não publicado)¹. Camacho (2006, p. 5) concorda com essa afirmação:

Em meados do século XX, com a necessidade do mercado em buscar novas técnicas alternativas de construção, a alvenaria foi, por assim dizer, redescoberta. A partir daí um grande número de pesquisas foram desenvolvidas em muitos países, permitindo que fossem criadas normas, e adotados critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados.

Cerca de 100 anos após o início da abordagem às soluções estruturais em concreto, é na década de 40, na Europa, que engenheiros e arquitetos iniciaram estudos sérios sobre alvenarias. Por esta altura as empresas já produziam tijolos e cimentos de elevada resistência. Assiste-se assim à aplicação às alvenarias de princípios de dimensionamento utilizados em outros sistemas (não publicado)¹. “Na Europa e Estados Unidos a evolução das pesquisas em alvenaria estrutural tem permitido que sejam elaboradas normas modernas, contendo recomendações para o projeto e execução dessas obras, fazendo com que se tornem competitivas com as demais técnicas existentes” (CAMACHO, 2006, p. 5). Roman et al. (1999, p. 13) afirmava na época que em países como Inglaterra, Austrália, Alemanha e Estados Unidos, este método era o mais utilizado e de maior aceitação pelo usuário.

Relativamente à realidade brasileira, a técnica de cálculo e execução com alvenaria estrutural é relativamente recente, surgindo no final dos anos 60, sendo ainda pouco conhecida pela maioria dos profissionais da Engenharia Civil. No entanto, a abertura de novas fábricas de materiais e o surgimento de grupos de pesquisa sobre o tema fizeram com que cada vez mais construtores se interessassem pelo sistema (ROMAN et al., 1999, p. 13), o que vem ocorrendo ainda hoje.

No Brasil, apesar das características sócio-econômicas serem favoráveis para o pleno desenvolvimento da alvenaria estrutural, por ser um sistema de construção de custo inferior ao concreto armado e ao aço, pouco tem sido feito em termos de pesquisas. Os estudos tiveram

origem em São Paulo no fim da década de 60 e em Porto Alegre nos anos 80 (CAMACHO, 2006, p. 5).

Segundo Antunes (2004, p. 151), na década de 70, a tecnologia ficou associada a obras de conjuntos populares, porque houve uma construção maciça com financiamento do Governo Federal. Foi nessa época que começaram a surgir as normas brasileiras, e calculistas e projetistas estruturais puderam se basear em um padrão, com índices para projeto até então desconhecidos. Somente na década de 80 é que começou a introdução de blocos cerâmicos na alvenaria estrutural (CAMACHO, 2006, p. 7). Estes blocos são fabricados e utilizados principalmente na região sul do País.

No Brasil, a alvenaria estrutural ganha, há alguns anos, um olhar novo, investimentos em materiais e normas atualizadas. Essa mudança derruba o velho preconceito de que alvenaria estrutural é sinônimo de construções populares, devido ao grande número de construções executadas com essa técnica até os anos 80 e, principalmente, dá ao sistema um novo campo de utilização (ANTUNES, 2004, p. 151).

A evolução foi mais rápida a partir da década de 90. O desenvolvimento é grande principalmente em São Paulo, onde já existe um padrão de construção para edifícios de apartamentos de diversos pavimentos, uma demanda que antes era atendida apenas pelo concreto armado (ANTUNES, 2004, p. 154).

Antunes (2004, p. 151) afirma que, durante a década de 90, a migração do sistema para edificações altas e de padrão médio fez com que se investisse em tecnologia e, aos poucos, consolida-se como uma opção de construção racionalizada e atraente. As construtoras que começaram a utilizar alvenaria estrutural passaram a investir em pesquisa para melhorar a sua execução e para ganhar em custo, rapidez e racionalização.

3.2 SISTEMA CONSTRUTIVO

Alvenaria é a associação de elementos naturais ou artificiais, constituindo uma construção. Correntemente a ligação é assegurada por argamassa. Os elementos aglutinados naturais são

pedras irregulares ou regulares; os artificiais podem ser cerâmicos, em concreto ou outros. Além disso, a alvenaria pode ser reforçada com armaduras (não publicado)¹.

Segundo Roman et al. (1999, p. 16), alvenaria estrutural é o sistema construtivo em que se utilizam as paredes da habitação para resistirem às cargas, em substituição aos pilares e vigas utilizados nos sistemas de concreto armado, aço ou madeira. Camacho (2006, p. 9) salienta que os principais componentes empregados na execução de edifícios de alvenaria estrutural são as unidades (tijolos ou blocos), a argamassa (utilizada para o assentamento das unidades), o graute e as armaduras (construtivas ou de cálculo). É comum também a presença de elementos pré-fabricados como: lajes, vergas, contravergas, coxins, escadas, entre outros.

O procedimento de execução de alvenaria estrutural de blocos em concreto e cerâmicos é praticamente o mesmo. Dependendo do tipo de bloco, do fornecedor, da família de blocos adotada e dos blocos especiais que se decidiu utilizar na obra, talvez haja a necessidade de se serrarem alguns blocos. Normalmente para se obter um bloco canaleta de concreto, para a execução das cintas de amarração, é necessário se quebrar as paredes de um bloco-padrão. O principal fornecedor de blocos em concreto do Estado, não possui em seu catálogo bloco canaleta inteiro, apenas bloco meia canaleta, o que acaba diminuindo a produtividade da execução da alvenaria.

Segundo a TCPO (TABELAS..., 2003, p. 142), o procedimento executivo da alvenaria estrutural, tanto para blocos cerâmicos como em concreto, basicamente é:

- a) executar a marcação da modulação da alvenaria, assentando-se os blocos dos cantos; em seguida, fazer a marcação da primeira fiada com blocos assentados sobre uma camada de argamassa previamente estendida, alinhados pelo seu comprimento;
- b) atenção à construção dos cantos, que deve ser efetuada verificando-se o nivelamento, perpendicularidade, prumo e espessura das juntas, porque eles servirão como gabarito para a construção em si;
- c) os blocos dos cantos deverão ser assentados com o auxílio do escantilhão e régua técnica de prumo e nível;
- d) esticar uma linha que servirá como guia, garantindo-se o prumo e horizontalidade da fiada;
- e) verificar o prumo de cada bloco assentado;
- f) as juntas entre os blocos deverão estar completamente cheias, com espessura de 10 mm;

- g) os blocos devem ser colocados em pé para receber a argamassa que fará a junta vertical entre eles;
- h) as juntas verticais não devem coincidir entre fiadas contínuas, de modo a garantir a amarração dos blocos;
- i) a limpeza pode ser efetuada após o frisamento, utilizando-se pano grosso ou esponja seca, evitando-se com isso produzir manchas (esbranquiçadas) sobre os blocos;
- j) quando o projeto estrutural prevê a utilização de enrijecedores verticais (pontos de grout), a colocação das armaduras deve ser precedida da limpeza das rebarbas de argamassa dos furos e aberturas das espigas na base das paredes, para controle da chegada do grout até o fundo do furo;
- k) o lançamento do grout, efetuado após a limpeza do furo, deve ser feito no mínimo após 24 horas do assentamento dos blocos. A altura de lançamento é de 3 m. Recomenda-se, no entanto, lançamento de alturas não superiores a 1,40 m com grout auto-adensável;
- l) amarração das paredes: ferros utilizados são do tipo CA-50 e bitola de 5 mm; essas amarrações deverão ser feitas alternadamente a cada duas fiadas, entre as juntas;
- m) executar cintas de amarração, enrijecendo as canaletas com concreto até a altura das mesmas, garantindo-se a solda com a parte superior através de estribos ou arranques.

A seguir são apresentadas as principais vantagens e limitações do sistema construtivo.

3.2.1 Vantagens

A alvenaria estrutural para prédios de vários pavimentos tornou-se uma opção de construção largamente empregada no Mundo, devido a diversas vantagens em relação aos outros sistemas construtivos, como economia, valor estético e velocidade de construção. Porém, a grande vantagem que a alvenaria estrutural apresenta é a possibilidade desta incorporar facilmente conceitos de racionalização, produtividade e qualidade, produzindo ainda, construções com bom desempenho tecnológico aliado a baixos custos (ROMAN et al., 1999, p. 13).

Algumas vantagens técnicas e econômicas da utilização da alvenaria estrutural como sistema construtivo são:

- a) maior velocidade de execução: essa vantagem é notória nesse tipo de construção, decorrente principalmente da simplificação das técnicas

construtivas, que permite maior rapidez no retorno do capital empregado (CAMACHO, 2006, p. 4; não publicado²);

- b) redução de custos: relacionada à adequada aplicação das técnicas de projeto e execução, podendo chegar, segundo a literatura, até 30% em relação aos sistemas tradicionais (CAMACHO, 2006, p. 4; não publicado²);
- c) economia de fôrmas e escoramento: devido à dispensa de pilares e vigas (não publicado)²;
- d) economia de aço: somente é utilizado se a alvenaria for armada e para os locais de grauteamento, além das lajes e algum outro elemento em concreto que venham a ser utilizado (não publicado)²;
- e) economia de revestimentos: devido à opção da alvenaria ser à vista (não publicado)²;
- f) redução da diversidade de mão-de-obra especializada: necessita-se de mão-de-obra especializada somente para a execução da alvenaria, diferentemente do que ocorre nas estruturas em concreto armado e aço (CAMACHO, 2006, p. 4; não publicado²);
- g) etapas de construção simultâneas: permite a execução de instalações elétricas e hidráulicas simultaneamente ao levantamento da alvenaria (não publicado)²;
- h) instalações sem rasgos de paredes: devido à passagem das tubulações serem internas aos blocos (não publicado)²;
- i) redução de perdas: devido à alvenaria estrutural ser um processo construtivo racionalizado, com projetos específicos, ocorre menos retrabalho, desperdícios e entulhos no canteiro de obras;
- j) maior segurança do operário: devido à facilidade de execução (não publicado)²;
- k) racionaliza o canteiro e a industrialização: devido ao correto *layout* do canteiro de obras;
- l) menor diversidade de materiais empregados: devido à redução do número de sub-empreiteiras na obra (CAMACHO, 2006, p. 4).

3.2.2 Limitações

São limitações deste sistema construtivo:

² Material do curso Alvenaria Estrutural Cerâmica: Processo Construtivo Racionalizado. Palestrantes: Marcus Daniel F. dos Santos e Dóris Zechmeister. Realizado pelo Sindicer nos dias 8 e 9 de outubro de 2007 no Sinduscon-RS (não publicado).

- a) impossibilidade de remoção de paredes: limita a flexibilidade funcional dos ambientes, pois a maioria das paredes são estruturais, não podendo ser removidas. Isso pode ser satisfatoriamente resolvido, se algumas poucas e determinadas paredes forem previamente classificadas como possíveis de serem eliminadas (ROMAN et al., 1999, p. 21; não publicado²);
- b) menores vãos livres: quando comparados à estruturas em aço ou concreto (não publicado)²;
- c) esbeltez: deve-se usar enrijecedores quando se quiser fazer paredes altas e finas (não publicado)²;
- d) limitação do projeto arquitetônico: não permite a construção de obras arrojadas (CAMACHO, 2006, p. 5);
- e) impossibilidade de adaptação da arquitetura para um novo uso (CAMACHO, 2006, p. 5).

3.3 BLOCOS ESTRUTURAIS

Os elementos mais importantes que compõe a alvenaria estrutural são as unidades (blocos e tijolos), uma vez que são praticamente eles que definem a resistência à compressão e determinam os procedimentos para aplicação da coordenação modular nos projetos (CAMACHO, 2006, p. 9).

É bastante comum associar-se a expressão alvenaria estrutural à alvenaria executada com blocos em concreto. Na verdade, a técnica não se restringe apenas a construções com este tipo de material. De uma forma sintetizada, as unidades de alvenaria poderiam ser assim classificadas (ROMAN et al., 1999, p. 21):

- a) bloco: cerâmico, concreto, sílico-calcário e concreto celular autoclavado;
- b) tijolo: maciço (cerâmico, concreto e sílico-calcário) e furado (cerâmico).

A unidade de alvenaria tem formato paralelepipedal e é definida por três dimensões: largura (L), altura (H) e comprimento (C), conforme representado na figura 2.

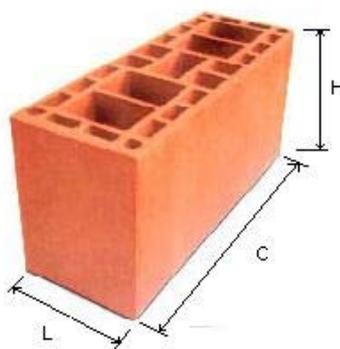


Figura 2: dimensões do bloco

O que diferencia tijolos de blocos são as suas dimensões. São denominados tijolos as unidades com dimensões máximas de 25 x 12 x 5,5 cm. Unidades com dimensões superiores são denominadas blocos. Normalmente os blocos possuem dimensões nominais múltiplas de 5 cm. As dimensões mais comumente empregadas são 10 x 20 x 40, 15 x 20 x 40 e 20 x 20 x 40 (largura, altura e comprimento respectivamente em cm, já considerando 1 cm de espessura das juntas). Devido a multiplicidade de funções, os blocos apresentam diferentes *designs* (ROMAN et al., 1999, p. 22).

De acordo com Zechmeister (2005, p. 18):

Não existe uma norma geral para padronizar as dimensões das unidades de alvenaria atualmente no Brasil. As normas que existem são específicas para cada material, e, na maioria dos casos, permitem que cada fabricante produza as unidades na dimensão que lhe convém. Uma das decorrências desse fato é, por exemplo, a dificuldade da troca de fornecedor no decorrer de uma obra.

Existem no mercado diversas opções de tijolos e blocos, com diferentes características: materiais, dimensões, disposições dos furos, textura e diversas outras propriedades físicas e mecânicas, como resistência à compressão, porosidade e capilaridade, absorção de água, coeficientes de absorção e dilatação térmica (THOMAZ; HELENE, 2000, p. 2). É importante observar as características básicas dos quatro tipos de blocos disponíveis no mercado brasileiro (cerâmicos, sílico-calcários, em concreto e em concreto celular autoclavado) para a execução de alvenaria estrutural. A opção depende das condições específicas de cada obra e somente um estudo técnico e econômico detalhado pode garantir a certeza da boa escolha (ALVENARIA..., 1998).

A maior concentração de fornecedores de blocos estruturais encontra-se na região sudeste do País. A maioria dos fabricantes está localizada em São Paulo (ALVENARIA..., 1998). O estado do Rio Grande do Sul, por possuir cerâmica de boa qualidade e de preço inferior ao concreto, acaba utilizando mais blocos cerâmicos do que blocos em concreto na alvenaria estrutural. Já o estado de São Paulo, por exemplo, utiliza, em sua grande maioria, blocos em concreto.

Segundo Brasil (2001):

Os principais pólos produtores brasileiros de artefatos de cimento são: São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Bahia, Minas Gerais e Pernambuco. Para se ter uma idéia da representatividade desses estados, apenas a produção do estado de São Paulo corresponde a cerca de 60% (sessenta por cento) da produção nacional, empregando cerca de 70 mil trabalhadores no segmento e com faturamento que, em 1998, ultrapassou 1 bilhão de reais.

Segundo dados fornecidos pela Caixa Econômica Federal, dentre os empreendimentos do programa PAR (Programa de Arrendamento Residencial) no estado do Rio Grande do Sul concluídos ou em andamento entre 2001 e junho de 2008, 80% foram executados em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e 20% em alvenaria estrutural de blocos em concreto. Esses empreendimentos foram executados por diferentes construtoras e variam de somente pavimento térreo a térreo mais quatro pavimentos de altura.

Neste trabalho são comparados blocos cerâmicos e em concreto em alvenaria estrutural. Sendo assim, é importante definir esses dois tipos de blocos.

3.3.1 Bloco cerâmico

“Utilizados pelo homem desde 4.000 a.C., os materiais cerâmicos destacam-se pela sua durabilidade e pela facilidade da sua fabricação, dada a abundância da matéria-prima que o origina, a argila.” (BRASIL, 2001).

Bloco cerâmico, segundo a NBR 7171 - Bloco cerâmico para alvenaria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992), é definido como sendo um componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os

contêm. A mesma Norma ainda define blocos estruturais como sendo blocos projetados para suportarem outras cargas verticais além da do seu peso próprio, compondo o arcabouço estrutural da edificação. Podem ser classificados em comuns (blocos de uso corrente, classificados conforme sua resistência à compressão) e especiais (podem ser fabricados em formatos e dimensões especiais acordados entre as partes).

Segundo Roman et al. (1999, p. 22):

A qualidade das unidades de cerâmica está intimamente relacionada à qualidade das argilas empregadas na fabricação e também ao processo de produção. Pode-se obter unidades de baixíssima resistência (0,1 MPa) até de alta resistência (70 MPa). Devido a isto, torna-se imprescindível a realização de ensaios de caracterização das unidades.

Blocos cerâmicos são mais leves que os em concreto (alguns fabricantes dizem que cerca de 40%) e têm a vantagem de possuir melhor isolamento térmico. Não alcançam, porém, índices de resistência à compressão similares com a mesma geometria dos blocos de concreto (ALVENARIA..., 1998). Isto é contraditório ao que é informado pela Pauluzzi Produtos Cerâmicos Ltda. (2007) quanto aos seus blocos cerâmicos, que apresentam resistências mínimas de compressão de 10 MPa para blocos-padrão, frente aos 6MPa apresentados pelos blocos-padrão da Tecmold – Pisos e Blocos de Concreto (2007).

Há alguns anos tomou-se a iniciativa de investir em tecnologia nas construções de bloco cerâmico, mas em muitas partes do País, infelizmente, escutou-se notícias de insucesso em função da forma empírica que se construía e sem qualquer base na normalização. Hoje existe uma preocupação de se rever normas e tornar critérios de construção mais claros. O bloco cerâmico, além das normas de especificações, deve ganhar também normas para projeto estrutural (ANTUNES, 2004, p. 154).

3.3.2 Bloco em concreto

Segundo Roman et al. (1999, p. 23), “[...] existem no mercado várias fábricas de blocos de concreto, as quais utilizam tecnologia avançada para controle da qualidade do bloco, levando-se em conta, desde exigências estruturais, até a estética do produto (para utilização à vista, por

exemplo).”. Isso também já ocorre com fabricantes de blocos cerâmicos, porém em um número bem reduzido e se encontra principalmente no sul do País.

De uma forma geral, o bloco em concreto é largamente empregado no Brasil, com a vantagem de possuir vários fornecedores e de ser o único a ter norma brasileira para cálculo de alvenaria estrutural. Entretanto é mais pesado e não possui o mesmo isolamento térmico da cerâmica (ALVENARIA..., 1998).

O emprego predominante de blocos em concreto ao invés de blocos cerâmicos não é, entretanto, a realidade do estado do Rio Grande do Sul. Porém, a tendência é mudar essa situação, uma vez que estão entrando no mercado de Porto Alegre várias empresas de São Paulo que constroem com essa tecnologia.

Segundo Roman et al. (1999, p. 23), os blocos-padrão encontrados apresentam resistência à compressão de 6 a 15 MPa (sendo que o mínimo exigido por norma é 4,5 MPa), podendo apresentar, em casos especiais, resistência de até 20 MPa. São fabricados vários tipos de blocos, com diferentes funções, os quais seguem as modulações de 15 cm ou de 20 cm, conforme a malha modular definida no projeto. Entretanto, segundo a Tecmold – Pisos e Blocos de Concreto (2007), fornecedor no estado do Rio Grande do Sul, são oferecidos blocos regulares que possuem resistências mínimas à compressão de 4,5 e 6,0 MPa para escolha. Blocos com resistências especiais, somente sob encomenda. Neste caso, as resistências podem chegar até 25 MPa.

Antunes (2004, p. 152) destaca que é importante conhecer o fabricante dos blocos, visitar a empresa, saber como estão sendo produzidos, qual o tipo de controle que está sendo aplicado, a qualidade dos agregados, entre outros requisitos. Além disso, o selo da qualidade da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) é um grande passo que visa diferenciar os produtores de blocos de concreto. Não há iniciativa parecida com os blocos cerâmicos ou sílico-calcários. Segundo a ABCP (2008), no estado do Rio Grande do Sul existem quatro empresas que possuem selo de qualidade, e mais duas empresas estão em processo de obtenção. O selo de qualidade para blocos de concreto visa a certificar a conformidade dos produtos com as normas brasileira e, dessa forma, contribuir para a melhoria da qualidade do sistema construtivo. Um bloco de qualidade comprovada deve apresentar dimensões regulares, boa aparência, grande durabilidade e resistência adequada.

3.3.3 Comparação entre os blocos

Como este trabalho visa a comparar os blocos cerâmicos e em concreto, em termos de produtividade, é de extrema importância saber as dimensões e as massas dos blocos que são comercializados. Os quadros 1 e 2 apresentam as características dos blocos-padrão de dois fabricantes do estado do Rio Grande do Sul, um de blocos cerâmicos e um de blocos em concreto.

DIMENSÕES (L x H x C) [cm]	MASSA [kg]	NÚMERO DE BLOCOS POR m ²
11,5 x 19 x 29	5,4	16,7
14 x 19 x 29	6,5	16,7
19 x 19 x 29	8,0	16,7

Quadro 1: características dos blocos cerâmicos
(baseado em PAULUZZI PRODUTOS CERÂMICOS LTDA., 2007)

DIMENSÕES (L x H x C) [cm]	MASSA [kg]	NÚMERO DE BLOCOS POR m ²
14 x 19 x 39	13,0	12,5
19 x 19 x 39	17,0	12,5

Quadro 2: características dos blocos em concreto
(baseado em TECMOLD – PISOS E BLOCOS DE CONCRETO, 2007)

Como pode ser verificado nos quadros 1 e 2, os blocos cerâmicos possuem comprimento de 29 cm, menor que os blocos em concreto, que são de 39 cm. Além disso, possuem um tipo de bloco diferenciado, com espessura de 11,5 cm, não encontrado entre os blocos em concreto.

Devido as dimensões diferentes, o número de blocos para executar 1 m² de alvenaria também é diferente. O número de blocos cerâmicos por m² é de 16,7 e de blocos de concreto é de 12,5. Ou seja, para executar uma parede de alvenaria com blocos cerâmicos, o pedreiro necessitará realizar mais movimentos para pegar os blocos e assentá-los.

Por outro lado, outro aspecto que influencia muito na produtividade do pedreiro para a execução da alvenaria é a massa dos blocos. Como pode ser analisado nos quadros 1 e 2, as

massas dos blocos cerâmicos para mesmas espessuras e alturas, é cerca de 50% mais leve que as dos blocos de concreto.

Sendo assim, é preciso analisar o que influencia mais na produtividade da alvenaria estrutural, o número de blocos que devem ser assentados ou a massa dos mesmos. É exatamente isso que esta pesquisa visa estudar em termos de produtividade.

Outro aspecto que influencia a execução da alvenaria é a quantidade de blocos especiais que devem ser utilizados. Entre eles pode-se citar o bloco canaleta, bloco J, meio bloco, bloco e meio, bloco de canto, entre outros.

As figuras 3 e 4 apresentam os principais tipos de blocos cerâmicos e em concreto comercializados.

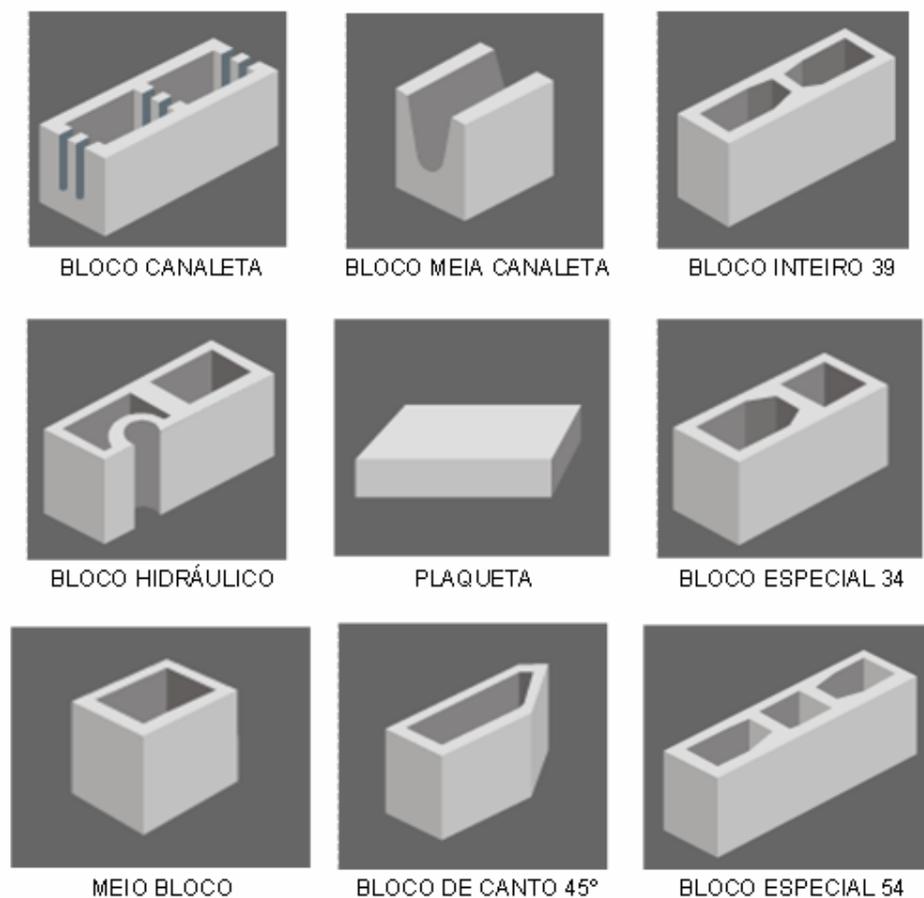


Figura 3: tipos de blocos em concreto
(baseado em TECMOLD – PISOS E BLOCOS DE CONCRETO, 2007)

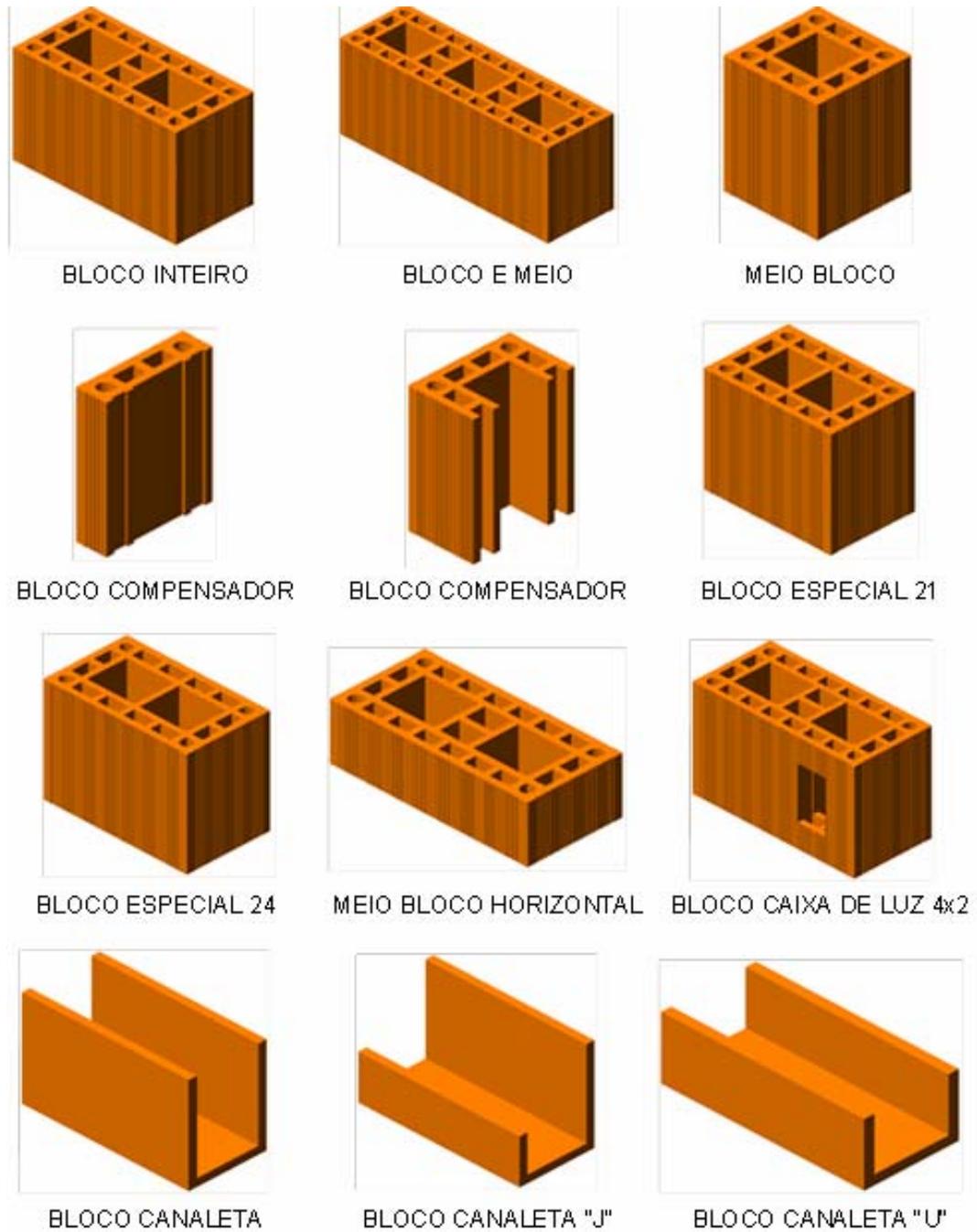


Figura 4: tipos de blocos cerâmicos
(baseado em PAULUZZI PRODUTOS CERÂMICOS LTDA., 2007)

3.4 CUSTO

A utilização da alvenaria estrutural como técnica construtiva, quanto ao custo, normalmente, é mais econômica do que o uso de prédios estruturados. Isso ocorre não só por se executar estrutura e alvenaria numa só etapa, mas também devido à economia no uso de madeiras para fôrmas, redução no uso de concreto e ferragem, menores espessuras de revestimentos, maior rapidez na execução, entre outros. Além disto, a simplificação nas instalações, onde são evitados rasgos nas paredes, ocasiona menor desperdício de material do que o verificado em obras convencionais (ROMAN et al., 1999, p. 21).

A redução do custo da obra é um dos grandes motivadores para a utilização do sistema, entretanto, uma das principais desvantagens é a falta de flexibilidade para modificar o posicionamento das paredes. Apesar dessa limitação, de acordo com Antunes (2004, p. 151), “Há um mercado que aceita as restrições de mudança de *layout* em troca de outros benefícios, como o preço.”.

Como custo e produtividade são dois fatores que estão sempre intimamente relacionados, com a utilização do sistema de alvenaria estrutural, segundo Antunes (2004, p. 151), o ganho é sentido tanto no custo quanto na rapidez: ao terminar uma parede, já se terminou estrutura, vedação, instalação de condutos elétricos e passagens hidráulicas do pavimento.

Com a crescente utilização da alvenaria estrutural, aumenta o questionamento e a busca pela tão aclamada economia no custo total do empreendimento. Para que esse sistema construtivo corresponda às expectativas, é necessário que todos os custos envolvidos sejam minimizados (RAMOS, 2001, p. 2). Além disso, “[...] é importante o conhecimento por todos os projetistas (arquitetônico, hidráulico, elétrico e estrutural) das maneiras de potencializar as vantagens da alvenaria estrutural, obtendo maior qualidade e economia das edificações construídas usando este processo.” (ROMAN et al., 1999, p. 17).

Outro aspecto importante é que construtor e fabricantes devem interagir. Essa interação é fundamental para agregar valor ao produto, para que seja cada vez mais versátil, com custo baixo. Adotar detalhes construtivos que permitam a utilização de menos itens pode ser uma alternativa (ANTUNES, 2004, p. 155).

A palavra-chave para se construir em alvenaria estrutural com custo reduzido é racionalização. Para tanto, é necessário haver um bom projeto e um controle rigoroso da execução. Alguns dos principais causadores do aumento do custo de produção são as perdas de materiais e o retrabalho, que gera custo tanto de materiais quanto de mão-de-obra.

Por ser um sistema construtivo relativamente novo e que está começando a ser utilizado cada vez por mais construtoras, é normal que essa redução do custo de produção não seja tão grande no início. Isso ocorre pela falta de conhecimento e experiência por parte dos responsáveis pela obra e trabalhadores, com relação à execução da alvenaria estrutural, aos materiais e ferramentas ideais a serem utilizadas, à modulação de bloco a ser adotada, entre outros. Conforme afirma Antunes (2004, p. 154), “Quanto mais se conhece o material e a construção, o custo cai. Nos 30 anos de crescimento da alvenaria estrutural no Brasil, pode-se perceber a evolução do sistema.”.

A questão das perdas e desperdício de materiais pode ser minimizada de diversas formas. A escolha da modulação de bloco a ser adotada é de extrema importância. Somente com um projeto de coordenação modular é que se poderá otimizar a utilização dos blocos para a execução da alvenaria. A utilização de blocos especiais como meio bloco ou bloco e meio, colaboram com isso também. A modulação dos blocos será melhor abordada no item 3.5.2.1.

O transporte e o manuseio dos blocos são outros fatores que geram perdas. Isso ocorre devido a quebras e lascamentos dos mesmos com a utilização, fazendo com que estas peças sejam descartadas. Segundo Thomaz e Helene (2000, p. 2), quanto ao atributo fornecimento e embalagem dos blocos, bons acondicionamentos (por exemplo, a paletização) facilitarão a integridade dos blocos e o transporte até os pavimentos. Os diferentes tipos de blocos apresentam diferentes resistências ao manuseio (quebras, lascamento de cantos, etc.). Levando em consideração este aspecto, entre os tipos de blocos que estão sendo estudados nesta pesquisa, se considerarmos os blocos-padrão dos principais fornecedores do Estado, com suas resistências mínimas a compressão, o bloco cerâmico é mais resistente quando comparado ao bloco em concreto.

Para ajudar a evitar que muitos blocos sejam descartados, de acordo com a NBR 8798 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985), os blocos devem ser armazenados preferivelmente de modo a serem empregados na ordem cronológica de

recebimento, isolados do solo de modo a evitar contaminação por umidade ou materiais presentes no mesmo. Além disso, as pilhas de blocos devem ser preferivelmente protegidas da chuva.

Desperdício de material também é muito comum com a execução de rasgos ou quebras dos blocos para passagem de dutos e embutimento das instalações. Roman et al. (1999, p. 46) afirma que “Na execução das instalações do edifício deve-se evitar o rasgo de paredes estruturais para o embutimento das instalações. Rasgos de paredes significam retrabalho, desperdício, maior consumo de material e mão-de-obra e principalmente insegurança sob o ponto de vista estrutural pela redução da secção resistente.”. Algumas alternativas que podem ser adotadas para evitar esse problema são:

- a) utilização de paredes não estruturais para o embutimento das tubulações;
- b) aberturas de passagens tipo *shafts* para a passagem das tubulações;
- c) utilização de blocos especiais (blocos hidráulicos para a passagem de tubulações e bloco caixa de luz);
- d) emprego das tubulações aparentes.

O assentamento dos blocos com argamassa é outra etapa do ciclo de produção da alvenaria estrutural que gera muito desperdício de material. A utilização de instrumentos de trabalho ideais, como por exemplo a canaleta no lugar da colher de pedreiro, auxilia para que parte da argamassa não seja perdida.

Segundo a NBR 8798 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985):

A argamassa não deve avançar no interior dos vazios do bloco mais que 1cm, no momento do assentamento, principalmente para deixar livre o espaço destinado ao enchimento com graute e garantir melhor impermeabilidade da junta,

- em alvenarias ocas, esse cuidado evita desperdícios, apesar de não ser essencial do ponto de vista da segurança da estrutura;

- recomenda-se, para atingir esse objetivo, o uso de instrumental e técnica adequados.

Essa mesma Norma ainda diz que “O excesso de argamassa retirado das juntas pode ser remisturado com a argamassa fresca; a argamassa que tenha caído no chão ou no andaime deve ser descartada.”.

A questão do retrabalho pode ser sanada com o treinamento da mão-de-obra. Segundo Roman et al. (1999, p. 74):

Com a escassez de mão-de-obra qualificada no mercado, constata-se, cada vez mais, a baixa qualidade dos resultados. Tal fato gera retrabalho para reparar falhas de construção que, muitas vezes, não chegam a ser diretamente observadas no produto final, mas que causam grande desperdício de material de construção e pouca eficiência no emprego da mão-de-obra.

Em contrapartida, o treinamento de mão-de-obra envolve investimento e constitui-se um desafio, pois se estará transformando uma mão-de-obra mal preparada em uma equipe de profissionais competentes. Assim, ao atuar para que os operários dominem as técnicas de execução, conseqüentemente ter-se-á um produto final de melhor qualidade, com menores taxas de desperdícios e perdas e a execução dos serviços provavelmente será mais rápida (ROMAN et al., 1999, p. 76).

3.5 PRODUTIVIDADE

3.5.1 Definição

De acordo com Herbsman e Ellis (1990), citado por Ramos (2001, p. 1), “O levantamento das taxas de produtividade em obra está entre os dados mais essenciais necessários à indústria da construção civil. A precisão da taxa de produtividade é crucial para a determinação das relações diretas entre estas taxas e itens tais como estimativas de custos, controle de custos, programação e gerenciamento de recursos, entre outros.”.

Na Construção Civil, a literatura indica que, em termos globais, as atividades que agregam valor correspondem, em média, a um terço do tempo total gasto pela mão-de-obra. Em algumas atividades específicas, como a execução da alvenaria, podem atingir valores da

ordem de 55 a 60% (ALARCON, 1995 apud RAMOS, 2001, p. 2). Sendo assim o estudo da produtividade e, principalmente, dos métodos de como aumentá-la, são de extrema importância para o setor.

Segundo Ramos (2001, p. 3), vários trabalhos já foram desenvolvidos no intuito de aprimorar e racionalizar a alvenaria estrutural. Entretanto, o desenvolvimento do elemento estrutural sempre teve como partido de estudo as características geométricas da edificação e suas particularidades. Não existem, até então, muitos estudos que analisem de modo prático e objetivo a interferência da escolha da modulação no desempenho da mão-de-obra utilizada.

O índice de produtividade se refere ao número de produtos produzidos em um determinado tempo por um operário. Um exemplo de obtenção de índices de produtividade na construção civil é a medição do número de metros quadrados de alvenaria, executado por um pedreiro em um determinado período (OLIVEIRA et al., 1998 apud RAMOS, 2001, p. 10).

Sendo assim, conforme Ramos (2001, p. 10), o índice de produtividade corresponde à razão entre os serviços executados numa obra, quantificados por unidades de medida, como, por exemplo, a área de uma parede levantada, pelo tempo gasto para executar esta quantidade. O termo índice de produtividade é muito utilizado na bibliografia, porém o termo correto é taxa de produção. Neste trabalho, será utilizado o termo produtividade da mesma forma como é utilizado na bibliografia, porém deve-se estar ciente de que produção e produtividade não são conceitos sinônimos. Isso será melhor explicado no capítulo 4, no item 4.1. Esse índice pode ser melhor entendido através da fórmula 1. O tempo gasto para execução de um serviço pode ser obtido pela equação Homens x hora (Hh) necessário para a consecução do mesmo, ou seja, o produto do tempo, medido em horas, despendido no serviço pelo número de operários necessários para sua execução.

$$\text{Índice de Produtividade} = \text{Quantidade Executada} / \text{Tempo de Execução} \quad (\text{fórmula 1})$$

3.5.2 Fatores intervenientes na produtividade no canteiro de obra

De acordo com Ramos (2001), alguns dos fatores intervenientes na produtividade, ao nível do canteiro de obra, são: modulação, materiais, ferramentas e componentes auxiliares, mão-de-obra, *layout* da obra, projeto e retrabalho. Cada um deles será explicado mais detalhadamente a seguir.

3.5.2.1 Modulação

Hoje em dia, para a alvenaria estrutural ser executada de forma racionalizada, deve haver um projeto modular. Segundo Roman et al. (1999, p. 32), “A modulação é a base do sistema de coordenação dimensional utilizado nos edifícios em alvenaria estrutural.”.

Entende-se por Coordenação Modular “o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações.” (LUCINI, 2001 apud GREVEN; BALDAUF, 2007, p. 34). Além disso, “O projeto arquitetônico deve obedecer a uma malha modular, considerando as dimensões dos blocos, princípio básico da alvenaria estrutural.” (RAMOS, 2001, p. 11). De acordo com Roman et al. (1999, p. 32), a modulação deve se dar tanto na vertical quanto no horizontal. As larguras e as alturas das paredes devem obedecer a um reticulado de referência que considere a dimensão do bloco, mais a espessura das juntas, resultando em múltiplos do módulo básico.

Segundo Greven e Baldauf (2007, p. 34), a Coordenação Modular tem como objetivo a racionalização da construção e “[...] traz aumento da produtividade e uma conseqüente redução de custos, objetivos sempre buscados.”. De acordo com Roman et al. (1999, p. 32), “A coordenação modular pode representar acréscimos de produtividade de cerca de 10%. Consegue-se evitar cortes e outros trabalhos de ajuste no canteiro que representariam perda de tempo, material e mão-de-obra.”.

Segundo Roman e Santos em Greven e Baldauf (2007, p. 8), uma das formas de se atingir os anseios do consumidor final, que busca por edificações de melhor qualidade e menor preço, é a busca da racionalização e industrialização da construção, de tal forma que a construção de

edificações possa aplicar efetivamente as melhores práticas tanto no projeto como na produção. As edificações devem ser projetadas não mais de acordo com o paradigma da produção em massa, mas em sintonia com o atual pensamento em sistemas de produção, a customização em massa.

Quanto ao atributo ergonomia: tamanho, textura, forma e massa do bloco influem na produtividade. Nem sempre o componente de menor tamanho repercutirá na menor produtividade (THOMAZ; HELENE, 2000, p. 2). Isso é muito importante, pois, muitas vezes, se tem a tendência a pensar que os blocos maiores, como é o caso dos blocos em concreto, por preencherem um maior vão da parede são, conseqüentemente, aqueles que propiciam maior produtividade à execução da alvenaria. Para esta análise, deve-se levar em consideração também, como citado anteriormente, a massa, a textura e a forma do bloco.

Para executar uma parede de alvenaria, o pedreiro necessitará realizar mais movimentos para pegar os blocos e assentá-los, quanto menor a área da face do bloco. Por outro lado, se a massa do bloco de maiores dimensões for mais elevada, o pedreiro terá maior dificuldade no seu manuseio. É comum os pedreiros preferirem utilizar blocos cerâmicos aos blocos em concreto por serem mais leves (podendo ser pegos com apenas uma das mãos) e com uma textura mais lisa, mesmo tendo que fazer um maior número de movimentos para pegá-los em função de serem menores.

3.5.2.2 Materiais

A qualidade dos materiais e a disponibilidade dos mesmos na obra são de fundamental importância para o bom andamento dos trabalhos (RAMOS, 2001, p. 17). “O mau gerenciamento de materiais além de causar elevado índice de desperdício, também reduz a produtividade da mão-de-obra.” (SOILBELMAN, 1993 apud RAMOS, 2001, p. 17).

Independente da modulação adotada, é de fundamental importância que o elemento construtivo seja de boa qualidade, atendendo aos quesitos de projeto e principalmente possuindo características dimensionais perfeitas. Blocos com diferenças geométricas (alterações na espessura, na altura, na largura ou na curvatura) oriundas da utilização de formas desgastadas prejudicam diretamente o desempenho do pedreiro que acaba tendo que

compensar os defeitos do material durante o assentamento de alvenaria, aumentando, conseqüentemente os custos (RAMOS, 2001, p. 17). Deseja-se que a variabilidade nas dimensões do bloco seja pequena. Isto porque é necessário para se obter juntas de espessura constante, prumos e níveis precisos e para permitir a modulação das paredes, características fundamentais da alvenaria estrutural como processo construtivo racionalizado (SABBATINI, 1984 apud RAMOS, 2001, p. 17).

3.5.2.3 Ferramentas e Componentes Auxiliares

De acordo com Ramos (2001, p. 18), com o objetivo de proporcionar maior qualidade ao serviço realizado e aprimorar o desempenho dos profissionais envolvidos no assentamento de alvenaria, foram desenvolvidas diversas ferramentas e adotados procedimentos executivos que culminaram num trabalho mais eficiente.

Segundo Carraro (1998), citado por Ramos (2001, p. 18), a utilização de equipamentos e ferramentas novos, alguns deles especiais para a execução de alvenaria, vem se acentuando muito nos últimos anos. Entretanto, não se tem conhecimento de publicações que analisem, através de estudos aprofundados, os efeitos do emprego destes instrumentos na produtividade do serviço de alvenaria. Ramos (2001, p. 18) cita, dentre as melhorias mais comuns e eficientes à respeito das ferramentas e componentes auxiliares, a utilização de:

- a) vergas pré-moldadas: utilizadas na parte superior das aberturas de portas e janelas para sustentar os blocos acima destes vãos;
- b) escadas pré-moldadas: dispensam a necessidade de se utilizar formas *in loco*;
- c) contramarcos em argamassa armada: utilizados nas aberturas de janelas, possibilitando a elevação imediata da alvenaria e facilitam seu acabamento final;
- d) escantilhões metálicos: peça utilizada para auxiliar o pedreiro no assentamento da alvenaria. Esta ferramenta proporciona ao mesmo tempo o prumo, o alinhamento e nivelamento das fiadas;
- e) carrinhos de transporte de blocos: utilizados para transportar uma quantidade maior de blocos até o local de trabalho, sem comprometer a qualidade do material e de maneira mais cômoda ao operário;
- f) suporte metálico para argamasseira: estruturas utilizadas para o transporte da argamasseira até o local de trabalho, bem como para o manuseio da argamassa pelo profissional numa altura ideal de uso;

g) ferramentas para assentamento de argamassa: a função dessas peças é proporcionar uniformidade para as juntas e incrementar a produtividade do profissional. Dentre elas podemos citar as canaletas e as bisnagas para assentamento de argamassa;

h) nível alemão e nível a laser: utilizados para verificar o nivelamento da primeira fiada e dos escantilhões;

i) régua de prumo e nível: utilizados no assentamento de alvenaria para verificação do prumo, alinhamento e nivelamento parcial das fiadas;

j) andaime metálico: sustenta a plataforma de trabalho e é necessário após o assentamento da sétima fiada de blocos;

k) esquadro metálico: utilizado para verificação do esquadro das paredes;

l) carrinho porta *pallet*: o carrinho ou transportador é utilizado no transporte interno dos *pallets* de blocos. *Pallets*, por sua vez, são suportes de madeira sobre o qual são colocados os blocos para transporte pelo fornecedor.

As figuras 5 a 14 ilustram algumas das ferramentas e componentes auxiliares.



Figura 5: escada pré-moldada
(RAMOS, 2001, p. 18)



Figura 6: contramarco pré-moldado
(RAMOS, 2001, p. 19)



Figura 7: carrinho de transporte de blocos
(RAMOS, 2001, p. 20)



Figura 8: suporte para argamaseira



Figura 9: canaleta para assentamento de bloco



Figura 10: bisnagas para assentamento
(RAMOS, 2001, p. 21)



Figura 11: escantilhão metálico



Figura 12: régua de prumo
(RAMOS, 2001, p. 22)



Figura 13: carrinho porta *pallet*
(RAMOS, 2001, p. 23)



Figura 14: andaime metálico

3.5.2.4 Mão-de-Obra

Segundo Roman et al. (1999, p. 36), a mão-de-obra tem uma influência muito elevada na qualidade da alvenaria. A falta de treinamento e motivação pode trazer prejuízos ao desenvolvimento dos serviços. Os problemas mais comuns nas construções de alvenaria, relacionados com a mão-de-obra, são preenchimento das juntas, espessura da junta, exposição a condições climáticas adversas logo após o assentamento, proporcionamento da argamassa, perturbação das unidades após o assentamento, ritmo da construção e desvio do prumo ou alinhamento da parede. “Quando a mão-de-obra é despreparada, é comum a construção com juntas mais espessas que o desejável, pois estas facilitam o processo de assentamento das unidades e aumentam a produtividade.”.

Ramos (2001, p. 23-24) afirma que a mão-de-obra utilizada na elevação das paredes de alvenaria estrutural é de fundamental importância para o estudo da produtividade e a especialização desta mão-de-obra é fator primordial para obtenção de índices satisfatórios de produtividade e qualidade final do produto. “As empresas devem insistir no treinamento da mão-de-obra como o principal caminho para se atingir maior produtividade e qualidade.”.

Segundo Marchiori (1998), citado por Ramos (2001, p. 24), muitas vezes o treinamento do trabalhador pode acontecer de maneira espontânea. É natural que a produtividade para tarefas repetitivas de construção melhore à medida que a prática e a experiência vão aumentando. A este fenômeno dá-se o nome de efeito aprendizado. De acordo com Heineck (1991), citado por Ramos (2001, p. 24):

O aumento da produtividade é obtido a partir de esforços simultâneos a nível de efeito aprendizagem, continuidade e concentração. Estes efeitos partem do princípio que, se o trabalho for apenas apresentado em grandes quantidades, de forma repetitiva, e não havendo interrupção na sua execução, naturalmente se obtém maiores produtividades pelo treinamento do trabalhador, o desenvolvimento de máquinas e ferramentas de apoio e pela possibilidade de ganhos elevados. Se existir em paralelo algum sistema de retribuição do esforço do trabalhador, estes ganhos de produtividade podem situar-se na ordem de 50%.

“Na prática, o estudo do efeito aprendizado se torna difícil uma vez que para que ele se destaque dentre os demais fatores que afetam a produtividade é preciso que a obra seja organizada, que as equipes sejam constantes e se locomovam ordenadamente e seguindo um ritmo pré-estabelecido” (MARCHIORI, 1998 apud RAMOS, 2001, p. 25). De acordo com

Ramos (2001, p. 25), existem muitas maneiras de introduzir motivação aos operários, agregando maior produtividade à equipe. Um fator preponderante é um gerenciamento adequado.

Uma outra alternativa muito utilizada para motivar os operários é através de cursos ou palestras. Deve-se tentar utilizar sempre uma pessoa de fora da empresa para agir como agente motivador, pois assim os operários vão se sentir mais a vontade e seguros para expressar suas necessidades (NEVES, 1996 apud RAMOS, 2001, p. 26). Entretanto, segundo Meseguer (1991), citado por Ramos (2001, p. 26), a maneira mais rápida e eficaz para se motivar uma equipe, é proporcionar benefícios financeiros. O trabalhador dá à organização na medida em que percebe que recebe dela. Se ele considerar que esta relação não está a seu favor, quer dizer, que está dando mais do que recebendo, atuará de uma das duas maneiras seguintes: abandona a organização ou permanece nela, porém diminuindo seu rendimento até ajustá-lo ao que ele pensa ser justo.

Essa visão, entretanto, é muito simplista, já que se sabe que benefícios financeiros motivam os funcionários apenas se forem esporadicamente e até um determinado limite. Não se pode afirmar sempre que dinheiro gera motivação dos funcionários.

3.5.2.5 Layout da Obra

De acordo com Oliveira e Leão (1997), citado Ramos (2001, p. 26), um projeto de *layout* ideal do canteiro de obras é o que fornece máxima satisfação para todos os envolvidos, possuindo os seguintes objetivos: simplificação total, minimizar custos de movimentação de materiais, implementar alta rotatividade de trabalho em processo, prover a efetiva utilização do espaço, prover a satisfação e segurança do trabalhador, evitar investimentos desnecessários de capital e estimular a efetiva utilização da mão-de-obra.

3.5.2.6 Projeto

O projeto é um fator muito importante. Segundo Medeiros (1993), citado por Ramos (2001, p. 27), uma boa mão-de-obra depende de bons detalhes. O detalhamento adequado dos projetos

em alvenaria deve especificar mudanças na resistência dos blocos ou tijolos e argamassa, dimensões dos blocos, posição das armaduras, posição das caixas de luz com suas dimensões, dimensões de vãos, além de uma boa apresentação.

É preferível ter-se um número grande de informações, mesmo que repetidas, do que informações resumidas e incompletas, além disso, precisão e a qualidade dos detalhes são essenciais para garantir a qualidade de execução da mão-de-obra.

3.5.2.7 Retrabalho

Há diversas formas de desperdício: o aparente, que sai da obra na forma de entulho, e o desperdício que fica escondido, seja sob a forma de espessos revestimentos de paredes, por exemplo, seja sob a forma de retrabalho, que consiste em desperdício de tempo e, conseqüentemente, de dinheiro (MUTTI, 1995 apud RAMOS, 2001, p. 29). Segundo Marchiori (1998), citado por Ramos (2001, p. 29), movimentações indesejáveis em uma obra, podem ocorrer devido à natureza da operação, às implicações de projeto, à falta de material, aos retrabalhos e à organização do trabalho insatisfatória.

4 GESTÃO DA PRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados conceitos de gestão da produção. Por se tratar de um tema bastante amplo, abrangeu-se apenas o que se considerou mais importante para o trabalho. Posteriormente, são apresentadas as ferramentas de controle da produção que foram utilizadas: amostragem do trabalho e cartão de produção.

4.1 CONCEITUAÇÃO

Segundo Gaither e Frazier (2001), citados por Paravisi (2008, p. 52), “[...] um sistema de produção transforma os insumos em saídas através de um subsistema de transformação. Nesse sistema, o processo de transformação é a atividade predominante, é o ponto principal da produção.”.

Para Slack et al. (1999, p. 31), qualquer operação produz bens ou serviços, ou uma mistura dos dois, e faz isso através de um processo de transformação. A produção envolve um conjunto de recursos de *input* usado para transformar algo ou para ser transformado em *outputs* de bens e serviços. A figura 15 apresenta o modelo de transformação proposto pelo autor.

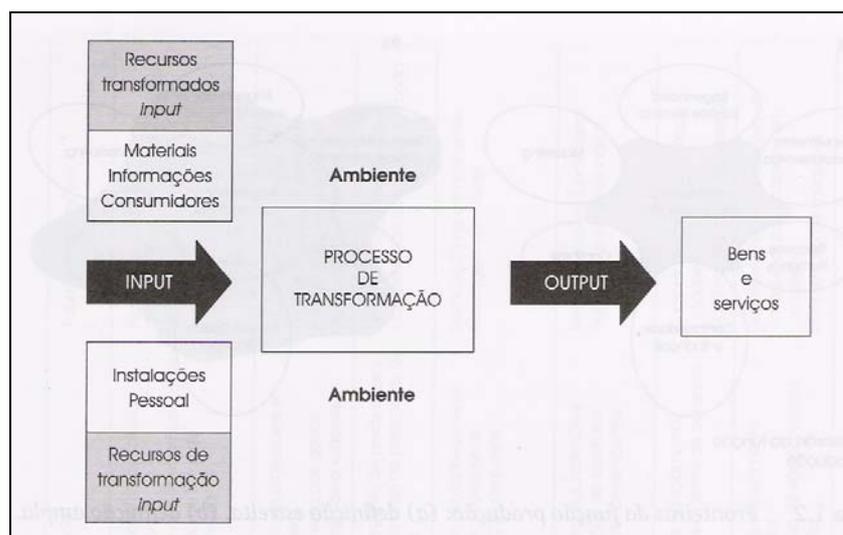


Figura 15: modelo de transformação (SLACK et al., 1999, p. 32)

De acordo com Isatto et al. (2000, p. 6, grifo dos autores):

O modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou final (edificação). Por essa razão ele também é denominado de modelo de conversão.

Segundo Koskela (1992, p. 12), o modelo de conversão pode ser definido pelas seguintes características:

- a) um processo produtivo é uma conversão de entradas (*input*) em saídas (*output*);
- b) um processo de conversão pode ser subdividido em subprocessos, os quais também são processos de conversão;
- c) os custos de todo um processo podem ser minimizados através da minimização dos custos de seus subprocessos;
- d) o valor da saída (*output*) de um processo está associado aos custos (ou valor) das entradas (*input*) desse processo.

Sendo assim, segue na figura 16 a representação do modelo de conversão.

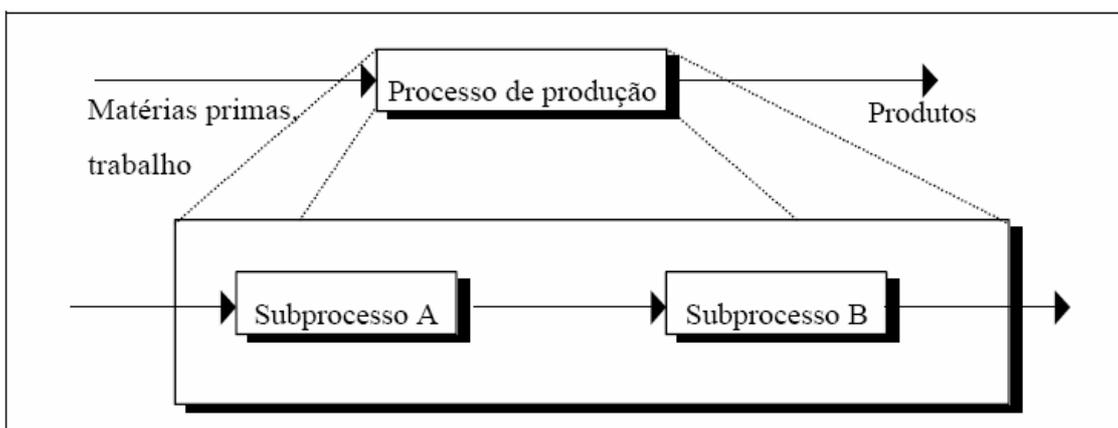


Figura 16: modelo de conversão (KOSKELA, 1992 apud ISATTO et al., 2000, p. 6)

Entendendo o modelo de conversão, pode-se definir produção e produtividade. Produção é definida como sendo o *output* gerado pelo processo de conversão. Já produtividade é definida pela razão entre o *output* e o *input* do processo. Sendo assim, é possível se aumentar a

produção, sem aumentar a produtividade (aumentando o número de funcionários, por exemplo).

“O modelo de conversão é o tradicionalmente usado na construção civil. O controle da produção e o esforço pelas melhorias devem ser focados no sistema de produção com um todo, não sendo, dessa maneira, limitado aos subprocessos individuais.” (COSTA, 2005, p. 52). Esse modelo tradicional de produção, como conversão de input em output é criticado por Shingo (1996) e por Koskela (1992). “Esses autores afirmam que por focar nas conversões, o modelo convencional desconsidera o fluxo físico entre as conversões.” (COSTA, 2005, p. 53).

Conforme conceitua Shingo (1996, p. 37), “[...] produção é uma rede de processos e operações.”. Através da figura 17, pode-se definir processo e operação:

- a) processo: fluxo de materiais ou informações ao longo do tempo e do espaço;
- b) operação: fluxo de pessoas ou máquinas ao longo do tempo e do espaço.

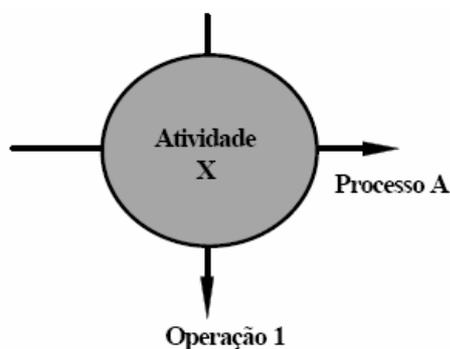


Figura 17: atividades como processos e operações
(ISATTO; FORMOSO, 1998 apud COSTA, 2005, p. 55)

“A análise do processo examina o fluxo de material ou produto; a análise das operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador ou máquina.” (SHINGO, 1996, p. 37). Para o mesmo autor:

Para realizar melhorias significativas no processo de produção, devemos distinguir o fluxo de produto (processo) do fluxo de trabalho (operação) e analisá-los separadamente. Embora o processo seja realizado através de uma série de operações, é um equívoco colocá-los num mesmo eixo de análise porque isso reforça a hipótese errada de que a melhoria das operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo de processo do qual elas são uma parte.

No processo como fluxo de transformação de matérias-primas em produtos pode-se identificar atividades de processamento (ou conversão), inspeção, transporte e espera (KOSKELA, 1992, p. 15). De acordo com Shingo (1996, p. 39):

- a) processamento / conversão: mudança física no material (de forma ou substância) ou na sua qualidade (montagem ou desmontagem);
- b) inspeção: comparação com um padrão pré-estabelecido;
- c) transporte: movimento de materiais ou produtos ou mudanças nas suas posições;
- d) espera: período de tempo durante o qual não ocorre nenhum processamento, inspeção ou transporte, podendo ser uma espera do processo ou espera do lote.

As operações podem ser classificadas em operações de *setup* (preparação antes e depois das operações), operações principais (operações essenciais e auxiliares) e folgas marginais (folgas na operação, folgas entre operações, folgas por fadiga ou folgas por necessidades fisiológicas) (SHINGO, 1996, p. 75).

Segundo Koskela (1992, p. 15), a produção consiste de conversões e fluxos. Na maioria dos casos, apenas atividades de processamento agregam valor ao produto final. O valor refere-se ao atendimento às expectativas do cliente. Para fluxos de materiais, atividades de processamento são alterações de forma ou substância, montagem ou desmontagem.

4.2 FERRAMENTAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO

“São vários os processos que ocorrem simultaneamente na construção de um empreendimento, o que faz com que se tenham pessoas constantemente atarefadas ou ociosas quando não se tem o devido planejamento e organização das várias ações diárias.” (COSTA, 2005, p. 66). Sendo, assim existem diversas ferramentas desenvolvidas que servem para controlar a produção visando futuras implementações no processo.

Isatto et al. (2000, p. 94) explicam que a denominação ferramenta é utilizada devido às analogias possíveis entre os instrumentos de controle de produção utilizados e as ferramentas

manuais. Ou seja, ambos devem ser manuseados e manipulados por uma pessoa capacitada para realizar determinada atividade e obter resultados desejados.

As ferramentas por si só não resolvem os problemas de produção, e sim, o seu uso adequado. Dentre as diversas ferramentas disponíveis para controle da produção, existem algumas mais adequadas para cada processo em questão. Ou seja, as ferramentas devem ser utilizadas conjuntamente, porém não todas ao mesmo tempo. É preciso saber avaliar quais são mais adequadas para serem utilizadas em cada situação. Quanto mais complexo for o serviço, exige-se a utilização de mais ferramentas de forma integrada.

Pode-se classificar as ferramentas em dois grupos, de acordo com Isatto et al. (2000, p. 94): ferramentas voltadas ao acompanhamento da produção e ferramentas para a avaliação e diagnóstico. As primeiras correspondem àquelas utilizadas periodicamente, de forma integrada à rotina da obra e aos sistemas de controle de produção, permitindo a avaliação do desempenho ao longo do tempo. As últimas são ferramentas utilizadas eventualmente e para alguma análise específica. São ferramentas de caráter descritivo e que demandam, de certa forma, um alto custo para sua utilização.

Após o estudo destas ferramentas apresentadas na literatura, foram selecionadas as consideradas mais adequadas para a comparação da produtividade em obras utilizando o processo construtivo de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e com blocos em concreto. Estas ferramentas são a amostragem do trabalho (ferramenta de análise e diagnóstico da produção) e o cartão de produção (ferramenta de acompanhamento da produção), e serão apresentadas a seguir.

4.2.1 Amostragem do trabalho

Segundo Santos (1995, p. 197), um dos primeiros passos para se avaliar um processo é determinar como o operário distribui o seu tempo ao longo do dia. A técnica da cronometria não é aconselhável neste caso por envolver altos custos e exigir a padronização dos processos. A ferramenta da amostragem do trabalho surge como alternativa devido ao seu custo inferior, flexibilidade e facilidade de aplicação. Além disso, auxilia na identificação de causas de problemas de gestão de processos no canteiro de obra.

O objetivo da amostragem do trabalho é avaliar como são gastos os tempos nas obras, visando registrar como um trabalhador ou equipe de trabalho utiliza o seu tempo. De acordo com Santos (1995, p. 198), a técnica consiste em se fazer observações instantâneas, intermitentes e espaçadas ao acaso em um certo período. Com isso, se obtém uma estimativa da proporção de tempo despendido por cada operário, em um dado tipo de atividade, pela relação entre o número de registros desta atividade e o número total de observações.

Barnes (1977, p. 416) explica que a amostragem do trabalho se baseia nas leis da probabilidade, sendo que uma amostra ocasional, retirada de um grupo maior, tende a ter distribuição igual ao grupo maior ou universo. Caso a amostra seja suficientemente grande, as características dessa amostra diferirão pouco das características do grupo. Para que a amostragem seja aleatória, todos os elementos devem ter igual probabilidade de serem retirados. O autor ainda define que: “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.”.

Deve-se decidir inicialmente qual o nível de confiança que se deseja obter com os resultados finais da amostragem do trabalho e, com isso, calcular o número de observações necessárias a serem realizadas. O nível mais comum é o de 95%, que corresponde aproximadamente à área sob a curva de distribuição normal para dois desvios-padrão. Isso significa que a probabilidade de as observações aleatórias realizadas representarem os fatos reais é de 95%, e 5% de probabilidade de erro. Um desvio-padrão fornece um intervalo de confiança de aproximadamente 68%, sendo que, da mesma forma, a amostragem ocasional tem 68% de probabilidade de representar os fatos (BARNES, 1977, p. 418).

De acordo com Santos (1995, p. 201), deve-se ter o cuidado de não confundir erro relativo com erro absoluto. O erro absoluto é o próprio limite de variação do valor esperado. Por exemplo, um erro relativo de 7% de um resultado de 30% de tempos produtivos, corresponde a um erro absoluto de 2,1% (que é 7% de 30%). Dessa forma, o resultado correto se encontra entre os limites de 27,9% e 32,1%. Segundo Barnes (1977, p. 420), “Para diversos tipos de medida, um erro relativo de $\pm 5\%$ é considerado satisfatório.”.

O número de observações a serem realizadas é determinado por fórmulas. Barnes (1977, p. 419) estabelece que para determinar a dimensão da amostra para um nível de confiança de

68% (um desvio-padrão) utiliza-se a fórmula 2. Para um nível de confiança de 95% (dois desvios-padrão) e um erro relativo de $\pm 5\%$, utiliza-se a fórmula 3.

$$Sp = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad (\text{fórmula 2})$$

$$Sp = 2 \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad (\text{fórmula 3})$$

onde S = erro relativo desejado, expresso em decimais;

p = porcentagem de ocorrência do evento, em forma decimal;

N = número de observações aleatórias (tamanho da amostra).

Primeiramente utiliza-se um valor de p estimado ou definido em outro estudo para calcular o tamanho da amostra. Enquanto a amostragem do trabalho estiver sendo realizada, quando já tiverem sido obtidas cerca de 10% das observações, um novo cálculo pode ser feito conforme os resultados de porcentagem de ocorrência obtidos até então, com o valor real de p para verificar o valor real de N (COSTA, 2005, p. 72; PARAVISI, 2008, p. 67).

O tempo mínimo necessário para a realização de um estudo de amostragem do trabalho é de normalmente duas semanas. Não são recomendados períodos mais reduzidos para que os resultados não demonstrem uma situação momentânea (THOMAS, 1991 apud SANTOS, 1995, p. 203). Além disso, no início da coleta, o operário ao perceber a presença do observador pode alterar a sua condição normal de trabalho. Com o passar do tempo, acaba se acostumando com a sua presença e, aos poucos, volta a trabalhar normalmente.

Em cada observação verifica-se o que os operários estão realizando naquele exato momento e anota-se em uma planilha previamente elaborada em que consta uma lista de possíveis atividades produtivas, improdutivas e auxiliares que eles possam estar realizando. De acordo com Heineck (1983), citado por Santos (1995, p. 206):

- a) tempos produtivos: são os tempos que são efetivamente aplicados na execução da atividade, agregando valor ao produto final. No caso de execução de alvenaria, poderia ser, por exemplo, o assentamento de tijolos;
- b) tempos auxiliares: são os tempos dedicados às atividades que, apesar de não agregarem valor de maneira direta ao produto final, são necessárias para que este seja executado. Estes tempos envolvem, por exemplo, atividades de transporte, manuseio de materiais ou equipamentos, limpeza, manutenção, recebimento de instruções, medições, etc.;
- c) tempos improdutivos: são tempos evitáveis, inevitáveis ou ociosos que não agregam valor e não apóiam atividades produtivas. Estes tempos envolvem, por exemplo, retrabalho, falhas de suprimentos, acidentes de trabalho, intempéries, inatividade dos operários, etc.

4.2.2 Cartão de produção

O cartão de produção é uma ferramenta de acompanhamento que é empregada para medir a produção de um operário ou de uma equipe em um dado período de tempo. A partir desses dados se calcula a produtividade da mão-de-obra empregada (ISATTO et al., 2000, p. 106). Segundo Costa (2005, p. 70), “Obtidos os índices de produtividade, os mesmos podem ser comparados com os valores orçados, fazendo-se uma avaliação do desempenho das atividades e do próprio valor adotado no orçamento.”.

O controle da produção pode ocorrer de duas maneiras: controle por período ou controle por evento. O controle por período consiste em se definir intervalos previamente definidos (por exemplo: dia, semana, quinzena, etc.) e se registrar a quantidade produzida no mesmo. Já o controle por evento consiste em se registrar o tempo utilizado para se concluir uma determinada etapa pré-definida da obra (ISATTO et al., 2000, p. 106).

Cada forma de controle tem suas vantagens e desvantagens e deve-se adotar a que melhor pode ser empregada para a atividade em questão. Segundo Isatto et al. (2000, p. 108), o controle por período não necessita quantificação prévia, porém implica em medir fisicamente a quantidade efetivamente produzida. Já o controle por evento é fácil de realizar e permite o controle de prazos de execução, porém implica em quantificar previamente a etapa. Os autores salientam também que tais abordagens não são mutuamente exclusivas, ou seja, podem ser utilizadas simultaneamente visando diferentes objetivos, tais como o controle de prazos e o controle da produtividade. Como exemplo pode-se considerar a execução de

alvenaria, que pode ser controlada por período (quantos m² de alvenaria são produzidos em uma semana por um operário, por exemplo) ou por evento (tempo necessário para se executar uma determinada parede).

5 MÉTODO DE PESQUISA

No capítulo 2, no item 2.6, já foi apresentado o delineamento da pesquisa, explicando cada etapa deste trabalho. Neste capítulo será descrita a estratégia de pesquisa adotada para a realização da análise dos custos e do acompanhamento da execução da alvenaria estrutural nas obras e coleta de dados.

5.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

O presente estudo foi realizado visando comparar blocos cerâmicos e em concreto utilizados em alvenaria estrutural, quanto a custo e produtividade. Os custos envolvidos foram analisados de uma forma bastante simplificada, a fim de se obter apenas um valor condizente para comparar os dois tipos de blocos. Já a produtividade foi estudada através de dois estudos de caso.

O método de pesquisa adotado para a avaliação da produtividade, o estudo de caso, caracteriza-se por ser um estudo mais aprofundado e exaustivo de um ou poucos objetos, permitindo seu amplo e detalhado conhecimento. Quando a coleta de dados ocorre através de observação, o pesquisador, passivo, somente consulta ou observa as diversas fontes de evidência, registrando cuidadosamente os dados ou informações obtidas, não interagindo com os sujeitos da pesquisa, não interferindo no meio onde o estudo está sendo realizado e na maneira como as tarefas são desenvolvidas. A grande limitação do estudo de caso é que seus resultados não permitem generalizações estatísticas (não publicado)³.

A etapa prática deste trabalho teve como foco a avaliação da produtividade do processo construtivo de construção em alvenaria estrutural utilizando dois tipos de blocos (de materiais, dimensões e massas diferentes) em dois canteiros de obras de uma mesma empresa construtora de Porto Alegre/RS. A análise dos dados foi realizada em separado para cada estudo de caso e posteriormente foram comparados os resultados obtidos.

³ SCHMITT, C. M., **Material de Aula da disciplina Trabalho de Diplomação II em Engenharia Civil**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

5.2 AVALIAÇÃO DO CUSTO

Os custos envolvidos na execução de alvenaria estrutural de blocos em concreto e cerâmico foram analisados de uma forma bastante simplificada. O objetivo dessa análise de custos foi apenas de obter um valor para comparar os dois tipos de blocos, visando a responder qual dos dois seria mais vantajoso economicamente. Depois, relacionando aos resultados da análise da produtividade, verificar se o tipo de bloco que se constatou ser mais vantajoso economicamente seria o mesmo que é mais vantajoso em termos de produtividade ou não.

Para a realização dessa análise, elaborou-se uma composição de custos para a execução de 1 m² de alvenaria estrutural com cada um dos tipos de bloco, juntas de 10 mm, com argamassa industrializada especial para assentamento de blocos. Como mão-de-obra considerou-se o tempo de serviço de um pedreiro e um servente para executar 1 m² de alvenaria. Para a avaliação do custo, não foram considerados graute, armaduras, elementos pré-moldados, ferramentas e equipamentos, e sim, apenas a execução de 1 m² de pano de alvenaria, que não fosse canto de parede, desconsiderando vãos ou blocos especiais.

O consumo de blocos foi calculado conforme suas dimensões considerando um coeficiente de perdas sugerido pela TCPO (TABELAS..., 2003, p. 138 e 142). A perda adotada para os blocos em concreto foi de 5% e para os blocos cerâmicos foi de 3%. Para o orçamento, foram considerados apenas os valores de mercado do maior fornecedor de blocos cerâmicos e do maior fornecedor de blocos em concreto do Estado, que eram os mesmos que estavam sendo utilizados nas obras em estudo. Não se optou por cotar valores de outros fornecedores em função de talvez não se estar comparando blocos de mesma qualidade.

O consumo de argamassa para assentamento para 1 m² de alvenaria foi obtido com os fornecedores de blocos. Para obtenção do preço desse insumo, foi realizada uma cotação com três fornecedores de materiais de construção e foi considerado o preço intermediário real existente no mercado. Acredita-se que a qualidade da argamassa dos três fornecedores seja semelhante.

O tempo de mão-de-obra para a execução de 1 m² de alvenaria foi levantado através de ferramenta de acompanhamento da produção, o cartão de produção. Somente foi acompanhada a produção dos pedreiros, porém estimou-se que o tempo de mão-de-obra dos serventes seria o mesmo. Para o custo da mão-de-obra foi considerado o salário de abril de

2008 apresentado pelo SINDUSCON-RS (Sindicato das Indústrias da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul, 2008), incluindo encargos sociais e trabalhistas.

É importante salientar que nesta análise de custos foram utilizados preços normais do mercado, já incluindo valor de frete dentro de Porto Alegre. No caso de se ter parcerias com fornecedores de materiais esse preço poderá ser reduzido.

5.3 AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE

Seguem, a seguir, a apresentação da empresa construtora das obras que foram estudadas, a apresentação das obras e o plano de coleta de dados.

5.3.1 Apresentação da empresa

Anteriormente à escolha da empresa em que seriam realizados os estudos de caso, estava-se à procura de duas obras, em Porto Alegre, que estivessem em fase de execução da estrutura, utilizando alvenaria estrutural, cada uma com um dos tipos de bloco estudados, de preferência que possuíssem espessuras iguais (variassem apenas no comprimento). A empresa em que foram realizados os estudos de caso, estava construindo dois empreendimentos na zona norte da capital, um com blocos em concreto e outro com blocos cerâmicos, e disponibilizou os seus canteiros de obras para que fosse realizada a pesquisa.

A construtora e incorporadora tem sede em Porto Alegre, está no mercado há 26 anos e possui experiência em execução de obras em alvenaria estrutural. Além disso, participa de programas da qualidade (ISO 9001 e PBQP-H nível A).

O fato dos dois estudos de caso terem sido realizados em obras da mesma construtora garante, segundo Ramos (2001, p. 33), um relativo equilíbrio das intervenientes no processo construtivo. Dessa forma, as características físicas dos canteiros de obra eram semelhantes, as equipes possuíam um grau de treinamento similar, os equipamentos disponíveis eram praticamente os mesmos nas obras e a forma de pagamento dos funcionários era a mesma. Os funcionários eram da própria empresa, e não terceirizados, e eram remunerados por

produtividade. Ou seja, já estavam acostumados a ter alguém que medisse, de tempos em tempos, a produção. Além disso, vários funcionários, que já trabalhavam na empresa há relativamente bastante tempo, já haviam tido a oportunidade de trabalhar com os dois tipos de blocos.

Uma informação interessante que a empresa disponibilizou, antes mesmo de iniciar o estudo nas obras, foi que, como a obra que utilizava blocos em concreto estava executando a alvenaria dos últimos pavimentos dos dois últimos blocos do empreendimento, alguns dos funcionários que estavam lá trabalhando, seriam transferidos para a outra obra da empresa que estava ainda no começo da execução da alvenaria estrutural e que utilizava blocos cerâmicos. Sendo assim, desde o início, foram acompanhados três funcionários da primeira obra, sendo que, desses, dois estavam entre os quatro funcionários acompanhados na segunda obra. Com isso, conseguiu-se uma situação de pesquisa praticamente ideal, onde dois dos funcionários foram os mesmos acompanhados nas duas obras. Sendo assim, conferiu-se uma maior confiabilidade aos resultados obtidos, já que algumas variáveis que dependem de pessoa para pessoa, não se aplicariam a esses dois funcionários.

5.3.2 Apresentação das obras

A seguir serão fornecidas as características e informações das obras dos dois estudos de caso.

5.3.2.1 Obra 1

A obra 1 consiste em um condomínio residencial de interesse social, composto por 10 prédios (divididos em 5 blocos), com 5 pavimentos cada (térreo + 4 pavimentos), 4 apartamentos por pavimento, num total de 20 apartamentos por prédio e 200 apartamentos no total. Os apartamentos possuem área útil de 33,55 m², dividida em 2 dormitórios, estar/jantar, banho e cozinha. O empreendimento contempla ainda 105 vagas de estacionamento, um salão de festas bipartido, um *play-ground*, uma guarita no acesso único e um prédio da subestação transformadora.

Os prédios estavam sendo executados em alvenaria estrutural com blocos estruturais em concreto e lajes e escadas em concreto pré-moldadas. Os blocos utilizados na obra eram da família de 14 x 19 x 39 cm, com resistência de 6,0 MPa, tanto para o térreo como para os pavimentos tipo. Além do bloco-padrão, os outros blocos utilizados na obra eram: blocos especiais de 14 x 19 x 34 cm e 14 x 19 x 54 cm, meio bloco de 14 x 19 x 19 cm e meia canaleta de 14 x 19 x 19 cm. A argamassa utilizada era industrializada especial para assentamento.

O período de coleta de dados nessa obra foi entre os dias 3/1 e 29/1/2008. Foram acompanhados nesta obra três funcionários, com idade entre 25 e 60 anos. Todos eles já haviam trabalhado anteriormente com alvenaria estrutural e sabiam interpretar os projetos.

5.3.2.2 Obra 2

A obra 2 consiste em um empreendimento, também de interesse social, dividido em 3 condomínios construídos por 3 construtoras diferentes, sendo que o estudo foi realizado somente no condomínio que estava sendo construído pela mesma empresa da obra 1. O empreendimento como um todo, é composto por 60 prédios (divididos em 30 blocos), sendo 20 por construtora, com 5 pavimentos cada (térreo + 4 pavimentos), 4 apartamentos por pavimento, num total de 20 apartamentos por prédio e 1200 apartamentos no total, sendo 400 unidades de cada construtora. Os apartamentos possuem a mesma área útil dos da obra anterior, dividida em 2 dormitórios, estar/jantar, banho e cozinha, porém com planta baixa um pouco diferente. O empreendimento contempla ainda um total de 636 vagas de estacionamento, 6 salões de festas, área prevista para comércio local. Já que se trata de um loteamento, inclui ainda ruas e uma praça pública, com *play-ground* e quadra esportiva.

Os prédios estavam sendo executados em alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos e lajes e escadas em concreto pré-moldadas. Os blocos utilizados na obra eram da família de 14 x 19 x 29 cm, com resistência à compressão mínima de 10,0 MPa, tanto para o térreo como para os pavimentos tipo. Os outros blocos utilizados na obra, além do bloco-padrão, eram: bloco especial de 14 x 19 x 24 cm, bloco e meio de 14 x 19 x 44 cm, meio bloco de 14 x 19 x 14 cm e bloco canaleta de 14 x 19 x 29 cm. Os blocos compensadores,

apesar de existirem prontos no mercado, eram feitos (serrados) em obra a partir de um outro bloco. A argamassa utilizada era industrializada especial para assentamento.

O período de coleta de dados nessa obra foi realizado entre os dias 18/2 e 3/3/2008. Foram acompanhados nesta obra quatro funcionários, sendo dois deles os mesmo da obra 1, com idade entre 25 e 50 anos. Todos eles já haviam trabalhado anteriormente com alvenaria estrutural e sabiam interpretar os projetos.

5.3.2.3 Comparação das obras

Segue na figura 18 um quadro comparativo para uma melhor visualização dos diferentes tipos de blocos utilizados nas obras e suas dimensões. Vale ressaltar que a partir destes blocos alguns eram serrados para se fazerem as janelas de inspeção (espias) dos pontos de graute e os furos para colocação das caixas de luz.

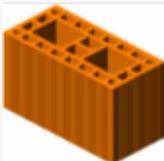
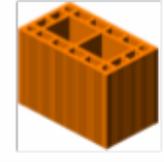
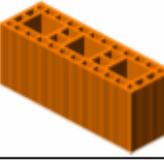
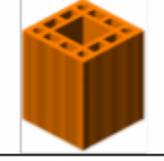
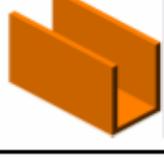
OBRA 1: Blocos em concreto		OBRA 2: Blocos cerâmicos	
	Bloco inteiro 14 x 19 x 39 cm		Bloco inteiro 14 x 19 x 29 cm
	Bloco especial 14 x 19 x 34 cm		Bloco especial 14 x 19 x 24 cm
	Bloco especial 14 x 19 x 54 cm		Bloco e meio 14 x 19 x 44 cm
	Meio bloco 14 x 19 x 19 cm		Meio bloco 14 x 19 x 14 cm
	Bloco meia canaleta 14 x 19 x 19 cm		Bloco canaleta 14 x 19 x 29 cm

Figura 18: comparativo entre os blocos utilizados nas obras

5.3.3 Coleta de dados

Para a coleta de dados foram utilizadas simultaneamente as ferramentas de controle da produção, amostragem do trabalho e cartão de produção, que já foram explicadas no item 4.2, e juntamente com as observações e preenchimento das planilhas, era feito esporadicamente registro do sistema através de fotografias e filmagens. A seguir serão descritas como foram aplicadas estas ferramentas.

5.3.3.1 Amostragem do trabalho

Esta ferramenta foi utilizada para verificar com que proporção os funcionários analisados dividiam os seus tempos entre atividades produtivas, auxiliares e improdutivoas. Com isso, podem-se estimar as perdas por ociosidade das equipes e auxiliar na identificação de oportunidades de melhorias.

O modelo da planilha que foi utilizada encontra-se no apêndice A e foi adaptada do modelo proposto por Paravisi (2008, p. 86) para que melhor se adequasse às necessidades do trabalho. Nesta planilha estão listadas todas as possíveis atividades que os funcionários poderiam estar realizando. A ferramenta da amostragem do trabalho nos canteiros de obra foi aplicada somente pela pesquisadora, o que evitou que ocorressem erros por utilização de critérios diferentes pelos observadores.

O número de observações necessárias a serem realizadas é determinado pelas fórmulas 2 e 3, apresentadas no capítulo 4. Partindo do princípio que a mão-de-obra da construção civil utiliza 1/3 do seu tempo em atividades improdutivoas, para um nível de confiança de 68% e erro relativo de 5%, o tamanho da amostra deveria ser de 812 observações. Já para um nível de confiança de 95% e mesmo erro relativo, esse número de observações passa para 3.249 observações.

No primeiro estudo de caso, na obra de blocos em concreto, foram realizadas 1.502 observações em função da obra estar no final. Programou-se um número de observações a serem realizadas por dia e recalculou-se os novos número de observações necessárias conforme se iam obtendo dados, porém esse número não poderia ser muito maior para que o

intervalo entre uma observação e outra não fosse muito curto. Além disso, conjuntamente deveria ser preenchido o cartão de produção e ser feito registro através de fotografias e filmagens. Com esse número máximo de observações que se conseguiu realizar e os resultados obtidos, que serão apresentados no próximo capítulo, pode-se afirmar, conforme a fórmula 3, que com um erro relativo de 7,28%, os resultados referentes aos tempos gastos em atividades improdutivas estarão, em 95% dos casos, entre 31,06 e 35,94%. Ou, conforme a fórmula 3, com erro relativo de 3,64%, os resultados estarão, em 68% dos casos, entre 32,28 e 34,72%.

No segundo estudo de caso, na obra de blocos cerâmicos, realizaram-se 1.625 observações. Assim como no estudo de caso anterior, o número de observações não foi mais elevado em função do tempo para se realizar o acompanhamento em obra e para se ter um número de observações próximo entre as duas obras, já que se pretende comparar os resultados obtidos. Com esse número de observações e os resultados obtidos, pode-se afirmar que, conforme a fórmula 3, com erro relativo de 10,10%, os resultados referentes aos tempos gastos em atividades improdutivas estarão, em 95% dos casos, entre 17,44 e 21,36%. Já, conforme a fórmula 2, com 5,05% de erro relativo, pode-se dizer que os resultados se encontrarão, em 68% dos casos, entre 18,42 e 20,38%.

5.3.3.2 Cartão de produção

O cartão de produção foi utilizado para medir a produção da mão-de-obra analisada. O modelo do cartão de produção utilizado no trabalho é apresentado no apêndice B e foi baseado nos modelos propostos por Costa (2005, p. 83) e Paravisi (2007, p. 80).

Esta ferramenta foi aplicada pela pesquisadora, paralelamente à amostragem de trabalho, durante o acompanhamento das obras. Eram anotados os horários de início e fim dos registros e no final disso calculada a quantidade de metros quadrados totais executadas pela equipe de trabalho. Juntamente com o cartão de produção, foram utilizadas as plantas de paginação das paredes de alvenaria fornecidas pela construtora, e assim, conforme os pedreiros iam elevando as paredes, os blocos que eram assentados iam sendo pintados nas plantas. Após, já no computador com o auxílio de programa específico, foram calculadas as áreas de paredes executadas a cada dia por cada funcionário e calculado o total diário para devido

preenchimento no cartão de produção. Foram estabelecidos como critérios de medição, que seriam descontadas aberturas de vãos, entretanto os vãos de ambas as obras possuíam praticamente as mesmas dimensões em função dos projetos serem semelhantes.

Após obtenção dos dados de tempo de execução e da quantidade produzida por funcionário, foi possível calcular os seguintes índices de produtividade: Hh/m² e m²/hora. Conforme foi explicado no item 3.5.1, o termo índice de produtividade é bastante utilizado na bibliografia, mas o termo correto é taxa de produção. A diferença entre produção e produtividade foi explicada no capítulo anterior, porém, neste trabalho será utilizado o termo produtividade da mesma forma como é utilizado na bibliografia para que não haja confusões entre referências. Deve-se estar ciente, entretanto, de que produção e produtividade são conceitos diferentes.

Os índices de produtividade foram calculados somente para os funcionários diretamente envolvidos com a colocação dos blocos, ou seja, os pedreiros, desprezando-se os tempos dos serventes. Para se calcular esses índices utilizam-se as fórmulas 4 e 5.

$$\text{Índice de Produtividade} = \text{Hh} / \text{A} \quad (\text{fórmula 4})$$

onde Hh = homens-hora utilizados na produção, sendo o número de horas trabalhadas por cada operário multiplicada pelo número de operários envolvidos (Hh);

A = área de parede executada em determinado tempo de serviço (m²).

$$\text{Índice de Produtividade} = \text{A} / \text{t} \quad (\text{fórmula 5})$$

onde A = área de parede executada em determinado período de tempo de serviço (m²);

t = tempo de serviço necessário para executar uma determinada área de parede (h).

Por diversas vezes, a fim de se obter um produto final de qualidade, a construtora solicitou que algumas paredes fossem refeitas. Esses tempos gastos com retrabalho não foram descontados.

Apesar de se ter obtido os valores de produção por cada funcionário e por cada dia de acompanhamento, só serão apresentados os resultados da produção média da equipe de trabalho por todos os dias. Esses resultados serão discutidos no capítulo seguinte.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados os principais resultados obtidos referente a custo e produtividade dos dois tipos de bloco estudados. No que se refere à produtividade são explicadas as características dos sistemas de produção dos dois estudos de caso e mostrado o que se obteve com a aplicação das ferramentas de amostragem do trabalho e cartão de produção nas obras.

6.1 ESTUDO DE CASO 1: BLOCOS EM CONCRETO

6.1.1 Características do sistema da produção

Uma breve apresentação da obra onde foi realizado o estudo de caso 1 já foi feita no capítulo 5, item 5.3.2.1. As principais características da obra são:

- a) possui projeto de alvenaria estrutural completo, com paginação das paredes, apresentando dimensões dos blocos quando diferentes do bloco-padrão, posição das treliças metálicas e das ferragens, indicando quantidade, comprimento e bitolas, posição das caixas de luz com suas dimensões, dimensões dos vãos de portas, janelas e ar-condicionado, e disposição dos blocos na primeira e segunda fiadas;
- b) blocos em concreto da família cujo bloco padrão possui dimensões 14 x 19 x 39 cm. Na última fiada eram utilizados blocos meia canaleta (figura 19) a fim de não se serrar blocos inteiros para se fazer canaletas inteiras, já que estas não eram oferecidas pelo fornecedor;
- c) argamassa industrializada, misturada no próprio pavimento onde se estava executando a alvenaria, através de argamassadeira mecânica (figura 20);
- d) lajes e escadas pré-moldadas (figura 21);
- e) graute executado em obra, com o uso de betoneira, no pavimento térreo, e transportado para os andares superiores com balde através de guincho de coluna;

- f) equipe de trabalho composta por um servente para cada pedreiro aproximadamente (o que é um valor elevado já que a proporção típica é de 1 servente para cada 2 pedreiros), com pagamento destes por produtividade;
- g) as ferramentas e equipamentos de posse do pedreiro eram: colher de pedreiro, canaleta para colocação da argamassa de assentamento, linha guia das fiadas, trincha, pano, cano para frisamento das juntas, nível, prumo, régua de alumínio, martelo de borracha e caixa metálica para colocação de argamassa com suporte para água;
- h) o transporte vertical dos blocos e sacos de argamassa era feito por guincho de coluna (figura 22a) ou por carro-guincho (figura 22b), quando este estivesse na obra;
- i) o transporte horizontal dos blocos e argamassa era feito em carrinhos-de-mão ou gericas (figura 23), mesmo não sendo equipamentos adequados;
- j) as juntas de dilatação eram feitas com placas de isopor.



Figura 19: assentamento de blocos meia canaleta na última fiada



Figura 20: produção de argamassa no pavimento



Figura 21: escada pré-moldada



(a)



(b)

Figura 22: transporte vertical: (a) guincho de coluna e (b) carro-guincho



Figura 23: transporte horizontal de blocos e argamassa

Considerando o processo construtivo como um todo, o mesmo inicia com a chegada dos materiais na obra e vai até a sua conversão no produto final, as paredes de alvenaria estrutural. Assim que os materiais chegavam à obra, eram inspecionados e, devido ao *layout* do canteiro (figura 24a), era permitido que os caminhões entrassem até o fundo do terreno e descarregassem os materiais o mais próximo possível do local de estoque (figura 24b). Os materiais eram estocados ao lado dos blocos (prédios) em que futuramente seriam utilizados, cobertos com lona plástica e sobre *palets* (figura 25).



(a)



(b)

Figura 24: (a) vista da obra; (b) descarga e estoque de materiais



Figura 25: estoque de blocos cobertos com lona plástica e sobre *palets*

O controle do material que estava em cada pavimento e a ordem para a elevação de mais blocos ou sacos de argamassa industrializada eram feitos pelo mestre e pelo engenheiro responsável pela obra. Assim que os materiais subiam, eram transportados para perto do local onde seriam utilizados. A argamassa era transportada toda para ao lado da argamassadeira e alguns blocos eram levados para serem serrados, no próprio pavimento (figura 26). Eram serrados os blocos para colocação da caixa de luz (já que o fornecedor não oferecia este tipo de bloco pronto) e os blocos que necessitavam de aberturas de janelas de inspeção (espias) na base da parede para controle da chegada do graute até o fundo dos furos dos blocos.



Figura 26: blocos sendo serrados no pavimento

Para a execução das contravergas e cintas de amarração (não haviam vergas, pois pela modulação dos vãos, estas eram a própria cinta), poderiam ser utilizados os blocos canaletas oferecidos pelo fornecedor (conforme figura 3), porém deveriam ser serradas algumas paredes, ou meia canaletas. Havia também a opção de se utilizar contravergas pré-moldadas. Optou-se por utilizar na obra blocos meia canaleta preenchidos pelos serventes com concreto (graute) feito em obra (figuras 27 e 28), tanto para as contravergas como para as cintas de amarração.



(a)



(b)

Figura 27: (a) servente concretando contraverga; (b) contraverga concretada



Figura 28: contraverga e cinta de amarração feitas com blocos meia canaleta

O processo de execução da alvenaria estrutural era realizado praticamente conforme foi descrito no capítulo 2 deste trabalho. Primeiramente uma equipe realizava toda a marcação da primeira fiada das paredes (figura 29a), posteriormente as equipes de pedreiros executavam a elevação das paredes, e por fim quando eles já haviam saído do pavimento, entrava uma outra equipe, que não recebia por produtividade e sim por hora, que realizava os grauteamentos verticais nos pontos especificados em projeto (figura 29b).



(a)



(b)

Figura 29: (a) marcação da primeira fiada; (b) equipe executando graute vertical

Os pedreiros que executavam a elevação das paredes, primeiramente posicionavam os escantilhões metálicos nos encontros das paredes para assim executarem os cantos (castelinhos) que serviam de orientação para elevação das demais fiadas, sendo assim, os pedreiros tinham que tomar muito cuidado quanto ao prumo e nível. Depois da execução dos cantos, esticava-se uma linha que servia de guia para os demais blocos, garantindo prumo e horizontalidade da fiada. O processo a partir disso se tornava repetitivo, tendo que tomar cuidados maiores para execução de vãos e colocando andaime para execução da parede após o assentamento da sétima fiada. As operações básicas e repetitivas do pedreiro para assentamento dos blocos são mostradas na figura 30. O equipamento utilizado na figura 30e para bater nos blocos para colocá-los no lugar não é o mais adequado, e sim um martelo de borracha que os funcionários possuíam a disposição, porém muitos não utilizavam.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 30: operações realizadas pelo pedreiro na execução da parede: (a) pegando argamassa, (b) colocando argamassa de assentamento com canaleta, (c) colocando argamassa na lateral do bloco, (d) assentando bloco, (e) batendo no bloco para pôr no lugar e (f) retirando excesso de argamassa

Freqüentemente as paredes executadas eram submetidas à aprovação do mestre e do engenheiro da obra. Durante a realização deste estudo de caso, nenhuma parede foi rejeitada e teve que ser refeita. Os únicos registros de retrabalho ocorreram pelo demanche de alguns blocos recém assentados quando os pedreiros percebiam que haviam utilizado alguns blocos com dimensões incorretas das que eram especificadas no projeto. Isso ocorria devido aos funcionários já não trabalharem mais junto com o projeto, em função do efeito aprendizagem, já que estavam executando os últimos pavimentos do empreendimento, sendo que já haviam executado todos os demais.

A coleta de dados deste estudo de caso ocorreu durante 5 semanas, sempre durante o turno da manhã. Porém esses dias não foram corridos em função de a obra estar em fase final de estrutura e assim, em alguns dias, não terem ocorrido atividades de execução de alvenaria e também por chuva. Os três funcionários que foram acompanhados foram escolhidos por serem os que provavelmente seriam transferidos para a obra de blocos cerâmicos da mesma construtora.

6.1.2 Produtividade: cartão de produção e amostragem do trabalho

O resultado do acompanhamento da produção dos três operários, durante 13 dias, na execução de paredes de alvenaria estrutural foi de uma produtividade média de 0,39 Hh/m². A produtividade média por hora foi de 2,55 m²/h por pedreiro.

Esses valores encontrados foram bastante satisfatórios em termos de produtividade, uma vez que, no *software* Orca Win – Sistema Orçamentário para Construção Civil, da Regisul Informática Ltda., versão 2.0, para este mesmo tipo de bloco com as mesmas dimensões é utilizado 0,6 h de pedreiro para a execução de 1 m² de alvenaria estrutural e de acordo com a TCPO (Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos, 2003, p. 142) o valor sugerido é de 0,8 h de pedreiro por m².

Os resultados obtidos pela amostragem do trabalho são apresentados na figura 31.

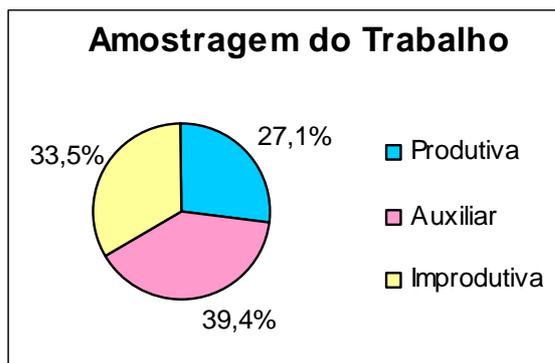


Figura 31: divisão do tempo de trabalho – blocos em concreto

Com base na figura 31, pode-se dizer que se obteve um desempenho equilibrado dos tempos gastos em atividades produtivas, auxiliares e improdutivas, com aproximadamente um terço das ocorrências para cada um. Vale ressaltar novamente que estes tempos são apenas relativos aos pedreiros, e não foram consideradas as atividades dos serventes.

A figura 32 mostra como estes tempos foram divididos entre as diversas atividades que o pedreiro poderia estar executando. Entre as operações realizadas pelo pedreiro as que apresentaram maior porcentagem de ocorrência foram, em ordem: retirando excesso de argamassa com 9,19% (auxiliar), colocando argamassa de assentamento com canaleta com 8,06% (produtiva), não encontrado com 7,66% (improdutiva), transportando material com 7,19% (auxiliar), parado esperando material com 6,26% (improdutiva) e assentando bloco em linha com 5,93% (produtiva).

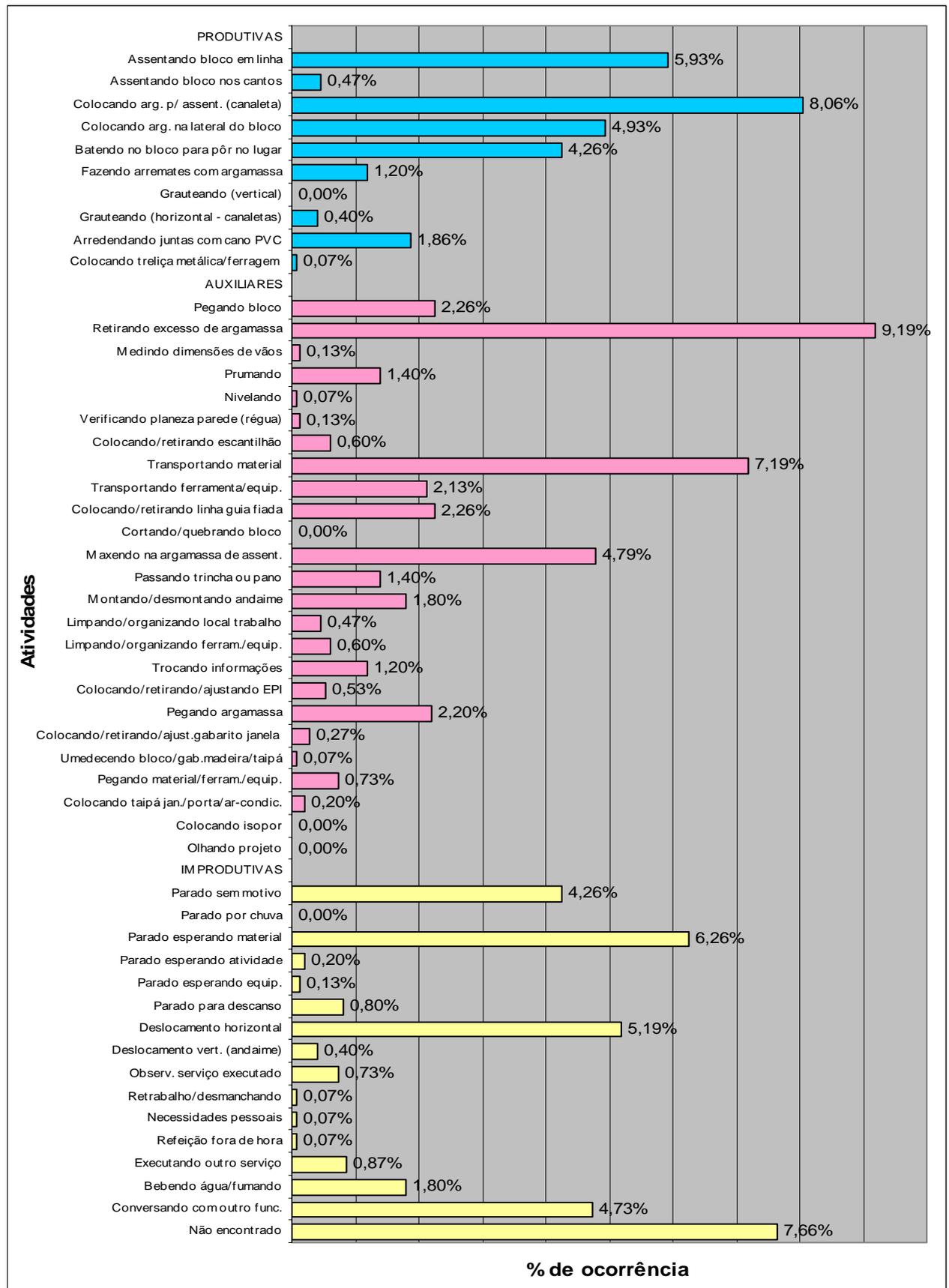


Figura 32: divisão do tempo de trabalho com cada atividade – blocos em concreto

As atividades improdutivas e auxiliares são as que se tem maior interesse de serem analisadas em função de possíveis melhorias na produção. Das observações que compõem os 33,5% de tempos improdutivos, as principais operações identificadas foram: não encontrado, parado esperando material, se deslocando horizontalmente, conversando com outro funcionário e parado sem motivo. As ocasiões em que os pedreiros se encontravam parados sem motivo ou descansando, podem ser, possivelmente, justificadas pelo cansaço físico decorrente das movimentações de pegar e assentar os blocos pesados, além das altas temperaturas apresentadas nos dias em que foram realizados acompanhamentos da produção. Além disso, podem justificar os funcionários parados à má distribuição das equipes, que algumas vezes contavam com um servente para cada dois pedreiros, ou a ineficiência dos serventes, que por muitas vezes não conseguiam atender a demanda de material solicitada pelos pedreiros. Esta última justificativa pode responder à grande porcentagem de atividades dos pedreiros parados esperando materiais, se deslocando horizontalmente ou eles mesmos transportando os materiais. Apesar disso, as atividades improdutivas podem ser reduzidas somente até certo ponto, em função de termos que levar em consideração as limitações humanas. Das atividades auxiliares que compõem 39,4% do tempo, as principais operações identificadas foram: retirando excesso de argamassa, transportando material, mexendo na argamassa de assentamento, pegando argamassa, pegando bloco e colocando ou retirando a linha guia de fiadas. As atividades auxiliares são as que se deve estudar e investir mais para que se tenham maiores melhorias na produção.

6.1.3 Custo

O resultado referente ao custo por metro quadrado de alvenaria estrutural de blocos em concreto é apresentado no quadro 3. No capítulo anterior já foi explicado como foram calculados cada item do quadro. A quantidade de horas de pedreiro foi utilizada conforme o resultado obtido neste estudo de caso e apresentado no item anterior. Com base nesse orçamento simplificado, para a execução de alvenaria estrutural com blocos em concreto de 14 x 19 x 39 cm, com juntas de 10 mm de argamassa industrializada especial para assentamento dos blocos, chegou-se ao custo total aproximado de R\$ 34,39 por metro quadrado.

Alvenaria estrutural com bloco em CONCRETO, juntas de 10 mm, com argamassa industrializada para assentamento - unidade: m²						
componentes	unidade	consumo	preço unitário	material	mão-de-obra	total
Bloco concreto 14x19x39 cm	un	13,10	R\$ 1,87	R\$ 24,50	R\$ 0,00	R\$ 24,50
Argamassa industrializada	kg	20,00	R\$ 0,23	R\$ 4,60	R\$ 0,00	R\$ 4,60
Pedreiro	h	0,39	R\$ 8,08	R\$ 0,00	R\$ 3,15	R\$ 3,15
Servente	h	0,39	R\$ 5,48	R\$ 0,00	R\$ 2,14	R\$ 2,14
TOTAIS				R\$ 29,10	R\$ 5,29	R\$ 34,39

Quadro 3: orçamento simplificado de 1 m² de alvenaria estrutural com blocos em concreto

6.2 ESTUDO DE CASO 2: BLOCOS CERÂMICOS

6.2.1 Características do sistema da produção

No capítulo 5, item 5.3.2.2, já foi feita uma breve apresentação da obra onde foi realizado o estudo de caso 2. As principais características da obra são:

- a) possui projeto de alvenaria estrutural completo, com paginação das paredes, apresentando dimensões dos blocos quando diferentes do bloco-padrão, posição das treliças metálicas e das ferragens, indicando quantidade, comprimento e bitolas, posição das caixas de luz com suas dimensões, dimensões dos vãos de portas, janelas e ar-condicionado, e disposição dos blocos na primeira e segunda fiadas;
- b) blocos cerâmicos da família cujo bloco padrão possui dimensões 14 x 19 x 29 cm. Na última fiada eram utilizados blocos canaleta, diferentemente dos blocos em concreto, os mesmos possuíam as mesmas dimensões do bloco padrão (figura 33);
- c) argamassa industrializada, produzida no próprio pavimento onde se estava executando a alvenaria, através de argamassadeira mecânica ou betoneira (figura 34);

- d) lajes e escadas pré-moldadas (figura 35);
- e) graute executado em obra, com o uso de betoneira, no pavimento térreo, e transportado para os andares superiores com balde através de guincho de coluna;
- f) equipe de trabalho composta normalmente por um servente para cada dois pedreiros, com pagamento destes por produtividade;
- g) as ferramentas e equipamentos de pose do pedreiro eram: colher de pedreiro, canaleta para colocação da argamassa de assentamento, linha guia das fiadas, trincha, pano, nível, prumo, régua de alumínio, martelo de borracha e caixa metálica para colocação de argamassa com suporte para água. Alguns pedreiros preferiam utilizar a colher de pedreiro para colocar argamassa de assentamento no lugar da canaleta;
- h) o transporte vertical dos blocos e sacos de argamassa era feito normalmente direto pelo caminhão com guincho da empresa fornecedora de material (figura 36a) e armazenado diretamente no pavimento em que seriam utilizados. Eventualmente se armazenavam os *palets* próximo ao bloco e posteriormente se utilizava o guincho de coluna para transporte vertical;
- i) o transporte horizontal dos blocos e argamassa era feito em carrinhos, carrinhos-de-mão ou gericas (figura 36b);
- j) as juntas de dilatação eram feitas com placas de isopor (figura 37);
- k) diferentemente da obra anterior, nesta obra todos os funcionários deveriam usar o uniforme fornecido.



Figura 33: assentamento de bloco canaleta na última fiada



(a)



(b)

Figura 34: produção de argamassa: (a) argamassadeira mecânica e (b) betoneira



Figura 35: escada pré-moldada



(a)



(b)

Figura 36: transporte de material: (a) vertical e (b) horizontal



Figura 37: juntas de isopor

Assim como no estudo de caso 1, considerando o processo construtivo como um todo, o mesmo inicia com a chegada dos materiais na obra e vai até a sua conversão no produto final, as paredes de alvenaria estrutural. Assim que os materiais chegavam à obra, eram inspecionados e, devido ao *layout* do canteiro (figura 38a), os caminhões entravam até perto do bloco que seria o destino final dos materiais que estavam chegando. Assim, os caminhões com guincho podiam descarregar os *palets* de blocos cerâmicos ou argamassa diretamente no pavimento ou, caso não fosse possível, se estocavam ao lado do bloco (figura 38b).



(a)



(b)

Figura 38: (a) vista da obra; (b) estoque de materiais

A argamassa era estocada ao lado da betoneira ou argamassadeira do pavimento. Alguns blocos eram levados para serem serrados: blocos para colocação da caixa de luz (já que a construtora optou por não comprar esse tipo de bloco pronto) e os blocos que necessitavam de aberturas de inspeção (espias) na base da parede para controle da chegada do graute até o fundo dos furos dos blocos. Para a execução das contravergas e cintas de amarração (figura 39) eram utilizados blocos canaleta, com as mesmas dimensões do bloco padrão, preenchidos pelos serventes com concreto (graute) feito em obra.



Figura 39: contravergas e cinta de amarração com bloco canaleta

O processo de execução da alvenaria estrutural era realizado da mesma maneira que o dos blocos em concreto e conforme foi descrito no capítulo 2 e item 6.1.1 deste trabalho. A única diferença era que não era realizado o frisamento das juntas, apenas a limpeza da juntas para retirada do excesso de argamassa com pano grosso.

Freqüentemente as paredes executadas eram submetidas à aprovação do mestre e do engenheiro da obra. Durante a realização deste estudo de caso, dois pedreiros tiveram algumas paredes rejeitadas, por falta de prumo e planeza, e tiveram que refazê-las.

A coleta de dados deste estudo de caso ocorreu durante 3 semanas, sempre durante o turno da manhã. Porém esses dias não foram corridos em função de chuva. Os quatro funcionários que foram acompanhados foram escolhidos, dois por serem os mesmos que haviam sido acompanhados no estudo de caso 1, e os outros dois por serem os demais que estavam trabalhando no mesmo pavimento, sendo que assim tinha-se alcance para acompanhar as suas produções.

6.2.2 Produtividade: cartão de produção e amostragem do trabalho

O resultado do acompanhamento da produção dos quatro operários, durante 10 dias, na execução de paredes de alvenaria estrutural foi de uma produtividade média de 0,39 Hh/m². A produtividade média por hora foi de 2,58 m²/h por pedreiro.

Os valores obtidos foram bastante satisfatórios em termos de produtividade. A TCPO (Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos, 2003) não apresenta composição de custos para bloco cerâmico de dimensões 14 x 19 x 29 cm, mas apenas a título de curiosidade, para as dimensões 14 x 19 x 39 cm, o valor sugerido é de 0,7 h de pedreiro para a execução de 1m². Já em um programa de orçamentos particular de uma construtora, esse valor para bloco cerâmico com as dimensões desejadas é de 1,3 h por m², mais de três vezes o valor obtido.

Os resultados obtidos pela amostragem do trabalho são apresentados na figura 40.

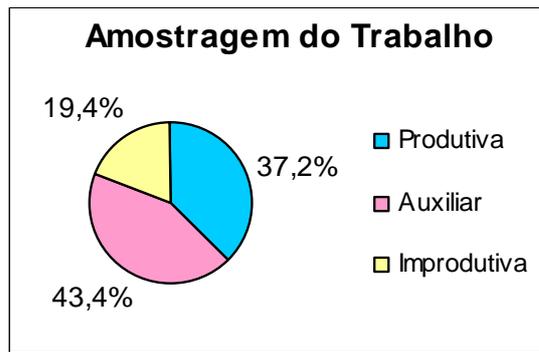


Figura 40: divisão do tempo de trabalho – blocos cerâmicos

Com base na figura 40, pode-se dizer que não se obteve um desempenho tão equilibrado dos tempos gastos em atividades produtivas, auxiliares e improdutivas como no estudo de caso anterior. Estes tempos também se referem apenas às operações dos pedreiros, não sendo consideradas as atividades dos serventes.

A figura 41 mostra como estes tempos foram divididos entre as diversas atividades que o pedreiro poderia estar executando. Entre as operações realizadas pelo pedreiro as que apresentaram maior porcentagem de ocorrência foram, em ordem: colocando argamassa de assentamento com canaleta com 10,89% (produtiva), retirando excesso de argamassa com 9,54% (auxiliar), colocando argamassa na lateral do bloco com 9,42% (produtiva), batendo no bloco para pôr no lugar com 7,69% (produtiva), deslocamento horizontal com 5,29% (improdutiva) e assentando bloco em linha com 5,23% (produtiva).

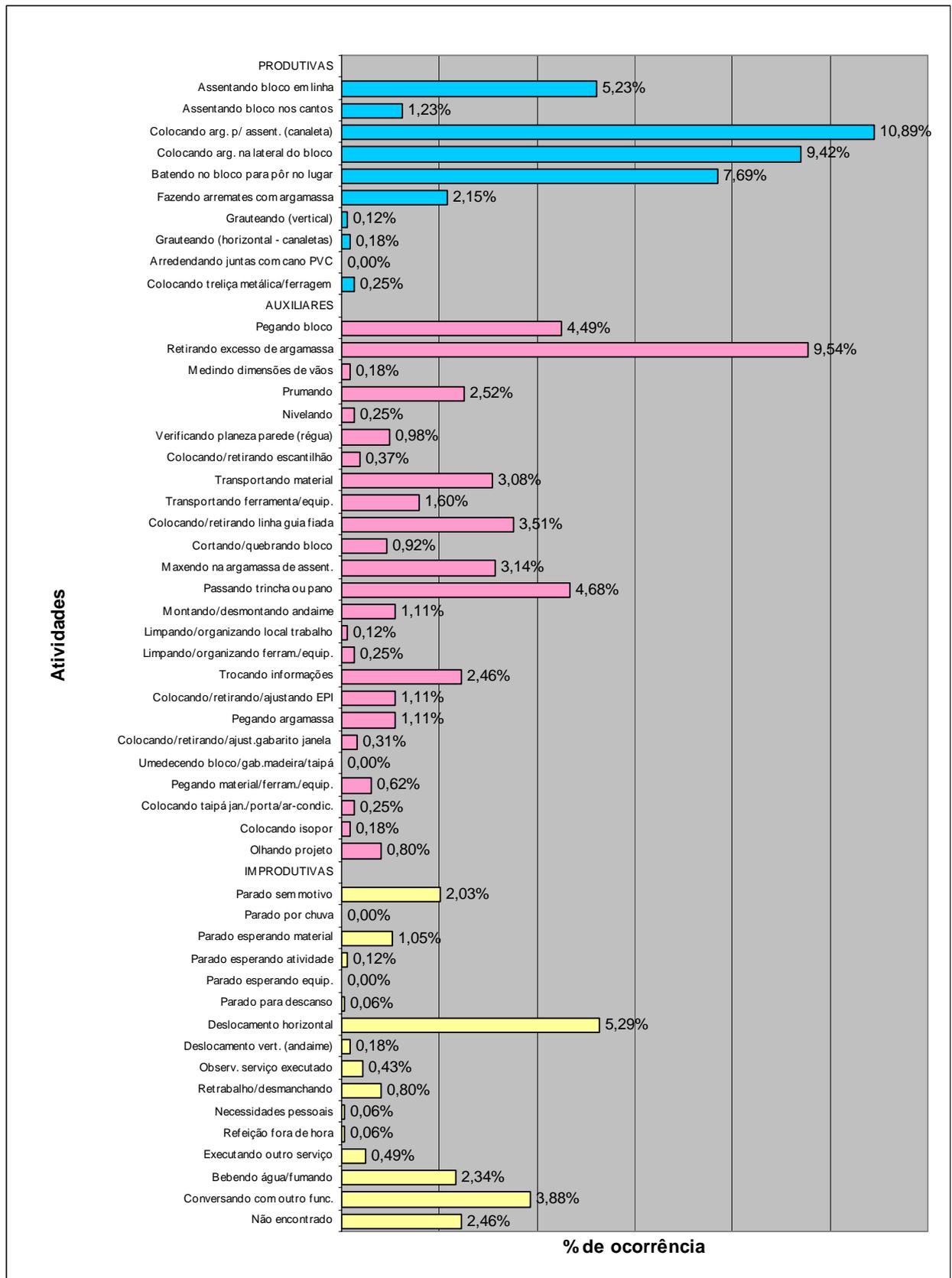


Figura 41: divisão do tempo de trabalho com cada atividade – blocos cerâmicos

Das observações que compõem os 19,4% de tempos improdutivos, as principais operações identificadas foram: se deslocando horizontalmente, conversando com outro funcionário, não encontrado, bebendo água ou fumando e parado sem motivo. Assim como no estudo de caso anterior, isso pode justificado pelo cansaço físico decorrente das movimentações de pegar e assentar os blocos, das altas temperaturas apresentadas nos dias em que foram realizados acompanhamentos da produção, da má distribuição das equipes, que contavam com um servente para cada dois pedreiros, ou a ineficiência dos serventes, que por muitas vezes não conseguiam atender a demanda de material solicitada pelos pedreiros. Com isso, alguns pedreiros necessitavam realizar atividades que deveriam ser executadas pelos serventes como buscar argamassa ou blocos, levar blocos para serem serrados, montar andaime, entre outras. Das atividades auxiliares que compõem 43,4% do tempo, as principais operações identificadas foram: retirando excesso de argamassa, passando trincha ou pano, pegando bloco, colocando ou retirando a linha guia de fiadas e mexendo na argamassa de assentamento. Como foi citado no estudo anterior, para que se tenham maiores melhorias na produção, deve-se estudar e investir em melhorias para redução das atividades auxiliares, em função das improdutivas serem limitadas pelas condições física e mental dos trabalhadores.

6.2.3 Custo

O resultado referente ao custo por metro quadrado de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos é apresentado no quadro 4. No capítulo anterior já foi explicado como foram calculados cada item do quadro. A quantidade de horas de pedreiro foi utilizada conforme o resultado obtido neste estudo de caso e apresentado no item anterior. Com base nesse orçamento simplificado, para a execução de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de 14 x 19 x 29 cm, com juntas de 10 mm de argamassa industrializada especial para assentamento dos blocos, chegou-se ao custo total aproximado de R\$ 29,96 por metro quadrado.

Alvenaria estrutural com bloco CERÂMICO, juntas de 10 mm, com argamassa industrializada para assentamento - unidade: m²						
componentes	unidade	consumo	preço unitário	material	mão-de-obra	total
Bloco cerâmico 14x19x29 cm	un	17,20	R\$ 1,10	R\$ 18,92	R\$ 0,00	R\$ 18,92
Argamassa industrializada	kg	25,00	R\$ 0,23	R\$ 5,75	R\$ 0,00	R\$ 5,75
Pedreiro	h	0,39	R\$ 8,08	R\$ 0,00	R\$ 3,15	R\$ 3,15
Servente	h	0,39	R\$ 5,48	R\$ 0,00	R\$ 2,14	R\$ 2,14
TOTAIS				R\$ 24,67	R\$ 5,29	R\$ 29,96

Quadro 4: orçamento simplificado de 1 m² de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos

6.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Segue no quadro 5 um resumo comparativo dos resultados obtidos quanto à produtividade e ao custo, obtidos através da utilização das ferramentas de controle da produção nos dois estudos de caso e do orçamento realizado.

Tipo de bloco	Produtividade					Custo [R\$]
	Cartão de Produção		Amostragem do Trabalho [%]			
	[Hh/m²]	[m²/h]	Produtiva	Auxiliar	Improdutiva	
Concreto	0,39	2,55	27,1	39,4	33,5	34,39
Cerâmico	0,39	2,58	37,2	43,4	19,4	29,96

Quadro 5: comparação dos resultados obtidos

Arredondando os valores obtidos de produtividade em Hh/m² para duas casas decimais, os dois tipos de blocos obtiveram os mesmo resultados. Quanto à amostragem do trabalho, o bloco cerâmico apresentou melhores resultados, ou seja, uma maior porcentagem de tempo realizando atividades produtivas e uma menor porcentagem realizando atividades improdutivas, quando comparado ao bloco em concreto. Em ambos os casos, a maior porcentagem de tempo foi gasta em atividades auxiliares. Esse resultado é coerente, devido ao tipo de atividade executada. Observando a listagem de atividades que poderiam estar ocorrendo em cada observação (apêndice A), percebe-se que há um maior número de

atividades auxiliares que poderiam estar sendo executadas, e são nestas atividades que se devem focar os estudos para melhoria da produtividade. O custo calculado para a execução de um metro quadrado de alvenaria estrutural de bloco em concreto foi de R\$ 4,43 superior ao da alvenaria de blocos cerâmicos. Esse resultado, quando se pensando em um empreendimento como um todo, é bastante significativo.

Apesar de pouca diferença quanto à produtividade, pode-se dizer, de uma forma geral, que o bloco cerâmico obteve melhores resultados quando comparado ao bloco em concreto. De acordo com conversas informais da pesquisadora com os pedreiros que foram acompanhados nas duas obras, pode-se perceber que os mesmos preferiam utilizar blocos cerâmicos, alegando como principais fatores a massa e a textura do bloco, que são melhores para serem manuseados. Apesar dos resultados da produtividade de ambos os estudos de caso terem sido semelhantes, segundo os funcionários, que são constantemente avaliados quanto à produtividade pela empresa para fins de pagamento, sempre obtiveram melhores resultados nas obras de blocos cerâmicos. Além disso, a temperatura também interfere muito na produtividade, e isso pôde ser verificado já que os dias em que foram acompanhados os funcionários nas obras as temperaturas estavam muito elevadas e frequentemente eles paravam para beber água e descansar um pouco. Segundo um dos funcionários, seus melhores resultados de produtividade haviam sido com blocos cerâmicos e nos meses de inverno.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término do trabalho, acredita-se que objetivos foram alcançados. Os objetivos secundários que eram a verificação do custo de produção de um m² de alvenaria estrutural utilizando blocos cerâmicos e utilizando blocos em concreto e a verificação da produtividade de duas edificações em alvenaria estrutural utilizando cada uma delas um dos tipos de bloco, levando em consideração a questão da diferente modulação e massa dos blocos, foram realizados para assim se alcançar o objetivo principal, que era a comparação entre blocos cerâmicos e em concreto, relativamente a custos e produtividade, quando utilizados em construções em alvenaria estrutural.

Com base nos resultados apresentados no capítulo 6, pode-se responder à questão levantada no início deste trabalho: que tipo de bloco, cerâmico ou em concreto, obtém melhores resultados quando utilizado em alvenaria estrutural? Quanto à produtividade os blocos apresentaram resultados muito semelhantes. Arredondando-se os valores produtividade em Hh/m² para duas casas decimais, obteve-se o mesmo valor para os dois tipos de bloco nas obras acompanhadas. Quanto aos resultados obtidos pela amostragem do trabalho, a obra que utilizava blocos cerâmicos apresentou melhores resultados, ou seja, menor número de observações dos funcionários executando atividades improdutivas, que não agregam valor ao produto final, e maior número de produtivas, que agregam valor. A porcentagem de tempo dedicada a atividades improdutivas na obra de blocos cerâmicos foi de 19,4%, frente 33,5% apresentada na obra de blocos em concreto. Isso, porém, pode não estar somente associado ao tipo de bloco, mas também ao gerenciamento da obra e aos serventes que não foram avaliados neste estudo, já que a obra de blocos em concreto apresentou uma porcentagem bastante superior de tempos de pedreiros parados sem motivo ou esperando os serventes lhe abastecerem de material.

Quanto ao custo, apesar de ter sido feito de forma bastante simplificada, desconsiderando alguns outros fatores que talvez pudessem vir a interferir no valor final, verificou-se que para a execução de 1 m² de alvenaria estrutural com blocos em concreto, tem-se um custo 13% superior à execução com blocos cerâmicos. Isso ocorre em função da quantidade de blocos e o consumo de argamassa a ser utilizada para se executar 1 m² de alvenaria estrutural. Somado a isso, se tem o preço de mercado da unidade de um bloco de concreto, que custa 41% mais caro que o bloco cerâmico.

No início deste trabalho foi apresentada a seguinte hipótese: em construções de alvenaria estrutural, o emprego de blocos cerâmicos é mais vantajoso que o de blocos em concreto no que se refere a custo e produtividade. Com base somente neste estudo, não é possível de se afirmar que esta hipótese seja verdadeira ou não. Com os resultados dos estudos de caso realizados, pode-se dizer que os blocos cerâmicos são mais vantajosos que os blocos em concreto quanto ao custo, porém quanto à produtividade, não se notou uma diferença muito significativa. De uma forma geral, os blocos cerâmicos apresentaram melhores resultados e conforme foi verificado no dia-a-dia das obras que foram acompanhadas, os pedreiros que já trabalharam com os dois tipos de bloco têm preferência pelos cerâmicos, por serem mais leves e de melhor textura para manusear.

Foi explicado durante o trabalho que a ferramenta amostragem do trabalho utilizada necessitava de um número maior de observações, o que não foi conseguido devido ao estágio em que a obra que utilizava blocos em concreto se encontrava, somado ao planejamento das obras e imprevistos quanto ao tempo que ocorreram ao longo da etapa prática do trabalho. Porém, pode-se afirmar que os resultados obtidos refletem a realidade das obras, nos dias em que foram acompanhadas, e considera-se que estes resultados são relevantes.

Conforme citado durante o trabalho a grande limitação do estudo de caso é que seus resultados não permitem generalizações. Porém, fica como sugestão para trabalhos futuros que sigam esta linha de pesquisa, até mesmo para difundir a utilização dos blocos cerâmicos para o restante do País, já que eles são utilizados praticamente só no sul, abordando um número maior de obras e de observações em cada uma delas, para que estes resultados sejam mais significativos.

REFERÊNCIAS

- ALVENARIA Estrutural. **Revista Técnica**. São Paulo, n. 34, p. 26-31, mai./jun. 1998. Disponível em: <http://www.ecivilnet.com/artigos/alvenaria_estrutural.htm>. Acesso em: 24 ago. 2007.
- ANTUNES, B. Alvenaria estrutural: sistema em evolução. **Revista Construção Mercado**. São Paulo, n. 41, p. 151-156, dez. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: 15 jun. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7171**: bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **NBR 8798**: execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- BERNASCONI, J. R. Infra-estrutura de grandes conjuntos habitacionais. **Revista Técnica**. São Paulo, n. 130, p. 48-50, jan. 2008.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Bloco Cerâmico**, 2001. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>>. Acesso em: 8 nov. 2007.
- CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006. Disponível em: <<http://www.nepae.feis.unesp.br/downloads.htm>>. Acesso em: 24 ago. 2007.
- COSTA, F. N. **Processo de execução de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhoria**. 2005. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GREVEN, H.; BALDAUF, A. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007.
- ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L.; BERNARDES, M. M. S. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction** (Technical Report 72). Stanford, EUA: Center for Integrated Facility Engineering, 1992.

PARAVISI, S. **Avaliação da produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PAULUZZI Produtos Cerâmicos Ltda. Sapucaia do Sul. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 11 nov. 2007.

RAMOS, A. S. **Influência da dimensão modular da unidade na produtividade em alvenarias estruturais de blocos de concreto**. 2001. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

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

SANTOS, A. dos. Medição de produtividade em canteiros utilizando a técnica da amostragem do trabalho. In: FORMOSO, C. T. (Org.). **Gestão da qualidade na construção civil: uma abordagem para empresas de pequeno porte**. 2. ed. Porto Alegre, 1995. p.197-222.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <<http://www.sinduscon-rs.com.br>>. Acesso em: 26 abr. 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; STON, J. **Administração da produção: edição compacta**. São Paulo: Atlas, 1999.

TABELAS de composições de preços para orçamentos – TCPO. 12. ed. São Paulo: PINI, 2003.

TECMOLD – Pisos e Blocos de Concreto. Disponível em: <<http://www.tecmold.com.br>>. Acesso em: 11 nov. 2007.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2000.

ZECHMEISTER, D. **Estudo para a padronização das dimensões de unidades de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular**. 2005. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

**APÊNDICE A – Modelo da planilha utilizada na amostragem do trabalho
(adaptado de PARAVISI, 2008)**

AMOSTRAGEM DO TRABALHO

Empresa:	Data:	
Obra:	Turno:	
Tipo de Bloco:	Hora de Início:	Total [h]:
Observador:	Hora de Fim:	

Funcionário	Atividades															

	Produtiva	Auxiliar	Improdutiva
	Atividades	P1 Assentando bloco em linha	A1 Pegando bloco
P2 Assentando bloco nos cantos		A2 Retirando excesso argamassa	I2 Parado por chuva
P3 Colocando arg. para assentamento		A3 Medindo dimensões de vãos	I3 Parado esperando material
P4 Colocando arg. na lateral do bloco		A4 Prumando	I4 Parado esperando atividade
P5 Batendo no bloco para pôr no lugar		A5 Nivelando	I5 Parado esperando equip.
P6 Fazendo arremates com argamassa		A6 Verificando planeza parede com régua	I6 Parado para descanso
P7 Grauteando (vertical)		A7 Colocando/retirando escantilhão	I7 Deslocamento horizontal
P8 Grauteando (horizontal – canaletas)		A8 Transportando material	I8 Deslocamento vert.(andaime)
P9 Arredondando (frisando) juntas		A9 Transportando ferramenta/equip.	I9 Observ. serviço executado
P10 Colocando treliça metálica / ferragem		A10 Colocando/retirando linha guia fiada	I10 Retrabalho / desmanchando
		A11 Cortando / quebrando bloco	I11 Necessidades pessoais
		A12 Mexendo na argamassa de assent.	I12 Refeição fora de hora
		A13 Limpando juntas (trincha / pano)	I13 Executando outro serviço
		A14 Montando / desmontando andaime	I14 Bebendo água / fumando
		A15 Limpando / organizando local trabalho	I15 Conversando com outro func.
		A16 Limpando / organizando ferram./equip.	I16 Não encontrado
		A17 Trocando informações	
		A18 Colocando/retirando/ajustando EPI	
		A19 Pegando argamassa	
		A20 Colocando/retirando/ajust. gabarito	
		A21 Umedecendo bloco / gabarito madeira	
		A22 Pegando material / ferram. / equip.	
		A23 Colocando taipá janela/porta/ar-condic.	
		A24 Colocando isopor	
		A25 Olhando projeto	

Total			
--------------	--	--	--

**APÊNDICE B – Modelo do cartão de produção utilizado
(baseado em COSTA, 2005; PARAVISI, 2008)**

CARTÃO DE PRODUÇÃO

Empresa:	Data:
Obra:	Turno:
Tipo de Bloco:	Observador:

Atividade	Funcionário(s)	Local	Hora de Início	Hora de Fim	Total [h]	Total Executado [m ²]
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Representação da produção: