

Análise das perdas de materiais no serviço de alvenaria: estudo de caso realizado em obras de edificações residenciais de pequeno porte

Andressa Soares da Silva ^[1], Wagner Batista de Souza Filho ^[2], Cícero Marciano da Silva Santos ^[3], Amandio Pereira Dias Araújo ^[4]

[1] andressasoares73@hotmail.com. [2] wagner.souzafilho@gmail.com. [3] cicero_marciano@yahoo.com.br. [4] amandio.araujo@ifpb.edu.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB.

RESUMO

A construção civil é caracterizada como um dos segmentos industriais de maior importância para o desenvolvimento econômico e social do país. Também é conhecida por ser um setor que demanda uma quantidade expressiva de materiais e que desperdiça consideravelmente seus recursos ao longo de toda a sua cadeia produtiva. Por essas razões, o objetivo desta pesquisa foi analisar a incidência de perdas de materiais empregados na etapa de execução do serviço de alvenaria. A pesquisa consiste em um estudo de caso exploratório que teve como área de referência duas obras de empreendimentos residenciais de pequeno porte, localizadas na cidade de Monteiro-PB, onde foi acompanhada a execução da alvenaria de vedação, por ser o serviço de maior representatividade nestas construções. Foram observadas todas as etapas da produção, desde o recebimento do material no canteiro de obras até sua aplicação, a fim de identificar as inconformidades que influenciaram as perdas de materiais na fase de execução do serviço. A partir daí, estas inconformidades foram classificadas segundo sua natureza, momento de incidência e origem e, em seguida, foram mapeadas no processo para serem identificadas como atividades de fluxo ou de conversão. Posteriormente, foi mensurada a incidência de material perdido na fase de produção do serviço, calculando-se o consumo teórico de material previsto para ser usado na construção da alvenaria e o consumo estimado de material despendido para a sua produção. Comparando a quantidade de insumo prevista com a consumida, foi possível estabelecer o índice percentual de material perdido durante o processo produtivo da alvenaria. Como resultado, obteve-se a relação de material perdido e as principais causas que subsidiaram seu desencadeamento. Contudo, é interessante ressaltar a importância do controle dos materiais, cabendo aos gestores buscarem estas melhorias por meio da implementação de mecanismos que visem aumentar a eficiência do processo produtivo das construções.

Palavras-chave: Perda. Material. Alvenaria. Edificação.

ABSTRACT

Civil construction is characterized as one of the industrial segments of major importance for the economic and social development of the country. It is also known for being an industry that demands an expressive amount of materials and that considerably wastes its resources throughout its productive chain. For these reasons, the aim of this research was to analyze losses of materials used in the execution stage of the masonry service. The research consists of an exploratory case study that had as reference area two works of small residential developments in Monteiro-PB, where the masonry was monitored, being the most representative service in these buildings. All stages of production were observed, from the receipt of the material at the construction site until its application to finding the unconformities that influenced the material losses in the execution phase of the service. From then on, these unconformities were classified according to their nature, the moment of incidence and origin and then mapped in the process to be identified as flow or conversion activities. Subsequently, the lost material was measured in the production phase of the service, calculating the theoretical consumption of material expected to be used in the masonry and the estimated consumption of material expended for its production. By comparing the amount of predicted input with the consumed, it was possible to establish the percentage index of material lost during the productive process of the masonry. As a result, the relation of lost material and the main causes that subsidized its triggering was obtained. However, it is interesting to emphasize the materials control, and it is up to the managers to seek these improvements through the mechanisms that aim to increase the efficiency of the productive process of the constructions.

Keywords: Loss. Material. Masonry. Edification.

1 Introdução

A construção civil é tida como um dos segmentos industriais de maior importância para o desenvolvimento econômico e social do país, tanto por sua participação na composição do Produto Interno Bruto (PIB) nacional quanto pelo largo contingente de pessoas que emprega direta e indiretamente em toda a sua cadeia produtiva (SOUZA, 2005). Conforme o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2013), o conjunto das atividades de construção civil respondeu por cerca de 5,7% do PIB nacional no ano de 2012 e empregou, em 2011, um contingente de cerca de 7,8 milhões de pessoas, representando 8,4% de toda a população ocupada do país.

Em contrapartida, quando comparada aos demais segmentos industriais, a construção civil se reveste de uma importância também expressiva no que se refere à demanda por materiais, ao elevado consumo de recursos naturais, ao desperdício de insumos e à geração de resíduos ao longo de toda a sua cadeia produtiva.

Conforme disposto em Limmer (2013), os materiais de uma obra chegam a representar cerca de 60% do custo da construção. De acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2012), em números gerais, a construção civil mundial demanda 40% da energia e um terço dos recursos naturais, emite um terço dos gases de efeito estufa, consome 12% da água potável e produz 40% dos resíduos sólidos urbanos. No panorama brasileiro da construção, o consumo de materiais é de 9,4 toneladas por habitante anualmente e a geração de resíduos sólidos atinge cerca de 500 kg por habitante por ano.

A ineficiência em alguns dos processos de produção da obra faz com que uma parte considerável dos insumos que chegam ao canteiro não sejam utilizados para os fins que motivaram a sua aquisição e, por isso, acabam sendo desperdiçados. Tais desperdícios implicam gastos acima dos previamente estimados, representando um dispêndio de recursos que poderiam, de alguma forma, estar disponíveis à construção. Essa quantidade de insumo consumida além do que foi estimado pode ser entendida e caracterizada como perda, as quais se refletem negativamente, sobretudo, nos custos da construção (SOIBELMAN, 1993).

A construção civil se reveste de uma importância tão grande no que diz respeito ao uso de materiais

que é bastante cobrada quanto à busca de uma maior eficiência no seu uso, para evitar a ocorrência de elevados índices de perdas de materiais no processo produtivo das construções (SOUZA, 2005).

O que se perde de material na obra é muito variável, depende das peculiaridades de cada construção, embora seja perceptível que cada etapa da obra pode interferir diretamente em várias outras subsequentes, por exemplo, executar as alvenarias sem considerar os serviços de instalações pode levar à demolição de parte das paredes levantadas, resultando na perda de material.

Nesta pesquisa, elegeram-se o serviço de alvenaria como objeto de estudo, tanto por sua representatividade na produção das obras em geral quanto por ser um dos serviços mais expressivos, em termos de empregabilidade, nas construções residenciais de pequeno porte na área de referência do estudo. Conforme a Revista Construção Mercado (2015), as vedações verticais representam algo entre 2,1% e 13,4% do custo total da construção de edifícios habitacionais, comerciais e industriais.

As vedações em alvenaria são os elementos de maior frequência empregados no processo construtivo tradicional brasileiro, sendo responsáveis por uma parcela considerável das perdas de materiais verificadas nas obras de construção de edifícios, atingindo valores médios de ordem de até 17% de perda de blocos cerâmicos e de até 113% de argamassa de levante. Nesse sentido, a racionalização das alvenarias de vedação é destacada como fundamental para o atendimento dos requisitos de qualidade (PINHO; LORDSLEEM JR., 2009).

Olhando sob um aspecto positivo, a melhoria da eficiência no uso dos materiais e a redução das perdas pode ser um caminho saudável e extremamente desejável para o melhor desempenho e competitividade da empresa, podendo, ainda, contribuir e muito para a sustentabilidade da construção civil (SOUZA, 2005). Ainda conforme Souza (2005), cada vez mais cobra-se pelo uso racional e eficiente dos recursos. É importante ter em mente, portanto, que as perdas são características de qualquer processo produtivo, e que cabe aos profissionais da área entendê-las, tanto em termos quantitativos quanto de suas causas, para subsidiar suas decisões sobre como atuar de modo a evitar que esses índices se elevem mais do que o necessário.

Todos esses apontamentos despertaram o interesse de se pesquisarem com maior profundidade as

perdas de materiais incidentes no serviço de alvenaria em construções de empreendimentos residenciais de pequeno porte na cidade de Monteiro-PB, que tem apresentado um crescimento considerável no número de obras em razão da ampliação das obras da transposição do rio São Francisco e da formação de polos educacionais na região.

Desse modo, o objetivo desta pesquisa é mensurar a incidência das perdas de materiais empregados na execução do serviço de alvenaria e levantar as principais causas que subsidiaram sua ocorrência.

2 Fundamentação teórica

O esforço pela melhoria da eficiência dos processos de produção pode ser facilitado pelo entendimento da evolução dos sistemas de produção industrial. Assim, vislumbra-se a possibilidade da aplicação e adaptação desses conceitos à indústria da construção civil, de forma que o setor possa avançar com base em novos conceitos e princípios de gestão da produção e, então, consiga obter controle das incidências das perdas de materiais (ROSA, 2001).

2.1 Sistema Toyota de Produção (STP)

A *Toyota Motor Corporation*, vista como a praticante líder e a principal originadora da abordagem enxuta, sincronizou de forma progressiva e simultânea todos os seus sistemas para atingir alta qualidade, tempos rápidos de atravessamento e excepcional produtividade. Conseguiu isso ao desenvolver um conjunto de práticas que moldaram largamente o que hoje denominamos de operações enxutas, e a *Toyota* chama de *Toyota Production System* (TPS), expressa em português como Sistema Toyota de Produção (STP) (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

A base dessa filosofia é a eliminação planejada e sistemática do desperdício, levando a um melhoramento contínuo da produtividade (MOREIRA, 2011). É uma filosofia simples, mas eficaz, que elimina o desperdício, reduzindo o excesso de capacidade ou estoque e removendo atividades que não agregam valor. As metas são gerar serviços e produtos, quando necessário, e aumentar continuamente os benefícios de valor agregado das operações (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

O termo enxuto tem basicamente tudo a ver com as coisas certas, no lugar certo, no tempo certo, na quantidade certa, ao mesmo tempo em que se tenta minimizar o desperdício e cultivar a flexibilidade e a

abertura à mudança (MOREIRA, 2011). Para Slack, Chambers e Johnston (2009), o princípio da abordagem enxuta é mover-se na direção de eliminar todos os desperdícios de modo a desenvolver uma operação que é mais rápida, mais confiável, produz produtos e serviços de mais alta qualidade e, acima de tudo, opera com custo baixo.

A *Toyota* acreditava que a filosofia enxuta deveria ser aplicada fortemente para a eliminação de desperdício, o qual define como “tudo além da mínima quantidade de equipamentos, itens, partes e trabalhadores que são absolutamente essenciais à produção”. A partir disso, identificou as sete tipologias de desperdício que precisam ser eliminados de todos os processos de produção, tais quais: (i) superprodução, (ii) espera, (iii) transporte, (iv) processo, (v) estoque, (vi) movimento e (vii) produtos defeituosos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

De acordo com Martins e Laugeni (2005), toda atividade que consome recursos e não agrega valor ao produto é considerada um desperdício.

Para Miyake (2013), o desafio da melhoria do desempenho de processos e sistemas de produção tem sido tratado por meio de diferentes abordagens, sendo a do modelo enxuto uma das mais abrangentes e bem articuladas.

2.2 *Lean construction* (construção enxuta)

A partir da década de 1990, o setor da construção civil passou a experimentar a aplicação de um novo modelo de gestão da produção, elaborado com base nos resultados da pesquisa realizada por Koskela (1992). Neste estudo, o autor definiu um modelo de gestão e organização do trabalho para a construção civil denominado *Lean Construction*, o qual é baseado nos conceitos e fundamentos da abordagem enxuta (CONTE, 2010).

Conforme Koskela (1992), o processo de produção é composto por atividades de conversão e atividades de fluxo, que geram custos e consomem tempo. Todavia, somente as atividades que agregam valor ao produto devem permanecer no processo, as que não agregam valor devem ser evitadas, haja vista que:

- a) Atividades de conversão consistem no processamento dos materiais e de informações em produtos acabados, agregando-lhes valor;
- b) Atividades de fluxo relacionam-se às tarefas de movimento, processamento, inspeção e

espera dos materiais, não agregando valor aos produtos acabados. Neste contexto, a espera é considerada um estado e não uma atividade do processo da produção.

2.3 Definição de perda

De acordo com Formoso *et al.* (1996, p. 1), as perdas de materiais na construção civil devem ser entendidas como “qualquer ineficiência que se reflita no uso de materiais em quantidades superiores às que-las necessárias à produção da edificação”.

Souza (2005), afirma, todavia, que, embora muito objetiva, tal definição ainda deixa dúvidas com relação à referência a partir da qual se teria a ocorrência de perdas. E somos levados a questionar: como determinar um quantitativo que caracterize o que se define como perda?

Há, portanto, que se estabelecer uma referência formal para balizar a definição de perdas. Deste modo, o autor considera que perda é

toda quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária, que é aquela indicada no projeto e seus memoriais, ou demais prescrições do executor, para o produto sendo executado (SOUZA, 2005).

Ainda para o mesmo autor, tal definição delimita a discussão das perdas ao âmbito da produção, isto é, uma vez definido o projeto, este seria a referência a ser buscada no processo de produção e, portanto, haveria perda, caso as atividades de produção levassem a uma necessidade de materiais superior àquela calculada com base nas prescrições do projeto.

2.4 Classificação das perdas

Seja qual for o objetivo de um programa de melhorias, é sempre interessante balizar as decisões tomadas em um prévio entendimento dos problemas vigentes. Esse raciocínio se aplica também ao caso das perdas de materiais, isto é, seu entendimento facilita seu futuro combate. Deste modo, o entendimento das perdas de materiais passa pelo conhecimento de sua ocorrência (SOUZA, 2005).

Conforme Formoso *et al.* (1996), para reduzir as perdas nas construções, é necessário conhecer sua natureza e identificar suas principais causas. Com este objetivo, as perdas são classificadas de acordo com a possibilidade de serem controladas, sua natureza

e sua origem. Os critérios de classificação adotados pelo autor foram adaptados de estudos do Sistema Toyota de Produção para a construção civil brasileira. Considerando estes pressupostos, as perdas podem ser classificadas da seguinte forma:

2.4.1 Perdas segundo seu controle

- a) Perdas inevitáveis ou perda natural: correspondem a um nível aceitável de perdas, que é identificado quando o investimento necessário para sua redução é maior que a economia gerada;
- b) Perdas evitáveis: ocorrem quando os custos de ocorrência são substancialmente maiores que os custos de prevenção. São consequência de um processo de baixa qualidade, no qual os recursos são empregados inadequadamente.

2.4.2 Perdas segundo sua natureza

- a) Perdas por superprodução: relacionadas com a produção de componentes ou processamento de materiais, em quantidades superiores às necessárias ou antecipadamente, possibilitando a ocorrência de perdas de materiais, mão de obra e equipamentos. Por exemplo, a produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho;
- b) Perdas por substituição: referem-se à utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado, de um operário qualificado realizando tarefas comuns ou de equipamentos com maior avanço tecnológico utilizados em tarefas simples. Por exemplo, a utilização de argamassa com traços de maior resistência que a especificada;
- c) Perdas por espera: associam-se aos períodos de tempo em que os trabalhadores e equipamentos estão ociosos ou não estão sendo utilizados produtivamente. Por exemplo, paradas nos serviços originadas por falta de disponibilidade de equipamentos ou de materiais;
- d) Perdas por transporte: relacionam-se às atividades de movimentação interna de materiais e equipamentos, devido ao manuseio excessivo, utilização de equipamentos inadequados ou condições inadequadas de acesso. Por exem-

plo, quebra de bloco cerâmico devido ao uso de equipamento de transporte inadequado;

- e) Perdas no processamento em si: decorrem de atividades inerentes ao processo utilizado ou de atividades desnecessárias para que o produto adquira suas características básicas de qualidade. Por exemplo, quebra de paredes rebocadas para viabilizar a execução das instalações;
- f) Perdas por estoque: resultam da existência das más condições na armazenagem dos materiais ou de estoques elevados de materiais devido à compra antecipada ou além do necessário. Por exemplo, a deterioração do cimento devido à estocagem em contato com o solo e/ou em pilhas muito altas;
- g) Perdas no movimento: ocorrem devido a movimentos desnecessários, ou de forma ineficiente, por parte dos trabalhadores durante a execução de suas atividades no posto de trabalho. Por exemplo, o tempo excessivo de movimentação entre postos de trabalho devido à falta de programação de uma sequência adequada de atividades;
- h) Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem às especificações de projeto, podendo resultar em retrabalhos ou perdas nos processos posteriores. Por exemplo, o descolamento de placas de cerâmicas;
- i) Outras: ocorrem em função de roubo, acidente, intempéries etc.

2.4.3 Perdas segundo sua origem

As perdas mencionadas, em geral, incidem e podem ser identificadas durante qualquer etapa da produção. Sua origem, contudo, pode estar tanto no próprio processo de produção quanto nos processos que os antecedem, como na fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, projeto, suprimentos e planejamento. Por exemplo, a utilização de tijolos à vista em paredes a serem rebocadas implicam perdas por substituição incidentes na produção, porém originadas nos suprimentos, devido à falta de material em canteiros, por falhas na programação de compras.

3 Materiais e métodos

3.1 Classificação da pesquisa e variáveis de investigação

Esta pesquisa é um estudo de caso exploratório, tendo em vista que pretende levantar as causas que provocaram as perdas de materiais e o índice de materiais perdidos na produção. As variáveis de investigação desta pesquisa são: a escolha das obras, a fase da construção e o levantamento das perdas de materiais.

3.2 Delimitações e ambiente da pesquisa

O segmento da construção civil é caracterizado por diferentes tipos de construções, diferentes técnicas construtivas e uma imensa variedade de materiais em sua produção; esta pesquisa limitou-se, porém, a estudar um reduzido número de canteiros de obras, um único serviço da produção e os materiais nele empregados.

O estudo teve como área de referência dois canteiros de obras de empreendimentos residenciais unifamiliares de pequeno porte, localizados na cidade de Monteiro-PB. Estas obras foram denominadas, nesta pesquisa, de A e B. O critério de escolha das obras partiu da ideia de que elas, em seu andamento, estivessem em estágio semelhante e que adotassem os mesmos sistemas construtivos, tal qual alvenaria convencional de blocos cerâmicos.

Além das características específicas das obras pesquisadas, procurou-se escolher construtoras que dispusessem ao menos da planta baixa das edificações e que tornassem as informações administrativas acessíveis à realização da pesquisa.

Com relação ao serviço, considerando as características de pequeno porte das obras escolhidas, optou-se por acompanhar aquele de maior representatividade na produção e em que possivelmente ocorreria a maior incidência de perda de material; por isso, preferiu-se acompanhar a execução da alvenaria.

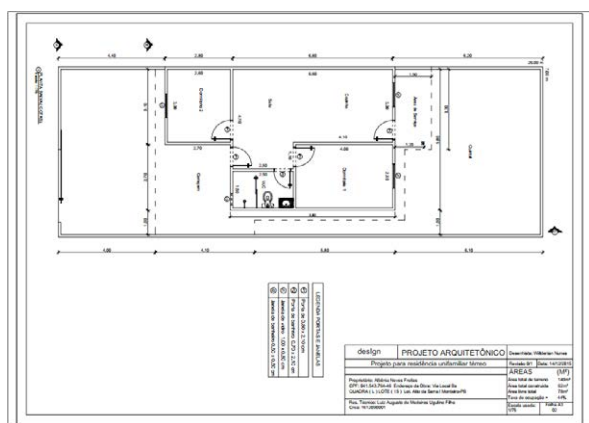
Quanto à escolha dos materiais, preferiu-se estudar aqueles que foram perdidos durante seu emprego na etapa de execução do serviço de alvenaria, tais como: (i) os blocos cerâmicos e (ii) a argamassa de levante.

3.3 Caracterização das obras

A construção dos empreendimentos foi acompanhada durante um período de dois meses. As obras foram executadas simultaneamente, viabilizando a coleta dos dados; todavia, cada uma foi construída por uma equipe diferente, apesar de fazerem parte de um mesmo loteamento, pertencentes a uma só construtora.

A obra A consiste em um empreendimento residencial unifamiliar com 62,00 m² de área construída e 127,50 m² de área total de alvenaria, como indicado na Figura 1.

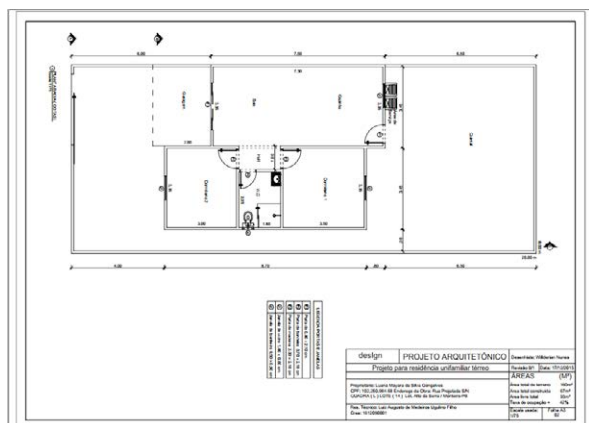
Figura 1 – Planta baixa da edificação A



Fonte: Autores (2015).

A obra B também é de um empreendimento residencial unifamiliar, com 67,00 m² de área construída e 133,10 m² de área total de alvenaria, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Planta baixa da edificação B



Fonte: Autores (2015).

Para execução do serviço, foram usados blocos cerâmicos furados, com oito furos horizontais, nas dimensões 9 x 19 x 19 cm, espessura de parede de 9 cm e argamassa de levante, para juntas de assentamento com espessura de 15 mm (espessura prevista), composta de cimento (CP II Z 32 RS), cal hidratada e massame (tipo de arenoso característico da região) sem peneirar, traço 1:2:8 medido em latas, misturado manualmente.

3.4 Procedimentos metodológicos para levantamento dos dados

Normalmente as alvenarias de vedação são caracterizadas por elevado índice de quebras, retrabalhos, desperdícios, falta de padronização dos elementos da alvenaria, falhas de detalhamento de projeto e ausência de projeto de paginação. Desse modo, quando não há projetos específicos, não se tomam cuidados mínimos necessários para um desempenho razoável na execução desses serviços (SALGADO, 2009).

Todos esses aspectos implicam o desencadear de perdas. Por essa razão, o processo produtivo do serviço deve ser monitorado, a fim de impedir que a ocorrência dessas perdas se avolume mais do que o tolerável, tornando-se difícil seu controle em tempo mínimo.

3.4.1 Procedimentos para classificação das perdas

Embora as perdas de materiais tenham sido mensuradas apenas na etapa de execução do serviço de alvenaria, para classificá-las, todo o processo produtivo foi observado, desde o recebimento dos materiais no canteiro de obra até sua aplicação na alvenaria. Essa observação teve a finalidade de identificar as inconformidades incidentes em cada etapa do processo, para analisar se elas influenciaram na ocorrência de perdas durante a fase de execução.

Essas inconformidades foram classificadas segundo sua natureza, fundamentadas nas nove categorias de perdas apresentadas neste trabalho, seu momento de incidência e sua origem. Posteriormente, foram mapeadas no processo, com a finalidade de identificar atividades de fluxo e de conversão.

3.4.2 Procedimentos para mensurar a incidência de perdas

Para que se chegasse ao índice mensurado de material perdido em cada obra durante a fase de produção do serviço, foram cumpridas as seguintes etapas:

i. A priori, embasado na planta baixa da edificação, foi realizado o cômputo da área total de alvenaria. Para isso, foi calculada a soma dos perímetros horizontais e verticais, resultando no perímetro total de alvenaria, o qual foi multiplicado pelo pé direito do empreendimento. Posteriormente, desse resultado foram descontadas as aberturas dos vãos, resultando na área total da alvenaria, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Memória de cálculo

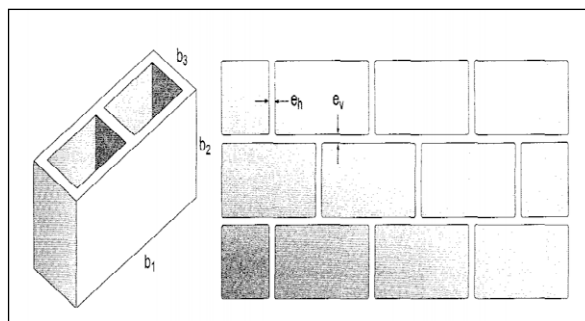
Descrições		Obra A	Obra B
Perímetro	Horizontal	16,9 m	20,1 m
	Vertical	25,6 m	25 m
Pé direito		3 m	3 m
Descontos		Nenhum vão excedeu 2 m ²	Apenas um vão excedeu 2 m ² . Portanto, foi realizado o devido desconto: $\{[(20,1 + 25) \times 3] - 2,2\}$
Área total da alvenaria		127,5 m ²	133,1 m ²

Fonte: Autores (2015).

Quanto a estes descontos, Mattos (2006), afirma que, caso a área da abertura seja inferior a 2 m², despreza-se o vão da abertura, isto é, não se faz desconto algum na parede, e, caso a área da abertura seja igual ou superior a 2 m², desconta-se da área total o que exceder a 2 m². Essa análise é feita vão por vão e não pela soma dos vãos.

ii. Em um segundo momento, a partir da área total da alvenaria que foi calculada, conforme descrito no item anterior, foi levantado o consumo previsto dos materiais empregados na execução do serviço. Esse levantamento foi realizado conforme a metodologia apresentada nos estudos de Mattos (2006), a partir dos quais o autor afirma que a quantidade de blocos cerâmicos e de argamassa para levantar por metro quadrado de alvenaria depende da dimensão do bloco e da espessura das juntas de assentamento horizontais e verticais, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Representação da dimensão do bloco e da espessura das juntas de assentamento



Fonte: Mattos (2006).

Chamando de b_1 e b_2 o comprimento e a altura (em metro) do bloco no plano da parede, e de e_h e e_v a espessura (em metro) das juntas de assentamento horizontais e verticais, respectivamente, a quantidade de blocos por metro quadrado será obtida pela divisão de 1 m² pela área do bloco equivalente, que é o bloco acrescido das juntas, como mostra a Equação 1.

$$n = \frac{1}{(b_1 + e_h) \times (b_2 + e_v)} \quad (1)$$

em que:

n = quantidade de blocos por metro quadrado de alvenaria;

1 = área da alvenaria (metro quadrado);

b_1 = comprimento do bloco cerâmico (metro);

e_h = espessura das juntas horizontais (metro);

b_2 = altura do bloco cerâmico (metro);

e_v = espessura das juntas verticais (metro).

Para calcular o volume de argamassa por metro quadrado de alvenaria, a maneira prática é subtrair de 1 m² a área frontal dos blocos existentes nessa área e multiplicar o resultado pela espessura do bloco (b_3), como exposto na Equação 2.

$$V = [1 - n \times (b_1 \times b_2)] \times b_3 \quad (2)$$

em que:

V = volume de argamassa por metro quadrado de alvenaria;

1 = área da alvenaria (metro quadrado);

n = quantidade de blocos por metro quadrado de alvenaria;

b_1 = comprimento do bloco cerâmico (metro);

b_2 = altura do bloco cerâmico (metro);

b_3 = espessura do bloco cerâmico (metro).

A quantidade teórica (nominal) de blocos cerâmicos (n) e o volume de argamassa (V) por metro quadrado de alvenaria, segundo a combinação das dimensões dos blocos usados nas obras acompanhadas ($9 \times 19 \times 19$ cm), mais a espessura de juntas previstas para o assentamento (15 mm), ou seja, aquelas pressupostas para serem executadas na obra, é de 23,80 unidades de blocos cerâmicos por metro quadrado de alvenaria levantada e de um volume de $0,01269 \text{ m}^3$ de argamassa para as juntas de assentamento por metro quadrado executado.

Seguidamente, a partir da área total da alvenaria e dos dados levantados em campo, foi mensurado o consumo dos materiais empregados na execução do serviço *in loco*. Para esse levantamento, foi utilizada, também, a metodologia apresentada em Mattos (2006), todavia com algumas adaptações:

Para mensurar a quantidade de blocos cerâmicos usados no levantamento das paredes, foi calculada a quantidade de blocos assentados, ou seja, aquela prevista para a produção do serviço, mais a quantidade que ficou incorporada à alvenaria, mais o total de material que foi desperdiçado e que saiu da obra como entulho.

Para se obter o quantitativo de material incorporado à alvenaria e desperdiçado na produção, foi colhida a informação de que era usado, em média, um total de 26,00 e 25,00 unidades de blocos cerâmicos por metro quadrado de alvenaria levantada, respectivamente, nas obras A e B. Tendo como referência a quantidade teórica de material (23,80), era desperdiçado um quantitativo de cerca de 2,20 e 1,20 unidades de blocos por metro quadrado de alvenaria levantada, sejam estes incorporados ao serviço ou desperdiçados na produção das obras A e B, respectivamente. Logo, em sua totalidade, foi desperdiçado aproximadamente um quantitativo de: $127,50 \text{ m}^2$ de alvenaria \times 2,20 unidades de blocos = 280,50 unidades de blocos desperdiçados, na obra A, e $133,10 \text{ m}^2$ de alvenaria \times 1,20 unidades de blocos desperdiçados = 159,72 unidades de blocos desperdiçados, na obra B.

Além disso, foi feito o levantamento da espessura de uma amostra de vinte juntas de assentamentos horizontais e verticais. A partir desses dados, foi calculada a média da espessura das juntas executadas no assentamento dos blocos. A média da espessura das amostras das juntas horizontais e verticais obtidas nas obras A e B foram, respectivamente, 1,80 cm e 1,90 cm. A Equação 3 apresenta a formulação dessa ideia.

$$n = \left(\frac{1}{(b_1 + me_h) \times (b_2 + me_v)} \right) + QMD \quad (3)$$

em que:

n = quantidade de blocos por metro quadrado de alvenaria;

1 = área da alvenaria (metro quadrado);

b_1 = comprimento do bloco cerâmico (metro);

me_h = média da espessura das juntas horizontais (metro);

b_2 = altura do bloco cerâmico (metro);

me_v = média da espessura das juntas verticais (metro);

QMD = quantidade de material desperdiçado.

Quanto à argamassa de levante, foi usado o mesmo entendimento do item anterior, isto é, para mensurar a quantidade de argamassa utilizada no assentamento dos blocos, foi calculada a quantidade teoricamente necessária para a produção do serviço mais a quantidade que ficou incorporada à alvenaria, percebida a partir do alargamento na espessura das juntas, evidenciado pelo cálculo da média. A esse quantitativo foi somado o volume total (comprimento \times altura \times largura) de material desperdiçado na execução do serviço, o qual caiu na base da alvenaria e saiu da obra como entulho. A Equação 4 apresenta a formulação dessa ideia.

$$V = \{[1 - n \times (b_1 \times b_2)] \times b_3\} + QMD \quad (4)$$

em que:

V = volume de argamassa por metro quadrado de alvenaria;

1 = área da alvenaria (metro quadrado);

n = quantidade de blocos por metro quadrado de alvenaria;

b_1 = comprimento do bloco cerâmico (metro);

b_2 = altura do bloco cerâmico (metro);

b_3 = espessura do bloco cerâmico (metro);

QMD = quantidade de material desperdiçado.

iii. Estabelecidos os consumos teórico e estimado dos blocos cerâmicos e do volume de argamassa empregados na produção da alvenaria, convém, portanto, calcular o índice percentual de material perdido durante a etapa de execução do serviço. Para isso, foi usada como referência a metodologia apresentada por Souza (2005), a qual está expressa na Equação 5.

$$IP (\%) = \left(\frac{QMM - QMT}{QMT} \right) \times 100 \quad (5)$$

em que:

IP (%) = indicador de perdas expresso percentualmente;

QME = quantidade de material mensurada;

QMT = quantidade de material teoricamente necessária.

Note-se que se está determinando o percentual de perdas em relação ao teoricamente necessário, no sentido de tal valor expressar o afastamento com relação ao que foi previsto (SOUZA, 2005).

Ao se calcular o índice percentual de material perdido, levam-se em consideração a quantidade de material mensurado e a teoricamente necessária, sem adotar nenhum percentual de perda considerado inevitável. Conforme a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO, 2014), deve-se con-

siderar perda de 15% de blocos e 20% de argamassa como perdas inevitáveis, isto é, perdas naturais e que são inerentes ao processo produtivo.

4 Resultados e discussão

Nesta seção são apresentados os resultados provenientes da pesquisa de campo realizada com base nos critérios expostos no item 3.4.

4.1 Classificação das perdas

Apesar de as obras analisadas possuírem seu próprio canteiro, fazendo parte, assim, de um mesmo loteamento, também apresentaram algumas evidências entre as causas das perdas de materiais identificadas. Por essas razões, para classificar as inconformidades observadas na produção dos empreendimentos, os dados foram estruturados, de forma geral, apenas no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das perdas de materiais

Tarefas	Inconformidades	Classificação		
		Natureza	Incidência	Origem
Recebimento dos materiais no canteiro de obra	Má qualidade dos blocos cerâmicos	Substituição	Recebimento	Suprimento
Estocagem dos blocos, cimento, cal e massame	Armazenagem inadequada	Estoque	Armazenagem	Suprimento
Transporte dos blocos para o local de aplicação	Má organização no layout do canteiro ou manuseio excessivo ou inadequado dos materiais	Transporte	Produção e Transporte	Planejamento
Transporte do cimento, da cal e do massame para a central de produção	Má organização no layout do canteiro ou manuseio excessivo ou inadequado dos materiais	Transporte	Produção e Transporte	Planejamento
Confecção da argamassa de assentamento	Falta de procedimentos de inspeção e controle	Processo	Produção	Planejamento e Treinamento
Transporte da argamassa para o local de aplicação	Má organização no layout do canteiro ou manuseio excessivo ou inadequado dos materiais	Transporte	Produção e Transporte	Planejamento
Assentamento dos blocos cerâmicos	Falta de racionalização do serviço	Processo	Produção	Planejamento e Treinamento
Espessura das juntas de assentamento	Falta de racionalização do serviço	Processo	Produção	Planejamento e Treinamento
Alinhamento, nivelamento, prumo, esquadro e planeza	Falhas no processo produtivo dos serviços	Elaboração de produto defeituoso	Produção	Planejamento e Treinamento

Fonte: Autores (2015).

Analisando os dados estruturados no Quadro 1, foi percebida a ocorrência de inconformidades em quase todas as etapas da produção. No recebimento dos materiais no canteiro de obras, foi notada a má qualidade dos blocos cerâmicos, no que se refere às suas características geométricas e mecânicas.

Na fase de armazenagem dos materiais, percebeu-se a falta de adequação dos estoques que não dispunham de páletes para acondicionar os blocos, os sacos de cimento e os sacos da cal, nem de baias para conter o massame. Os materiais eram armazenados provisoriamente pelo canteiro até a sua necessidade diária de uso.

No transporte dos materiais pelo canteiro, foi observada a perda e/ou quebra de materiais pelo trajeto, devido à má organização no *layout* do canteiro, como apresentado nas Figuras 4 e 5, ou devido ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais. Estas inconformidades ocorreram entre o estoque, a central de processamento e o local de aplicação dos materiais.

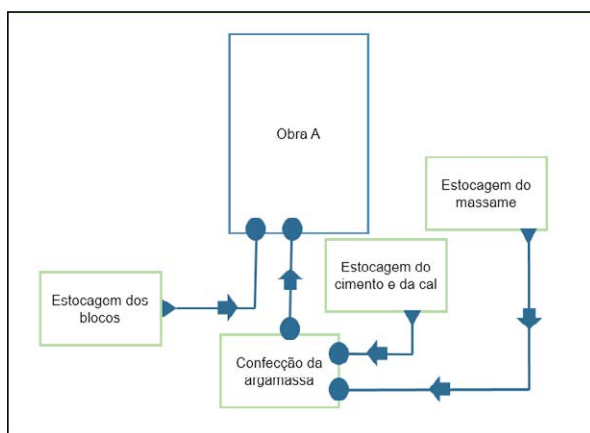
Na etapa de processamento da argamassa, verificou-se que o traço era misturado manualmente, como mostra a Figura 6, podendo ter implicado a super-dosagem da argamassa ou falhas na padronização do traço, devido à falta de procedimentos para inspeção e controle na confecção das argamassas.

Figura 6 – Confecção da argamassa



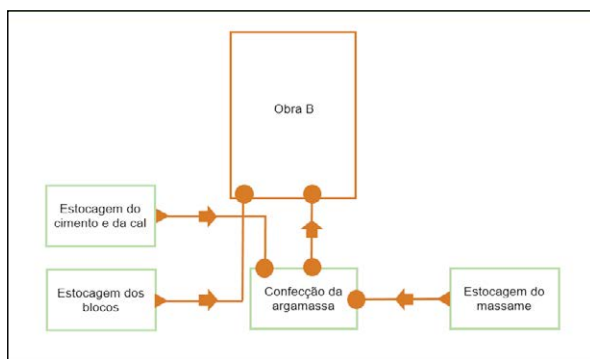
Fonte: Autores (2015).

Figura 4 – Layout do canteiro da obra A



Fonte: Autores (2015).

Figura 5 – Layout do canteiro da obra B



Fonte: Autores (2015).

Na etapa de aplicação dos materiais, foi constatada a falta de racionalização no assentamento dos blocos e na espessura das juntas bem como foram notados alguns desvios ao longo do levantamento da alvenaria, em função da falta de projeto de paginação da alvenaria e de otimização e controle da produção.

O recebimento de materiais de má qualidade, as inadequações na estocagem dos materiais, a falta de padronização do traço e as falhas de execução são aspectos primordiais entre as etapas observadas na produção, o que pode ter desencadeado as perdas de blocos cerâmicos e de argamassa de levante na produção destas obras.

Após identificar e classificar as inconformidades observadas nas etapas produtivas do serviço de alvenaria, estas tarefas do processo foram mapeadas, com a finalidade de estabelecer quais eram caracterizadas como atividades de fluxo e quais eram as atividades de conversão. A análise do mapeamento do processo tem o objetivo de identificar quais atividades do processo agregam ou não valor à produção do serviço. A descrição destas tarefas e a classificação obtida estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Mapeamento do processo

Tarefas	Fluxograma de processo					Atividades	
						Fluxo	Conversão
Recebimento dos materiais no canteiro de obra				x		o	
Estocagem dos blocos cerâmicos, cimento, cal e massame					x	o	
Transporte dos blocos cerâmicos para o local de aplicação		x				o	
Transporte do cimento, da cal e do massame para a central de produção		x				o	
Confecção da argamassa de assentamento	x						o
Transporte da argamassa para o local de aplicação		x				o	
Assentamento dos blocos cerâmicos	x						o
Espessura das juntas de assentamento	x						o
Alinhamento, nivelamento, prumo, esquadro e planeza da alvenaria	x						o

Fonte: Autores (2015).

Como visto no Quadro 2, há uma proporção de cinco atividades de fluxo – desempenhadas entre o transporte, a inspeção e o estoque dos materiais – para quatro atividades de conversão – exercidas na operação do serviço. De modo geral, foi observado que as atividades de fluxo são executadas pelos serventes e as de conversão pelos pedreiros. Em função das atividades de fluxo terem ocorrido com maior frequência, é interessante buscar diminuí-las, já que elas não agregam valor à produção.

4.2 Incidência de perdas

Por meio dos parâmetros exibidos para cômputo das perdas, foram calculadas, para as duas obras pesquisadas, a quantidade de material teoricamente necessária para a construção da alvenaria, a quantidade de material realmente consumida na produção e a incidência de material perdido, expressa em termos percentuais. Os resultados obtidos após o levantamento dos dados em cada obra foram tabulados e apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Índice mensurado das perdas

Obra	Insumo	Unidade	Consumo previsto	Consumo real	Perda (%)
A	Blocos	unid.	3033,908388	3227,522929	6,38%
	Argamassa	m ³	1,617831648	1,925622504	19,02%
B	Blocos	unid.	3167,162403	3206,811413	1,25%
	Argamassa	m ³	1,688889352	2,10606	24,70%

Fonte: Autores (2015).

Como apresentado na Tabela 2, foi visto que a quantidade de bloco cerâmico e de argamassa de levante consumida para produzir a área de alvenaria analisada em cada obra foi maior do que o previsto.

As principais causas das perdas de blocos cerâmicos foram motivadas pela falta de racionalização na execução do serviço, implicando uma maior necessidade de cortes dos blocos para moldar a al-

venaria a ser erguida. Outro aspecto observado foi a ocorrência de quebra dos blocos ao serem manuseados na central de produção, devido à baixa qualidade apresentada. Também se observou perda de certa quantidade de material, em função de seu abandono no local de trabalho após o término das atividades da operação.

Como visto, a argamassa de levante utilizada no assentamento da alvenaria foi perdida em maior magnitude do que os blocos cerâmicos. Essa elevação na incidência das perdas de argamassa é explicada pelo alargamento na espessura das juntas de assentamento horizontais e verticais, implicando a incorporação de parte do material usado; além disso, é considerada também a quantidade de material que é desperdiçada ao cair no chão e não mais utilizada na produção.

Na obra A, foi observado que tanto as perdas de bloco cerâmico quanto as de argamassa de levante estão dentro dos parâmetros toleráveis pelo TCPO (2014), isto é, o índice de material perdido que foi encontrado é considerado inevitável no processo produtivo do serviço, ou seja, está dentro do que se considera natural ser perdido.

A obra B também apresentou perdas de materiais acima do consumo previsto para a execução do serviço, todavia o índice de bloco cerâmico perdido é considerado aceitável; em contrapartida, o índice de perda de argamassa de levante está acima dos critérios quantitativos tolerados no TCPO (2014). Essa elevação é justificada pelo espessamento das juntas de assentamento mais alargadas, o que implicou uma maior quantidade de argamassa incorporada. Neste caso, esse quantitativo de perda é considerado evitável, ou seja, se o serviço tivesse sido executado adequadamente, estas ocorrências poderiam ter sido evitadas.

5 Considerações finais

Foi observado que nenhuma das obras analisadas adotou algum tipo de mecanismo para controle dos materiais no canteiro de obras, ao longo das etapas produtivas do serviço. É importante, portanto, que os gestores evitem operar sem conhecer o real consumo dos materiais. Para isso, somente após a implementação de um sistema efetivo para controle de perdas é que se terá condições de se conhecer a origem, as causas e as incidências das perdas de materiais no canteiro de obras. A partir destas informações, é que poderão ser decididas quais as ações que devem ser tomadas para a busca de maior eficiência no uso dos materiais.

De modo geral, percebe-se certa resistência por parte dos gestores quanto à implementação de um sistema de controle e gestão, porém é preciso ter em mente que é muito mais benéfico para a empresa exercitar a capacidade de identificar onde ocorrem as

perdas e como elas podem ser evitadas. A ideia de se implementar um sistema de controle na produção é antecipar problemas, para que medidas preventivas e ou corretivas possam ser tomadas antes da ocorrência de perdas de materiais e, assim, possa ser impedida a oneração de custos na produção.

As perdas de materiais estão diretamente relacionadas ao gerenciamento da obra. De modo geral, foi observado que, embora os índices de materiais perdidos não tenham sido consideravelmente altos, estas ocorrências poderiam ter sido evitadas, caso tivessem sido tomados cuidados simples para controle, ao receber, estocar, manusear e utilizar os materiais ao longo da produção.

Foi notado que o fluxo da produção dentro do canteiro de obras deve ser melhor distribuído, para que sejam evitadas movimentações desnecessárias, o que pode ser corrigido com a simples realocação das centrais de produção. Além disso, verificou-se também que o serviço carece ser melhor controlado no que se refere à espessura das juntas de assentamento e à utilização dos blocos cerâmicos.

REFERÊNCIAS

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). *Conduas de sustentabilidade no setor imobiliário residencial*. São Paulo, 2012.

CONTE, A. S. Itri. *Lean construction: o caminho para a excelência operacional na construção civil*. In: CONTADOR, J. C. (Org.). **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Blucher, 2010.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (DIEESE).

Estudo setorial da construção 2012 (Estudos e Pesquisas, 65). São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/estudosetorial/2012/estPesq65setorialConstrucaoCivil2012.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

FORMOSO, C. T. *et al.* **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Núcleo orientado para a inovação da edificação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1996.

ÍNDICES E CUSTOS DE EDIFICAÇÕES. **Revista construção mercado: negócios de incorporação e construção**. São Paulo: Pini, n. 170, set. 2015.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford University, 1992.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração de produção e operações**. Trad. Lucio Brasil Ramos Fernandes e Mirian Santos Ribeiro de Oliveira. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. São Paulo: Pini, 2006.

MIYAKE, D. I. Melhorando o processo: seis sigmas e sistema de produção lean. In: ROTONDARO, Roberto Gilioli. (Org.). **Seis sigmas**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2013.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

PINHO, S. A. C.; LORDSLEEM JR. A. C. O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 16., 2009, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: CBC, 2009. Disponível em: <<http://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/1157>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

ROSA, F. P. **Perdas na construção civil**: diretrizes e ferramentas para controle. 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Trad. Henrique Luiz Corrêa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações**: sua incidência e seu controle. 1993. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros**: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.

TABELAS DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS (TCPO). 14. ed. São Paulo: Pini, 2014.