

**Vahan Agopyan** é engenheiro civil (1974) e mestre (1978) pela Universidade de São Paulo - USP. Doutor em Engenharia Civil pela University of London, Inglaterra (1982). Professor titular e livre-docência na USP. Diretor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Atuou de 1994 a 1988 na ABNT como membro do Conselho Diretivo e como presidente do COBRACON. Em 2001, foi membro do Comitê Assessor de Engenharia Civil no CNPq. Coordenador de Engenharia da FAPESP. Membro do Conselho Direto do IMT - Instituto Mauá de Tecnologia, e Pesquisador do IPT de 1985 a 2002. Atua nas áreas de Matérias e Componentes de Construção, Materiais Não-Metálicos, Qualidade da Construção Civil e Construção Sustentável. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.  
E-mail: agopyan@pcc.usp.br

**Ubiraci Espinelli Lemes de Souza** é engenheiro civil (1983), mestre (1989) e doutor (1996) pela Universidade de São Paulo - USP. Professor livre-docente (2001) da USP no período de 1984 a 2001. Atualmente é professor associado em regime parcial. Atua na área de Processos Construtivos.  
E-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br

**José Carlos Paliari** é engenheiro civil (1994) pela Universidade Federal de São Carlos e mestre (1999) pela Universidade de São Paulo - USP. Foi professor auxiliar de 1997 a 1999 e atualmente é professor assistente da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. Atua nas áreas de Processos Construtivos, Materiais e Componentes de Construção, Gestão e Produtividade no Uso de Recursos Físicos nos Canteiros de Obras.  
E-mail: jpaliari@power.ufscar.br

**Artemária Coêlho de Andrade** é engenheira civil (1996) pela Universidade Federal do Piauí - UFPI e mestre (1999) e em doutoramento desde 2000 pela Universidade de São Paulo - USP. Estagiária da Sociedade Técnica de Engenharia - Steng, em 1995 e 1996 nas áreas de Cálculo Estrutural e Fiscalização e Consultoria. Atuou como assistente de professor em 1998 na USP na área de Tecnologia e Gestão da Produção.  
E-mail: aandrade@pcc.usp.br

# 10.

## Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra

Vahan Agopyan, Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, José Carlos Paliari e Artemária Coêlho de Andrade

### Resumo

**E**ste projeto teve como objetivo contribuir para a redução de custos das edificações e para a garantia da qualidade de processos e produtos do setor da Construção Civil. Desenvolveu-se uma metodologia para a medição das perdas de materiais, a qual foi aplicada em cerca de 100 canteiros de obra. O trabalho foi realizado por uma rede nacional de pesquisa envolvendo 16 universidades em 12 estados brasileiros. O trabalho contou também com a participação de várias entidades setoriais de diversas regiões do país, tais como SEBRAE, SENAI, SINDUSCON e SECOVI. O estudo confirmou que existe grande variabilidade nas perdas de materiais nos canteiros de obra e identificou as suas principais causas.

A título de exemplo, são apresentados, detalhadamente, os indicadores de perdas e consumo de materiais dos serviços estrutura de concreto armado (abordando os materiais concreto usinado e aço) e execução de alvenaria (tratando-se dos blocos e argamassas de assentamento) e, também, de forma resumida, os indicadores obtidos para os revestimentos de argamassa, gesso e cerâmica.

225

## Histórico da pesquisa

A preocupação quanto ao uso excessivo de materiais e componentes em obras de construção de edifícios, há muito tempo, faz parte de debates quanto a este segmento industrial. O real conhecimento da situação vigente e uma proposta de caminhos para melhorar o desempenho do setor quanto ao eventual desperdício existente tornam-se indispensáveis no contexto atual de acirramento da competição entre as empresas e de crescentes exigências por parte dos consumidores de obras de edifícios.

O projeto Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra caminha no sentido de levantar informações consistentes sobre o assunto e subsidiar políticas de melhoria contínua do setor. Tendo como base inicial experiências vivenciadas por alguns dos pesquisadores que fazem parte do atual grupo de trabalho, elaborou-se uma metodologia para coleta e avaliação de informações sobre o consumo de materiais e componentes em obra, a qual passou – e continua sofrendo tal processo – por contínuos aperfeiçoamentos ao longo de sua aplicação.

A pesquisa foi iniciada por um grupo de sete universidades (Universidade de São Paulo – USP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Universidade Federal do Ceará – UFC, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS), que receberam apoio financeiro da FINEP – Programa Habitare, através de um projeto de pesquisa proposto pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção – ITQC, e coordenado pelo PCC-USP. Esse grupo de instituições estudou cerca de 40 canteiros de obra. Logo, a pesquisa ganhou a adesão de mais três universidades (Universidade de Fortaleza – UNIFOR, Universidade Federal da Bahia – UFBA e Universidade Federal do Espírito Santo – UFES), que trouxeram mais de uma dezena de canteiros para estudo.

Um novo grupo de universidades do Nordeste do Brasil, representando os Estados da Paraíba, Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Sergipe e Bahia, apoiado pelo Projeto Setorial da Construção Nordeste, coordenado pelo SENAI da Bahia (através de um contrato firmado com o ITQC, sob a coordenação técnica do PCC), foi treinado para a aplicação da metodologia em aproximadamente 30 canteiros de obra, perfazendo o total de quase uma centena de canteiros de obra distribuídos pelo país.

## Resumo da metodologia

### Explicitando o conceito de perdas de materiais

Antes da discussão dos índices de perdas e consumos de materiais, é necessário que se estabeleça a que fases da “vida” do empreendimento tais resultados se referem. Nesse sentido, convém inicialmente notar que o consumo excessivo de materiais pode ocorrer em diferentes fases do empreendimento (Tabela 1): concepção, execução ou utilização.

FASES	CONCEPÇÃO	EXECUÇÃO	UTILIZAÇÃO
Caracterização da perda	Diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente necessária de acordo com o projeto idealizado	Diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade de material prevista para manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período
Parcela de perdas	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Tabela 1 – Diferentes fases de um empreendimento e a ocorrência de perdas de materiais

Pode-se citar, quanto à concepção, o caso de um projetista estrutural não explorar adequadamente os limites que o conhecimento atual permite e gerar, assim, uma estrutura com consumo de concreto por metro quadrado de obra muito elevado. O mesmo pode ocorrer quando a definição do traço para a argamassa de contrapiso leva a um consumo desnecessariamente alto de cimento.

No caso da execução, são várias as fontes de perdas possíveis: no recebimento, o material pode ser entregue em uma quantidade menor que a solicitada; blocos estocados inadequadamente estão sujeitos a serem quebrados mais facilmente; o concreto, transportado por equipamentos e trajetos inadequados, pode cair pelo caminho; a não-observância ao traço correto da argamassa pode implicar sobreconsumos na dosagem dela (processamento intermediário); o processo tradicional de aplicação de gesso pode gerar uma grande quantidade de material endurecido não utilizado.

No caso da fase de utilização do empreendimento, por exemplo, a repintura precoce de uma fachada pode representar um consumo de tinta maior que o esperado.

Convém, portanto, ao se discutirem perdas de materiais, entender qual a abrangência em que essas perdas serão abordadas. Nesta pesquisa, foram focadas as perdas que ocorrem especificamente dentro do canteiro de obra, isto é, associadas à fase de execução do empreendimento.

Da mesma forma, o desempenho no uso de materiais nos canteiros de obra pode ser analisado segundo dois tipos de abordagem:

- calculando-se o seu consumo por unidade de serviço (por exemplo, 15 kg de cimento por metro quadrado de contrapiso); ou
- calculando-se o valor de suas perdas (por exemplo, ao se considerar que o consumo teoricamente necessário de cimento para o contrapiso é de 10 kg, o consumo indicado no exemplo anterior levaria a uma perda de 50%, isto é, teria havido um consumo adicional de 5 kg de cimento em relação aos 10 kg definidos como necessários).

Nota-se, portanto, que o cálculo do valor da perda carece de uma definição prévia de uma referência considerada como perda nula. Reside aqui a dificuldade de se uniformizarem os diferentes números citados na bibliografia, já que diferentes referências são adotadas para representar o consumo mínimo necessário.

Outra dificuldade encontrada é quanto à definição da unidade através da qual se medem as perdas. Assim, uma perda de 10% em volume de areia, contida por exemplo em argamassas que endureceram e viraram entulho, pode ser bastante significativa sob o ponto de vista da quantidade de material que terá de ser retirada da obra, e do espaço necessário para a deposição dele (gerando prejuízos ao meio ambiente). Tais perdas, no entanto, podem não ter a mesma significância se expressas em termos financeiros, pelo empreendedor, em comparação com todos os outros gastos inerentes ao negócio imobiliário. Há, portanto, que se deixar sempre clara a unidade na qual se está mensurando as perdas: física (volume ou peso) ou financeira.

Há que se perceber também a existência de perdas que saem da obra como entulho e aquelas que ficam incorporadas à obra (como, por exemplo, na forma de sobressessuras de revestimentos).

Finalmente, deve-se ressaltar que a parcela a ser considerada desperdício físico de materiais depende, para sua definição, de uma avaliação custo-benefício quanto às perdas detectadas.

Nesta pesquisa, foram focadas as perdas físicas de vários materiais, tendo-se sempre como referência (ou consumo representativo de perda nula) as prescrições de projeto. Por exemplo, no caso do concreto usado nas estruturas, o consumo seria aquele apropriado na “cubagem” a partir da planta de formas. No caso do cimento usado no revestimento de parede interna, o consumo real de cimento é confrontado com aquele calculado a partir da espessura de revestimento planejada e do traço da argamassa preconizado pela construtora. Portanto, não se está fazendo análise das especificações, mas detectando-se os consumos que excedem os especificados. Cabe ainda ressaltar que, conforme anteriormente citado, ao se levantar as perdas físicas totais, os números mostrados representam uma soma das perdas que saem (entulho) com as que ficam incorporadas. Tais perdas não são totalmente evitáveis, carecendo-se de uma análise adicional para definir qual parcela da mesma poderia ser considerada desperdício.

## Fluxograma dos processos para a análise da ocorrência de perdas

Dentro do canteiro de obras, o material passa por diversas etapas até o seu destino final, ou seja, ele é recebido, estocado, processado e, por fim, aplicado, sendo que, entre cada uma dessas etapas, ele é transportado. Entendendo-se como processos todas as etapas relacionadas ao fluxo do objeto (no caso os materiais), a elaboração desse fluxograma consiste no levantamento de todas as etapas de um serviço em estudo, além da representação do relacionamento entre elas.

Na Figura 1 apresenta-se um fluxograma do processo de execução de um revestimento em argamassa produzida na própria obra (areia, cal e cimento), adotando-se o procedimento de “descansar” a argamassa de cal antes de compor a argamassa final com cimento.

Através desse fluxograma dos processos, identificam-se as várias possibilidades de ocorrência de perda de material. Nesse exemplo específico, pode-se ter perda no recebimento devido a sacos rasgados, perda na dosagem dos materiais na produção da argamassa, perda durante o transporte e, por fim, perda na aplicação, que poderá resultar em entulho (argamassa que cai no chão e não é reaproveitada) ou ser incorporada na edificação (na forma de sobreespessura de revestimento).

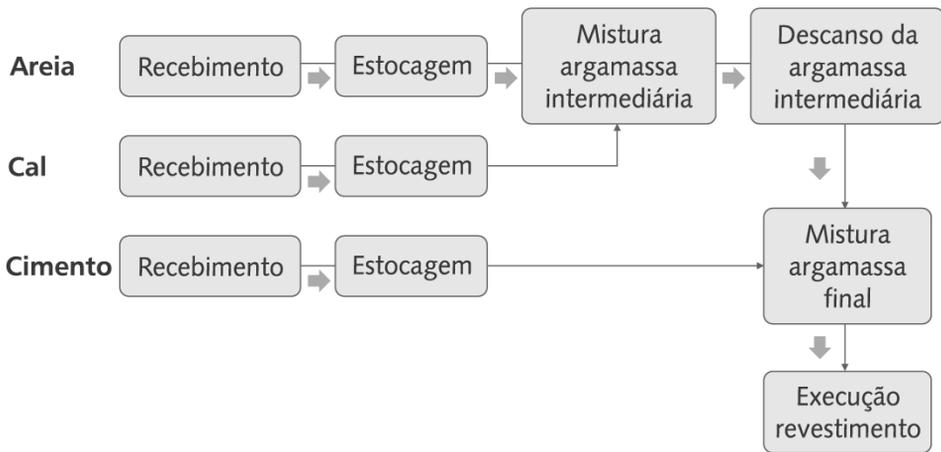


Figura 1 – Fluxograma do processo de execução de revestimento de argamassa

## Indicadores de perdas e consumos

À expressão numérica das perdas ou consumos de materiais dá-se o nome de indicador. Enquanto o indicador de perda tem um carácter relativo, pois mede o distanciamento do desempenho quanto ao uso dos materiais em relação a uma situação de referência, o indicador de consumo ou de produtividade pode ser entendido como a relação entre a quantidade de materiais efetivamente utilizados e a quantidade de serviço executado. O cálculo desses indicadores é feito através das seguintes expressões:

$$IP (\%) = \frac{CREAL - CREF}{CREF} \times 100 \quad ; \quad (1)$$

$$IC = \frac{CREAL}{QS} \quad , \quad (2)$$

onde:

IP (%) é a perda do material expressa em percentagem, no serviço em estudo;

IC é o consumo do material por unidade de serviço executada;

CREAL representa a quantidade realmente utilizada de determinado material para execução desse serviço;

CREF representa a quantidade do material teoricamente necessária para execução do serviço; e

QS é a quantidade executada do serviço.

A relação entre esses indicadores é expressa por

$$IP = \frac{IC}{ICREF} - 1, \quad (3)$$

onde:

ICREF é o indicador de consumo de referência.

Os indicadores de perdas e consumos de materiais podem ser classificados segundo a sua abrangência, que está relacionada ao escopo do fluxograma elaborado e à natureza do material estudado. Esse aspecto fica evidenciado ao se compararem, por exemplo, o estudo das perdas do cimento e o do concreto usinado. Enquanto o fluxograma dos processos relativo ao segundo material contempla as etapas de recebimento, transporte e aplicação, o do primeiro contém, além destas etapas, a de estocagem e processamento intermediário para a conformação de uma argamassa ou concreto produzidos em obra. Além desse fato, a argamassa, a qual possui cimento em sua constituição, pode ser utilizada em vários serviços simultaneamente.

A partir de tais especificidades, a mensuração das perdas e consumos de materiais pode ser feita levando-se em consideração todas as etapas do fluxograma dos processos ou, ainda, levando-se em consideração apenas parte do mesmo. Isso significa dizer que se pode estabelecer indicadores abrangentes ou específicos, denominados, respectivamente, no presente trabalho, de globais e parciais.

Os indicadores globais podem expressar os valores de perdas de um determinado material na obra como um todo, apenas em um serviço ou, ainda, apenas nas etapas subsequentes à sua estocagem. Tal abrangência depende da complexidade do fluxograma dos processos, conforme exemplificado anteriormente e ilustrado na Figura 2.

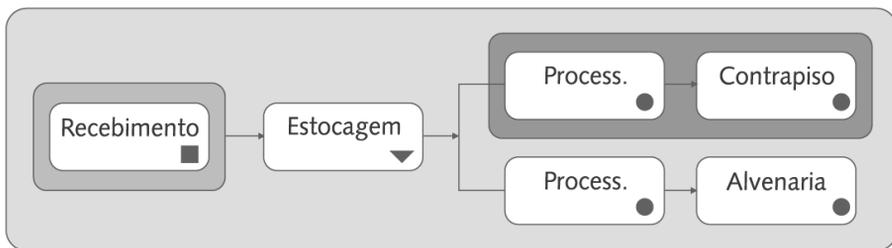
Nesse sentido, define-se indicador parcial como a expressão dos valores de consumo ou perda de materiais associados apenas a uma etapa do fluxograma dos processos. A expressão dos valores das perdas e consumos associada a mais de uma etapa do fluxograma dos processos denomina-se indicador global. O indicador global pode ainda ser classificado em:

- (a) indicador global de perda de material por obra: consiste na expressão da perda total considerando o uso do material em todos os serviços executados durante o período de coleta, como, por exemplo, a perda de cimento em toda a obra;

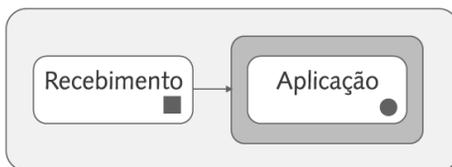
(b) indicador global de perda ou consumo de material por serviço: consiste na expressão da perda ou do consumo de material num único serviço, abrangendo desde a etapa de recebimento até a de aplicação final, como, por exemplo, a perda de bloco no serviço de alvenaria ou o consumo de blocos por metro quadrado de alvenaria executada; e

(c) indicador global de perda ou consumo de material por serviço pós-estocagem: consiste na expressão do valor da perda ou de consumo de material considerando apenas as etapas do fluxograma subsequentes ao estoque. Por exemplo, o caso das perdas de cimento no serviço de contrapiso, ou o consumo de cimento por metro quadrado de revestimento interno (emboço).

### Cimento



### Concreto usado



- Por obra
- Por serviço pós-estocagem
- Parcial
- Por serviço = por obra

Figura 2 – Classificação dos indicadores de perdas e consumos de materiais e componentes segundo a sua abrangência

## Metodologia

Com base nos conceitos apresentados nos itens anteriores, elaborou-se para cada uso do material num determinado serviço um conjunto de planilhas e procedimentos objetivando a obtenção dos indicadores relacionados anteriormente. Essas planilhas foram estruturadas em sete séries, quais sejam:

- **Série 1** – contém informações relativas à obra e à empresa, como, por exemplo, porte da empresa, número de funcionários, faturamento, tipo de edificação, entre outros;

- **Série 2** – contém informações relativas ao estoque dos materiais nas datas de início e fim de coleta de dados no canteiro de obra. No verso das planilhas desta série são descritos os procedimentos para a obtenção desses dados;
- **Série 3** – utilizada para o cálculo da quantidade de serviço executado entre as datas de início e fim de coleta de dados no canteiro de obra. No verso das planilhas desta série são descritos os procedimentos para a obtenção desses dados;
- **Série 4** – nesta série contabiliza-se a quantidade de material recebida entre as datas de início e fim de coleta de dados no canteiro de obras, além de se registrar o mapeamento das quantidades de materiais que saem do estoque (obtenção do indicador global de perda/consumo de material por serviço pós-estocagem);
- **Série 5** – caracterização tecnológica e gerencial das etapas do fluxograma dos processos: recebimento e estocagem;
- **Série 6** – caracterização tecnológica e gerencial das etapas do fluxograma dos processos: processamento intermediário, transporte e aplicação; e
- **Série 7** – utilizada para a obtenção dos indicadores parciais e globais de perdas e consumos de materiais.

Todas as ações necessárias para a aplicação da metodologia são divididas em três etapas, nas quais se identificam duas datas-marco (VI e VF), que delimitam a coleta de dados nos canteiros de obra propriamente dita (Figura 3).

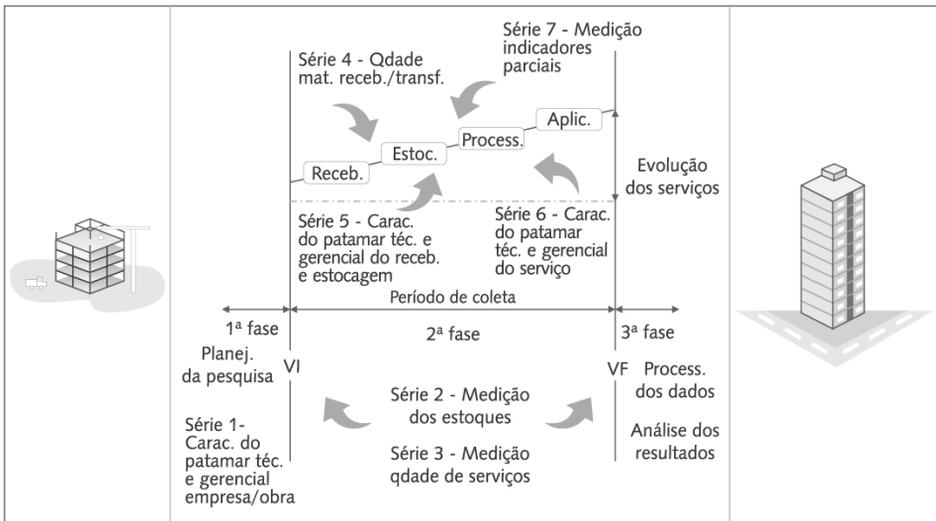


Figura 3 – Síntese da metodologia

A primeira etapa da aplicação da metodologia consiste no planejamento da coleta e envolve, entre outras atividades, contato preliminar com a obra em estudo, treinamento da equipe de coleta, envolvimento do pessoal da obra e da empresa, entendimento e quantificação dos serviços a serem estudados.

A segunda etapa consiste na coleta de dados no canteiro propriamente dita. Entre as datas VI e VF contabiliza-se a quantidade de material que entrou ou saiu da obra, realiza-se a coleta dos dados referentes à caracterização das etapas do fluxograma dos processos no qual o material ou componente está inserido e, finalmente, faz-se a coleta de dados para o cálculo dos indicadores parciais sobre perda ou consumo. Finalmente, a terceira etapa é dedicada ao processamento dos dados e à análise dos resultados.

Após o processamento dos dados, insere-se ainda uma subetapa que consiste numa análise crítica dos resultados obtidos. Se houver incoerências ou pontos completamente não elucidados, torna-se necessário levantar ainda algumas informações adicionais, principalmente no que diz respeito às explicações das perdas e consumos detectados, como subsídios para a análise final dos resultados. Nesta subetapa, a participação dos envolvidos na coleta de dados, assim como dos responsáveis pela obra por parte da empresa, é de suma importância.

Nas datas VI e VF contabiliza-se, ainda, a quantidade de material ou componente estocado e a quantidade de serviço executado até o momento, sendo a diferença entre tais quantidades somada à entrada líquida de materiais ou componentes na obra para se calcular o consumo total. Da mesma forma, computa-se em tais datas a quantidade de serviço executado entre elas. Através desse procedimento consegue-se o estabelecimento de indicadores globais de perdas e consumos de apenas uma parte do serviço que se esteja analisando, não necessitando, portanto, que se tenha de avaliá-lo na sua totalidade, ou seja, desde o seu início até o seu fim.

Utilizando-se a expressão de cálculo detalhada (Fórmula 4) e os valores apresentados na Tabela 2, chega-se ao indicador global de perdas de blocos no serviço de alvenaria, a título de exemplo.

$$IP (\%) = \left[ \frac{EST(VI) + rec(VI, VF) \pm TRANSF(VI, VF) - EST(VF)}{QS(VI, VF) \times \frac{CM}{QS} \times \frac{CMB}{MC}} - 1 \right] \times 100, \quad (4)$$

onde:

EST(VI) é o estoque de blocos na data VI;

EST(VF) é o estoque de blocos na data VF;

REC(VI, VF) é a quantidade recebida de material entre as datas VI e VF;

TRANSF(VI, VF) é a quantidade transferida de material entre as datas VI e VF;

QS(VI, VF) é a quantidade de serviço realizado entre VI e VF;

$\frac{CM}{QS}$  é o consumo de blocos por unidade de alvenaria; e

$\frac{CMS}{MC}$  é o consumo de material básico por material composto

MC (existe apenas para o caso do cimento, cal, areia e brita).

Variável	Valor	Variável	Valor	Indicador global
EST (VI)	5.000 un	QS (VI, VF)	3.200 m <sup>2</sup>	$IP (\%) = \left[ \frac{50.000}{40.000} - 1 \right] \times 100 = 25\%$
REC (VI, VF)	55.000 un	CM/QS	12,5 un/m <sup>2</sup>	
TRANSF (VI, VF)	-3.000 un	CMB/MC	1 un/un	
EST (VF)	7.000 un			

Tabela 2 – Exemplo de cálculo de indicador global

## Resultados

### Concreto usinado

A Tabela 3 reúne os valores representativos da amostra estudada referente ao concreto usinado, destacando-se as medidas de tendência central (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n).

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
9	9	2	23	35

Tabela 3 – Estatísticas da amostra para o concreto usinado

Na Figura 4 apresenta-se a distribuição dos valores de perdas para os casos amostrados. Pode-se perceber a região de concentração e a dispersão dos resultados.

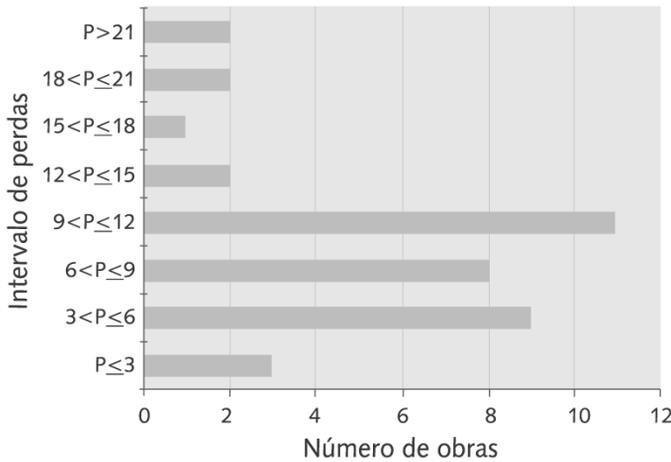


Figura 4 – Distribuição amostral dos resultados de perdas para concreto usinado

Pode-se tecer alguns comentários adicionais quanto às perdas deste material: (a) a comparação dos dados apresentados na Tabela 3 parece indicar que uma preocupação maior com o sistema de formas como um todo (molde e cimbramento de boa qualidade) pode reduzir as perdas. Essa tendência é válida não somente para os moldes de plástico ou metálicos, mas também para os de madeira bem concebidos e projetados. Deve-se frisar que tal colocação tem por base não somente uma amostragem muito pequena de moldes de plástico ou metálicos, mas também observações qualitativas feitas quanto às obras estudadas;

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
9	9	2	23	35

Tabela 4 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando o tipo de molde das formas

(b) as falhas quanto à obediência da geometria da estrutura prevista em projeto aparece como causa principal de perdas para a maioria dos casos, conforme se observa na Tabela 5, relativa às lajes, e na Tabela 6, relativa às vigas. Entretanto, há indícios de que a falta de controle no recebimento, de modo a garantir a compatibilidade entre a quantidade solicitada e a recebida, tenha sido um fator impor-

tante para explicar as perdas em algumas obras com índices elevados. Às obras em que se mediram menores erros quanto à sobreesspessura das lajes ( $e \leq 5\%$ ) associa-se uma mediana das perdas significativamente menor que a das obras em que tal erro foi superior ( $e > 5\%$ ). Fato análogo, embora não tão acentuado, detectou-se quanto à sobrelargura das vigas;

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
$e \leq 5\%$	8	6	2	22	15
$e > 5\%$	12	11	4	23	14

Tabela 5 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando a sobreesspessura das lajes

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
$e \leq 2,5\%$	9	7	2	23	19
$e > 2,5\%$	10	10	3	22	12

Tabela 6 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando a sobrelargura das vigas

(c) a importância da qualidade geométrica das lajes quanto ao nível de perdas levantado levou à avaliação do impacto dos equipamentos de nivelamento das lajes na incidência de perdas. A Tabela 7 confirma um valor de perdas menos acentuado para o conjunto de obras que fizeram uso de nível laser ou alemão para o nivelamento das lajes, embora se possa concluir também (em face das dispersões dos resultados) que a adoção do equipamento (sem a utilização correta deles) não leva por si só a melhores desempenhos. A Figura 5 ilustra a distribuição dos intervalos de perdas considerando as duas categorias analisadas;

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Nível laser/alemão	7	7	3	15	12
Outros	11	10	1	1.23	26

Tabela 7 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando o equipamento de nivelamento da laje

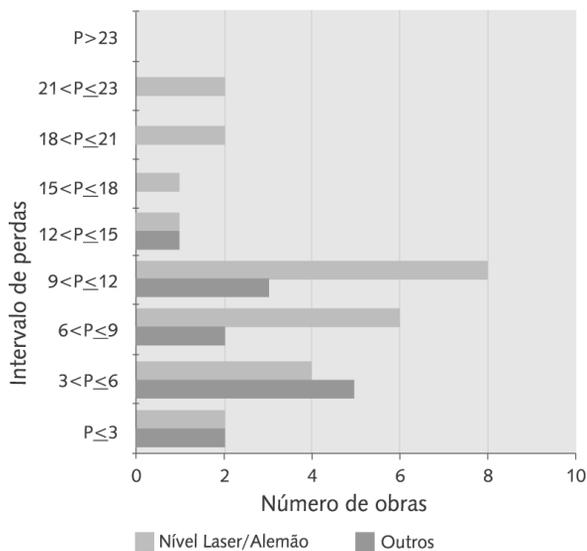


Figura 5 – Distribuição das perdas de concreto usinado considerando o equipamento de nivelamento da laje

(d) a Figura 6 ilustra a distribuição dos intervalos de perdas considerando as duas categorias analisadas: bombeado e transportado com grua ou jERICA. A observação da Tabela 8 indica que o transporte por bombeamento pode ter uma associação com valores maiores de perdas, em função de, muitas vezes, ter-se detectado a não-utilização das sobras representadas pelo concreto que fica nas tubulações e no recipiente de bombeamento;

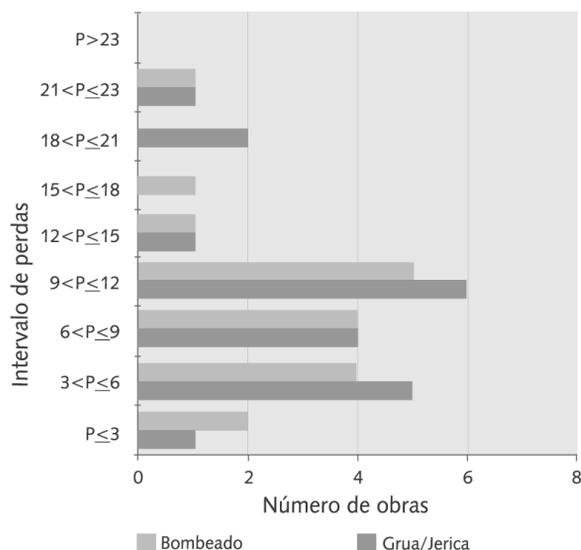


Figura 6 – Distribuição amostral dos resultados de perdas de concreto usinado considerando equipamento e forma de transporte

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Bombeado	10	9	3	23	20
Grua/jerica	9	8	2	22	18

Tabela 8 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando o equipamento e a forma de transporte

(e) os valores das perdas de concreto usinado encontrados (Tabela 3) são substancialmente superiores aos valores usuais, estipulados em composições orçamentárias. O TCPO 10 (1996), por exemplo, aponta uma estimativa de perda de apenas 2%, igual ao valor mínimo obtido nos casos amostrados nesta pesquisa.

### Vergalhão de aço

A Tabela 9 reúne os valores representativos da amostra estudada, destacando-se as medidas de tendência central (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n).

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
10	11	4	16	12

Tabela 9 – Perdas de vergalhão de aço

Na Figura 7 apresenta-se a distribuição dos valores de perdas para os casos amostrados. Pode-se perceber a região de concentração preferencial e a forma de dispersão dos resultados.

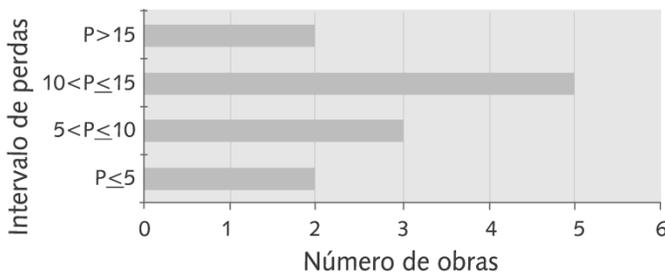


Figura 7 – Distribuição amostral dos resultados de perdas de aço

Pode-se tecer alguns comentários quanto às perdas deste material:

(a) o desbitolamento, tido há alguns anos como possível responsável por considerável parcela de perdas, não parece ser mais um problema quanto ao fornecimento de barras, conforme se nota na Tabela 10;

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
0.92	0.90	14.00	8.40	60

Tabela 10 – Desbitolamento do aço

(b) o mau planejamento do corte dos vergalhões, com reduzido aproveitamento das pontas, pode ser uma importante causa das perdas. Os dados da Tabela 11 mostram uma ocorrência de perdas menor para diâmetros menores, para os quais se detecta uma presença de peças de armadura com comprimentos menores convivendo no projeto com peças de comprimentos maiores, o que naturalmente facilita um melhor aproveitamento das barras recebidas nas obras;

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
bitolas $\leq$ 10 mm	8	6	15	51	42
bitolas > 10mm	17	11	31	134	38

Tabela 11 – Comparação entre estatísticas: bitolas

(c) os valores das estatísticas apresentados na Tabela 9 são inferiores quando comparados aos valores usuais estipulados em composições orçamentárias. O TCPO 10 (1996), por exemplo, aponta uma estimativa de perda de 15%, aproximadamente igual ao valor máximo obtido nos casos amostrados nesta pesquisa.

## Blocos e tijolos

A Tabela 12 reúne os valores representativos da amostra estudada, destacando-se as medidas de posição (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n). A Figura 8 apresenta a distribuição dos valores de perdas para os casos amostrados.

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
17	13	3	48	37

Tabela 12 – Perdas de blocos e tijolos

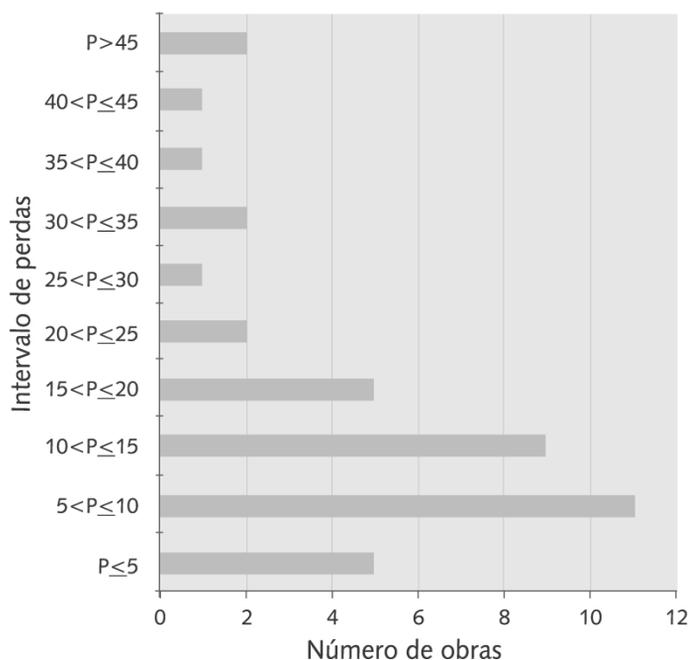


Figura 8 – Distribuição amostral dos resultados de perdas: blocos e tijolos

Pode-se tecer alguns comentários adicionais quanto às perdas deste material:

(a) os dados da Tabela 13 indicam que a mediana das perdas para os blocos de concreto é ligeiramente menor que a mediana para os blocos cerâmicos e para os tijolos cerâmicos. A Figura 9 apresenta a dispersão amostral desses dados. Tal diferença deve ser assumida com reservas, tanto em função da dispersão dos resultados quanto em função de, no conjunto das obras que usaram blocos de concreto, terem-se duas delas em alvenaria estrutural, quando a totalidade dos blocos cerâmicos dizem respeito somente à alvenaria de vedação;

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Bloco cerâmico	18	14	5	48	21
Bloco de concreto	10	11	3	20	9
Tijolo cerâmico	21	15	10	48	7

Tabela 13 – Comparação entre estatísticas: material do bloco

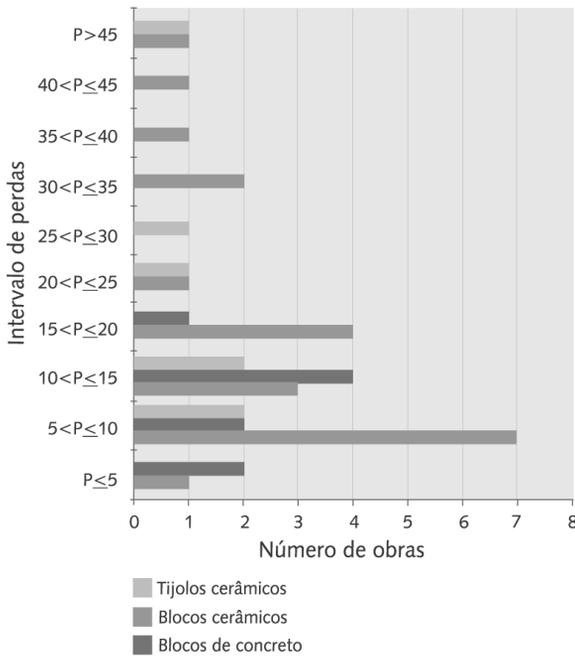


Figura 9 – Distribuição amostral dos resultados de perdas de blocos e tijolos

(b) o grupo de obras em que o transporte dos blocos ou tijolos era feito com *pallets* ou carrinhos específicos também apresentou a mediana de perdas inferior ao grupo de obras que usava carrinhos-de-mão ou similares, conforme ilustra a Tabela 14. A diferença entre os dois conjuntos não é tão acentuada, provavelmente em função de, em algumas obras que recebiam os blocos/tijolos em *pallets*, ter-se pelo menos em parte da movimentação dos componentes o uso de equipamentos inadequados. A Figura 10 apresenta a distribuição dos intervalos de perdas em função do tipo de equipamento de transporte.

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Pallets/carrinho específico	16	12	3	48	18
Outros	18	13	5	48	19

Tabela 14 – Comparação das perdas de blocos e tijolos considerando o tipo de equipamento de transporte

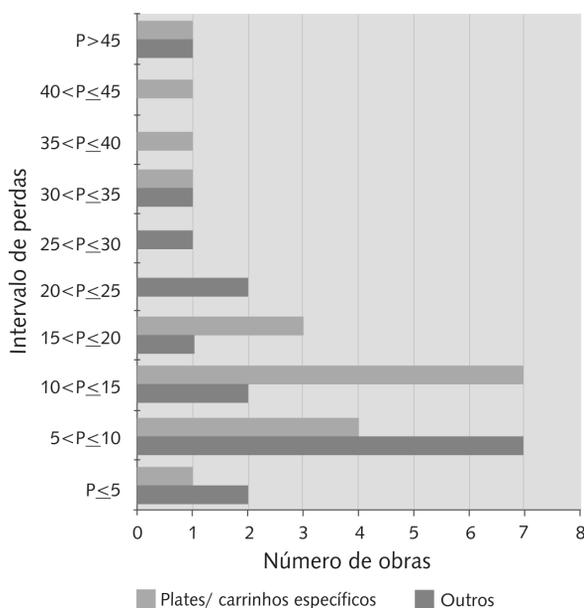


Figura 10 – Distribuição amostral dos resultados de perdas considerando o tipo de equipamento de transporte

(c) os valores das estatísticas apresentados na Tabela 12 são superiores quando comparados aos valores usuais estipulados em composições orçamentárias. O TCPO 10 (1996), por exemplo, aponta uma estimativa de perda entre 3% e 10%, dependendo do tipo de bloco considerado. Apesar de superior, a mediana se aproxima muito do valor máximo estipulado no TCPO 10 (1996).

## Argamassa de assentamento<sup>1</sup>

Para o estudo das perdas e consumos de cimento neste serviço em particular, dividiu-se o serviço em duas modalidades: alvenaria cuja argamassa é assentada na forma de filetes e alvenaria em que a forma de assentamento consiste em preencher com argamassa toda a extensão da largura dos blocos. Tal fato, evidentemente, leva a índices de perdas e consumos diferenciados, pois os referenciais adotados são distintos. Assim, a análise dos índices do estudo deste material restringe-se apenas à questão do consumo, e não sobre os índices de perdas, pois as discrepâncias são muito elevadas.

A Tabela 14 reúne os valores representativos da amostra estudada, destacando-se as medidas de tendência central (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n). A Figura 11 apresenta a distribuição dos valores de perdas para os casos amostrados.

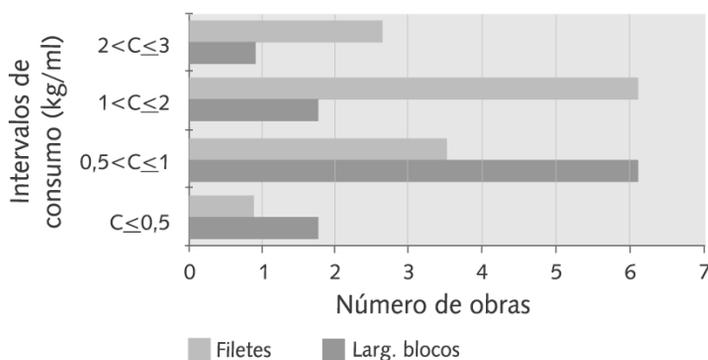


Figura 11 – Distribuição amostral dos resultados de consumos de cimento no serviço de alvenaria

<sup>1</sup> As perdas de argamassa (nos serviços de contrapiso, alvenaria, revestimento interno e externo, entre outros) são obtidas indiretamente através do mapeamento da quantidade de cimento destinada a cada serviço. Portanto, utiliza-se o indicador global de perda por serviço pós-estocagem do cimento como sendo o representativo das perdas de argamassa nesses serviços.

ALVENARIA FILETES				
	OBRA	m <sup>3</sup> /m Teórico	kg/m <sup>3</sup> Teórico	kg/ml Real
	BR 015	0,0002	296,03	1,33
	BR 042	0,0002	267,74	0,19
	BR 083	0,0002	172,27	0,25
ÍNDICES	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Consumo teórico (kg/m <sup>3</sup> )	245,35	267,74	172,27	296,03
Consumo real (kg/ml)	0,59	0,25	0,19	1,33
n =	3			
ALVENARIA LARGURA DOS BLOCOS				
	OBRA	m <sup>3</sup> /m Teórico	kg/m <sup>3</sup> Teórico	kg/ml Real
	BR 021	0,0009	212,48	0,47
	BR 023	0,0150	148,81	4,94
	BR 029	0,0009	190,55	0,41
	BR 030	0,0010	141,34	0,50
	BR 040	0,0010	169,63	0,54
	BR 053	0,0012	163,74	0,62
	BR 054	0,0016	123,00	0,221
	BR 062	0,0020	182,00	0,39
	BR 063	0,0014	241,50	0,56
	BR 081	0,0015	116,00	0,20
ÍNDICES	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Consumo teórico (kg/m <sup>3</sup> )	168,91	166,69	116,00	241,50
Consumo real (kg/ml)	0,88	0,49	0,20	4,94
n =	10			

Tabela 15 – Perdas de cimento no serviço de alvenaria considerando o tipo de assentamento (em filete ou na largura dos blocos)

Com relação às perdas e/ou aos consumos de cimento neste serviço, pode-se tecer os seguintes comentários:

- (a) analisando-se os valores apresentados na Tabela 15, percebe-se uma grande variação nos traços adotados (116,0 a 296,03 kg/m<sup>3</sup>), o que resulta em grandes variações quanto ao consumo teórico de cimento por metro cúbico de argamassa;
- (b) em se tratando das espessuras de juntas teóricas adotadas, nota-se também uma grande variação (de 1 a 2,5 cm) (Tabela 16);
- (c) os consumos (0,19 a 1,33 kg/ml) variaram substancialmente, principalmente quando se compararam os resultados entre as duas modalidades de alvenaria ou, até mesmo, os resultados de uma mesma modalidade;
- (d) na Tabela 16 pode-se verificar o peso bem menor (em comparação com os

Obra	Perda (%)	Var. Esp. (%)	Esp. Ref. (cm)	Esp. Real (cm)	Represent. (%)
BR 021	136	29	1,5	1,94	22
BR 023	61	70	1,5	2,50	100
BR 029	139	103	1,0	2,03	74
BR 030	247	130	1,0	2,30	53
BR 040	208	53	1,0	1,53	25
BR 053	213	64	1,0	1,64	30
BR 054	12	7	2,0	2,13	54
BR 062	7	3	2,0	2,06	47
BR 063	64	11	1,5	1,66	17
BR 078(*)	205	26	1	1,26	12
BR 081	15	7	1,5	1,61	49
<b>Média global</b>	<b>119</b>				<b>42</b>

(\*) Argamassa parcial ou totalmente produzida fora do canteiro de obra

Tabela 16 – Peso da variação da espessura das juntas horizontais no índice global de perdas

outros usos da argamassa) que a sobreesspessura das juntas horizontais tem em relação ao indicador global. Tal constatação veio corroborar uma verificação feita em obra, de que a argamassa excedente pode ter sido consumida de diversas outras maneiras (que não elevando a espessura da junta), como, por exemplo, por inserção nos furos dos blocos. Portanto, o padrão geométrico dos blocos pode ter grande influência no consumo de argamassa de assentamento.

## Revestimentos em argamassa

Entre os serviços estudados pela pesquisa, encontram-se os revestimentos de piso e parede, em argamassa, cujos valores medianos de perda e consumo são apresentados na Tabela 17. Ressalta-se que tais estatísticas foram obtidas através do controle do cimento para execução da argamassa.

Serviço	Valores de perdas (%)			Valores de consumo real (kg/m <sup>2</sup> )		
	Mediana	Mínimo	Máximo	Mediana	Mínimo	Máximo
Rev. de parede: emboço ou massa única interna 11 obras	102	8	234	6,81	2,23	14,38
Rev. de parede: emboço ou massa única externa 8 obras	53	-11	164	6,26	3,39	13,87
Revestimento de piso: contrapiso 7 obras	42	8	288	14,30	2,36	24,52

247

Tabela 17 – Estatísticas da amostra para perdas de cimento no serviço de revestimento

Com relação às perdas e aos consumos de cimento neste serviço, pode-se tecer os seguintes comentários:

- (a) as perdas e os consumos variaram significativamente. Conforme salientado nas considerações iniciais, a maior perda não necessariamente está associada ao maior consumo;

(b) em se tratando das espessuras teóricas adotadas, nota-se uma grande variação, bem como nas espessuras reais verificadas. Ressalta-se que a sobreespessura representava aproximadamente 80% dos valores de perda encontrados.

## Outros revestimentos

A Tabela 18 reúne os valores representativos da amostra estudada, destacando-se as medidas de tendência central (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n) para os revestimentos em gesso e revestimentos cerâmicos.

Serviço	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Gesso	45	30	-14	120	3
Revestimento cerâmico de piso	22	19	5	78	13
Revestimento cerâmico de parede	16	13	-1	50	28
Revestimento cerâmico de fachada	12	13	5	19	3

Tabela 18 – Estatísticas da amostra para perdas de gesso e revestimento cerâmico

Apesar de se ter uma amostra pequena para revestimento em gesso, é possível afirmar que o consumo de gesso e a mediana das perdas são bastante influenciados pelo tipo de base em que o revestimento de gesso é aplicado. Por exemplo, o valor negativo de perda encontrado se deu numa obra onde a aplicação ocorreu sobre argamassa e se obtiverem espessuras bem pequenas, até mesmo inferiores ao teoricamente estabelecido (5 mm);

No caso das placas cerâmicas verificou-se que os indicadores de perdas encontram-se relacionados não somente ao local de aplicação (piso, parede ou fachada), mas também ao tamanho das peças e à porcentagem de peças cortadas.

A Tabela 19 apresenta as médias e medianas do indicador global de perdas, discriminadas por dimensões, por porcentagens de peças cortadas e por serviço. Observa-se que, independentemente do grupo de percentual de placas cortadas, há tendência de as placas maiores apresentarem maiores índices de perdas. E, independentemente do grupo de tamanho de placas, há uma tendência de maiores perdas para os casos com maiores porcentagens de peças cortadas.

(%) cortadas	Tamanho da Placa	Piso		Parede		Fachada	
		Média	Mediana	Média	Mediana	Média	Mediana
$C \leq 20$	$\leq 20 \times 20$	5	5	13	8	12	13
	$> 20 \times 20$	8	8	13	13	-	-
$20 < C \leq 40$	$\leq 20 \times 20$	17	18	14	14	-	-
	$> 20 \times 20$	39	26	24	21	-	-
$40 < C \leq 60$	$\leq 20 \times 20$	18	18	13	13	-	-
	$> 20 \times 20$	27	27	29	29	-	-

Tabela 19 – Comparativo entre índices de perdas: tamanho das placas e percentual de placas cortadas

## Considerações finais

Além da metodologia geral, foram apresentados resultados relativos a alguns dos serviços estudados na pesquisa. Considerações relativas a vários outros serviços podem ser encontradas no endereço [www.pcc.usp.br/pesquisa/perdas](http://www.pcc.usp.br/pesquisa/perdas).

Os pesquisadores responsáveis por este trabalho esperam que, mais que terem sido explicitados os reais números vigentes com relação às perdas de materiais, tenham sido fornecidas as bases objetivas para que se induza um contínuo aperfeiçoamento no uso dos materiais de construção civil nos canteiros de obra.