



POTENCIAL DE REDUÇÃO DE PERDAS INCORPORADAS DE ARGAMASSA PARA CONTRAPISO A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETO PARA A PRODUÇÃO EM CANTEIROS DE OBRA

Ana Cristina Catai Chalita (1); Ubiraci Espinelli Lemes de Souza (2)

- (1) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: ana.chalita@ajato.com.br
(2) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br

RESUMO

O enfoque atual dado ao desenvolvimento sustentável na indústria da construção civil se concentra no incentivo ao desenvolvimento de projetos e de novas tecnologias que proporcionem: a redução da geração de resíduos, o uso racional de recursos naturais, a utilização de materiais ambientalmente corretos e a determinação de parâmetros para avaliação ambiental de edifícios. Desta forma, subestima-se muitas vezes o excesso de material que é consumido durante o processo produtivo e que fica incorporado ao produto final (perda incorporada de material) e as ações que podem ser tomadas no sentido de reduzir a incidência das perdas incorporadas nas diferentes fases do empreendimento. Este trabalho levanta as perdas incorporadas de argamassa para contrapiso e apresenta o potencial de redução das mesmas a partir da implementação do projeto para a produção de contrapiso em canteiros de obra. Estudo exploratório em três empreendimentos de uma mesma empresa construtora atuante na cidade de São Paulo. Identifica o potencial de redução de perdas que pode ser impulsionado pelo projeto para a produção através da comparação das perdas incorporadas de argamassa de contrapiso do empreendimento piloto (E1) com as perdas incorporadas calculadas para os empreendimentos E2 e E3. Confirmou-se o potencial de redução das perdas incorporadas de argamassa para contrapiso na fase de execução dos empreendimentos com a introdução do projeto de produção e ainda pôde-se evidenciar que havia margem para redução de perdas incorporadas na fase de concepção do empreendimento. Disponibiliza uma ferramenta de gestão para redução de perdas incorporadas, que pode ser facilmente implantada, inclusive para outros serviços. Reforça a importância de decisões racionalizadas pensando no todo, ao invés de decisões pontuais, como diferencial competitivo.

Palavras-chave: construção civil; perdas incorporadas; perdas de materiais; projeto para produção; contrapiso; argamassa.

1 INTRODUÇÃO

1.1 A importância da utilização consciente de recursos naturais na construção civil

A Indústria da Construção Civil é uma atividade de fundamental importância para desenvolvimento da economia do Brasil, conforme ilustrado pelos dados apresentados a seguir. A cadeia produtiva da construção- o chamado Construbusiness - responde hoje por 11,3% do PIB brasileiro e emprega 8,2 milhões de trabalhadores diretos e indiretos em todo o país. Comparando-se a Construção Civil com outros setores industriais, pode-se afirmar que a quantidade de material empregado para sua produção anual é muito superior, o que lhe confere uma grande responsabilidade quanto ao uso racional de recursos naturais.

Em função da importância que exerce no desenvolvimento da economia das nações, do consumo de grandes quantidades de matérias primas e consequentemente do impacto ambiental negativo que pode causar, a indústria da construção civil e mais especificamente o Construbusiness (macro-complexo da construção civil que inclui além da indústria da construção civil propriamente dita, todos os segmentos industriais indiretamente ligados às suas atividades) tem sido objeto de muitos estudos e propostas de políticas públicas para o estabelecimento de uma agenda de desenvolvimento sustentável.

A indústria da construção civil e seus produtos consomem aproximadamente 40% da energia e dos recursos naturais e gera 40% dos resíduos produzidos por todo o conjunto de atividades humanas(SJÖSTRÖM,2000), mas podem atingir até 75%, como no caso dos EUA (JOHN,2000).

A quantidade de materiais consumidos pela Construção Civil gira em torno de 1.000 Kg por metro quadrado construído. Comparativamente a outras indústrias, a Construção usa muito mais material ao longo de um ano de atividades (por volta de 100 a 200 vezes mais que a indústria automobilística); portanto, qualquer ação visando à maior eficiência no uso dos materiais de construção pode ter reflexos relevantes quanto ao desenvolvimento sustentável do país (SOUZA, 2005).

“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 (AGOPYAN; SOUZA; PALIARI; ANDRADE, 1998)”. A citação anterior continua atual, apesar de ter sido feita há mais de dez anos, e ainda pode-se acrescentar à mesma a urgência em se promover um desenvolvimento sustentável.

Percebe-se uma concentração de esforços no que se refere à sustentabilidade na construção civil no sentido de incentivar o desenvolvimento de projetos e de novas tecnologias que proporcionem a redução da geração de resíduos, o uso racional de recursos naturais tais como a energia e a água, a utilização de materiais ambientalmente corretos e a determinação de parâmetros para avaliação ambiental de edifícios. Desta forma, deixa-se muitas vezes de lado o excesso de material que é consumido durante o processo produtivo e fica incorporado ao produto final (perda incorporada de material), já que é de mais difícil visualização.

No caso particular de argamassas para contrapiso, constatou-se no trabalho de pesquisa desenvolvido por diversas universidades e objeto de artigo publicado por AGOPYAN, SOUZA, PALIARI e ANDRADE, em 1998, que a sobreespessura representava aproximadamente 80% dos valores de perda encontrada.Observou-se também uma grande variação nas espessuras teóricas adotadas e nas espessuras reais verificadas.

A elaboração do projeto para a produção de contrapiso requer domínio do processo produtivo e tem como foco definir a quantidade teórica de material para a execução do mesmo, respeitando as espessuras mínimas que garantam o desempenho esperado e o padrão de acabamento; apresentar a logística de transporte e armazenagem dos materiais; definir as técnicas para mapeamento da superfície que será revestida e disponibilizar uma ferramenta que norteie a definição das espessuras finais, de modo a evitar sobreespessuras desnecessárias e por conseguinte minimizar perdas incorporadas, bem como perdas por transporte e estocagem, o que vai de encontro à necessidade premente de se reduzir o consumo de materiais nas atividades da Construção Civil.

1.2 Conceituação de perdas

Segundo Souza (2005) 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.

“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” (SOUZA, 2005).

As perdas podem ser classificadas segundo: o tipo de recurso consumido, a unidade para sua medição, a fase do empreendimento em que ocorrem, o momento da incidência na produção, sua natureza, a forma de manifestação, sua causa, sua origem e finalmente, seu controle.

As perdas podem ser calculadas e expressas em quantidades de materiais simples ou compostos ou em termos porcentuais.

$$\text{IP (\%)} = (\text{QMR} - \text{QMT}) / \text{QMT} \times 100$$

onde: QMT = quantidade de material teoricamente necessária

QMR = quantidade de material realmente necessário

Também é possível avaliar perdas calculando-se Perda cumulativa e Perda potencial. A perda cumulativa representa a eficiência do “processo/ serviço”, acumulada ao longo de sucessivas medições. Já a perda potencial representa um valor baixo, mas factível. São expressas como:

$$\text{Perda cumulativa (\%)} = [(\sum \text{QMR} / \sum \text{QMT}) - 1] \times 100$$

Perda potencial (%) = valor mediano dos valores de perdas menores que o valor cumulativo de perdas

A perda incorporada pode ocorrer nas três fases de um empreendimento: concepção, execução e utilização. “A perda incorporada, embora muitas vezes menos perceptível visualmente que a perda por entulho, pode representar, para alguns materiais, a natureza mais presente de perdas de materiais na construção.” (SOUZA, 2006).

Conforme Souza (2006), as perdas incorporadas – representam 70 % do valor das perdas de materiais na Construção, o que justifica o interesse e a necessidade em identificá-las e tomar ações para reduzi-las.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é levantar as perdas incorporadas de argamassa para contrapiso nos empreendimentos E2 e E3 e comparar os resultados com o empreendimento piloto E1 e apresentar o potencial de redução das perdas a partir da implementação do projeto para a produção de contrapiso em canteiros de obra.

3 METODOLOGIA

3.1 Amostragem

Para alcançar tal objetivo foi desenvolvido um estudo exploratório em três empreendimentos de uma mesma empresa construtora, denominados E1, E2 e E3 respectivamente.

O empreendimento E1 é composto por uma única torre com 18 pavimentos tipo; o empreendimento E2 é composto por três torres com 28 pavimentos tipo e o empreendimento E3 é composto por três torres com 36 pavimentos tipo. Nesses empreendimentos estava-se executando contrapisos em

pavimentos tipo. Havia três especificações diferentes de contrapiso: contrapiso reforçado alisado (contrapiso de argamassa de cimento e areia no traço 1:5 em volume de materiais úmidos e espessura mínima 2 cm); contrapiso acústico (contrapiso flutuante de argamassa de cimento e areia no traço 1:5 em volume de materiais úmidos, espessura mínima 4,0 cm, estruturado com tela galvanizada tipo pinteiro aplicado sobre manta de poliestireno expandido com espessura de 5 mm) e contrapiso estanque com argamassa polimérica (contrapiso de argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em volume de materiais úmidos, aditivado com resina acrílica, com espessura mínima de 2 cm).

O empreendimento E1 foi definido como piloto por se tratar do primeiro empreendimento a receber um projeto para a produção de contrapisos. Esse projeto continha informações sobre todo o processo de produção dos contrapisos, desde as condições para início dos serviços até a sua aceitação final, passando por: definição das três técnicas de execução, quantitativo de materiais e mão de obra teoricamente necessários, ferramentas e equipamentos a serem utilizados, planejamento e logística do canteiro, seqüência de execução dos contrapisos, planta do pavimento tipo identificando níveis teóricos, definição das interfaces entre os contrapisos (detalhes construtivos e desníveis), definição das juntas de trabalho do contrapiso acústico, planta de mapeamento da laje, planilha para reprojeto de contrapiso e cálculo de quantidades de materiais necessários (com alerta identificando espessuras abaixo da mínima necessária e sobreespessuras), orientações para definição do nível de referência para cada pavimento, planta de localização das taliscas para execução do contrapiso, orientações para produção de argamassa industrializada em canteiro, tabelas de acompanhamento da produção e controle da produtividade.

As equipes dos empreendimentos E2 e E3 executaram os contrapisos apenas com as informações constantes no projeto de arquitetura (níveis osso e acabado e especificação de acabamentos) e os procedimentos executivos dos três tipos de contrapiso, que continham orientação apenas para o mapeamento dos ambientes. A definição dos níveis de referência para os pavimentos tipo se deu visando garantir espessuras mínimas recomendadas, mantendo todos os apartamentos do pavimento no mesmo nível, sem avaliar a sobreespessura decorrente dos níveis definidos.

Optou-se por analisar três andares consecutivos de cada empreendimento, especificamente o 10º, 11º e 12º pavimentos tipo. A metodologia utilizada foi análise de dados constantes nas planilhas de mapeamento dos ambientes, seguida de análise crítica da definição do nível de referência adotado para cada pavimento tipo e a observação da execução do contrapiso de pelo menos um pavimento de cada empreendimento, sem interferir no processo.

3.2 Cálculo dos Volumes de Argamassa para Contrapiso

3.2.1 QMTs

Procedeu-se ao cálculo dos volumes de argamassa necessários à execução dos contrapisos acima citados, para um pavimento tipo, considerando suas especificações técnicas e espessuras mínimas, a partir das informações do projeto arquitetônico e memorial de acabamentos. Desta forma chegou-se à QMT (quantidade de material teoricamente necessário) para os três empreendimentos. Foram calculados os consumos médios de argamassa úmida, por tipo de contrapiso e o consumo médio total de argamassa para o andar tipo. Como simplificação o estudo avalia o desempenho da execução do contrapiso quanto ao consumo médio de argamassa total para o pavimento tipo, não destacando o resultado de cada tipo de contrapiso executado.

A tabela 1 ilustra o modelo utilizado para levantamento das QMTs (quantidades de materiais teoricamente necessárias) para os empreendimentos E1, E2 e E3.

0	1	2	3	4	5	6 (=5-3)	7	8 (se7<6, 8=6; se 7>6, 8=7)	9	10	11	12 (=8-11)	13	14	15	
etapas	ambiente	características do piso - projeto arquitetura	revestimento	espessura (cm)	nível osso (cm)	nível acabado (cm)	nível do contrapiso acabado (cm)	esp. mín. de projeto para contrapiso (argamassa + manta 5 mm) (cm)	nível do contrapiso (cm)	interferências com instalações e esquadrias (cm)	existência de declividades	nível do contrapiso considerando as interferências (cm)	nível de projeto do contrapiso (cm)	espessura de argamassa do contrapiso (cm)	materiais	
															área do ambiente (m²)	consumo médio de argamassa (m³)
A	Contrapiso acústico com argamassa tipo farofa e manta acústica															
1	salas	carpete	1,0	0,0	5,5	4,5	4,5	4,5	OK	NÃO	-	4,5	4,0	24,25	11,18	
1	corredor	carpete	1,0	0,0	5,5	4,5	4,5	4,5	OK	NÃO	-	4,5	4,0	5,40	0,22	
1	dorm. 3	carpete	1,0	0,0	5,5	4,5	4,5	4,5	OK	NÃO	-	4,5	4,0	6,38	0,26	
1	dorm. 2	carpete	1,0	0,0	5,5	4,5	4,5	4,5	OK	NÃO	-	4,5	4,0	8,19	0,33	
1	dorm. 1	carpete	1,0	0,0	5,5	4,5	4,5	4,5	OK	NÃO	-	4,5	4,0	8,37	0,33	
1	suite master	carpete	1,0	0,0	5,5	4,5	4,5	4,5	OK	NÃO	-	4,5	4,0	13,95	0,56	
1	home office	carpete	1,0	0,0	5,5	4,5	4,5	4,5	OK	NÃO	-	4,5	4,0	3,34	0,13	
B	Contrapiso aliado reforçado															
2	hall social	porcelanato	1,5	0,0	5,0	3,5	2,0	3,5	OK	NÃO	-	3,5	3,5	3,15	0,11	
2	hall serviço	cerâmica	1,0	0,0	4,0	3,0	2,0	3,0	OK	NÃO	-	3,0	3,0	9,07	0,27	
2	lavabo	porcelanato	1,5	0,0	5,0	3,5	2,0	3,5	OK	NÃO	-	3,5	3,5	1,55	0,05	
2	banho social	cerâmica	1,0	0,0	5,0	4,0	2,0	4,0	OK	NÃO	-	4,0	4,0	2,10	0,08	
2	banho suite	cerâmica	1,0	0,0	5,0	4,0	2,0	4,0	OK	NÃO	-	4,0	4,0	3,15	0,13	
2	cozinha	cerâmica	1,0	0,0	5,0	4,0	2,0	4,0	OK	NÃO	-	4,0	4,0	8,58	0,34	
2	área serviço	cerâmica	1,0	0,0	4,0	3,0	2,0	3,0	OK	NÃO	-	3,0	3,0	4,38	0,13	
2	dorm. serviço	cerâmica	1,0	0,0	4,0	3,0	2,0	3,0	OK	NÃO	-	3,0	3,0	3,34	0,10	
C	Contrapiso estanque com argamassa polimérica															
3	banho social	cerâmica	1,0	0,0	5,0	4,0	2,0	4,0	OK	RALO	-	4,0	4,0	0,64	0,03	
3	banho suite	cerâmica	1,0	0,0	5,0	4,0	2,0	4,0	OK	RALO	-	4,0	4,0	1,05	0,04	
3	banho serviço	cerâmica	1,0	0,0	4,0	3,0	2,0	3,0	OK	RALO	-	3,0	3,0	1,63	0,05	
D	Contrapiso aliado reforçado															
4	terraso	porcelanato	1,5	-10,0	-	-1,5	-	0,0	OK	RALO	-	0,0	0,0	0,00	0,00	
														TOTAL	15,49	

Tabela 1 – Modelo de planilha para levantamento de quantidades de materiais teoricamente necessários (QMTs)

3.2.2 QMR

Para o empreendimento E1(piloto), foram utilizadas para o cálculo das quantidades de material realmente necessários (QMRs) as informações constantes nas planilhas de reprojeto fornecidas no projeto para produção e preenchidas pela equipe da obra.

No caso dos empreendimentos E2 e E3, foram utilizados os dados constantes nos mapeamentos executados pelas equipes de produção dos empreendimentos, bem como a definição dos níveis de referência adotados para a execução dos contrapisos pela equipe da obra. Esses dados foram lançados na planilha desenvolvida para reprojeto de contrapiso e como resultado obteve-se os consumos médios reais de argamassa para os pavimentos tipo dos dois empreendimentos.

A tabela 2 ilustra um modelo de planilha de reprojeto de contrapiso.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ambiente	nº	nível da laje	nível do projeto do contrapiso	diferença entre projeto e real	espessura mínima (em)	providências	acréscimo de espessura para atingir mínimo	espessura de contrapiso em cada ponto (em)	nível final do contrapiso	espessura média do contrapiso	
		projeto	real								
hall social	1	0,00	-0,50	5,00	4,50	2,00	0,50	5,00			
hall social	2	0,00	-0,50	5,00	4,50	2,00	0,50	5,00			
hall social	3	0,00	1,00	5,00	6,00	2,00	0,50	6,50			
hall social	4	0,00	0,50	5,00	5,50	2,00	0,50	6,00	5,50	5,63	
salas	5	0,00	0,50	5,00	5,50	4,50	0,50	6,00			
salas	6	0,00	0,50	5,00	5,50	4,50	0,50	6,00			
salas	7	0,00	-0,50	5,00	4,50	4,50	0,50	5,00			
salas	8	0,00	2,00	5,00	7,00	4,50	0,50	7,50			
salas	9	0,00	1,00	5,00	6,00	4,50	0,50	6,50			
salas	10	0,00	2,00	5,00	7,00	4,50	0,50	7,50			
salas	11	0,00	2,00	5,00	7,00	4,50	0,50	7,50			
salas	12	0,00	0,00	5,00	5,00	4,50	0,50	5,50			
salas	13	0,00	0,00	5,00	5,00	4,50	0,50	5,50			
salas	14	0,00	1,00	5,00	6,00	4,50	0,50	6,50			
salas	15	0,00	1,50	5,00	6,50	4,50	0,50	7,00			
salas	16	0,00	-0,50	5,00	4,50	4,50	0,50	5,00			
salas	17	0,00	0,50	5,00	5,50	4,50	0,50	6,00			
salas	18	0,00	2,50	5,00	7,50	4,50	0,50	8,00			
salas	19	0,00	0,50	5,00	5,50	4,50	0,50	6,00			
salas	20	0,00	0,50	5,00	5,50	4,50	0,50	6,00			
salas	21	0,00	0,00	5,00	5,00	4,50	0,50	5,50			
galeria	22	0,00	-1,00	5,00	4,00	4,50	0,50	4,50			
galeria	23	0,00	0,50	5,00	5,50	4,50	0,50	6,00			
galeria	24	0,00	0,50	5,00	5,50	4,50	0,50	6,00			
galeria	25	0,00	0,00	5,00	5,00	4,50	0,50	5,50			
galeria	26	0,00	-0,50	5,00	4,50	4,50	0,50	5,00			
lavabo	27	0,00	0,00	5,00	5,00	2,00	0,50	5,50			
lavabo	28	0,00	-0,50	5,00	4,50	2,00	0,50	5,00			
lavabo	29	0,00	-0,50	5,00	4,50	2,00	0,50	5,00			
lavabo	30	0,00	1,00	5,00	6,00	2,00	0,50	6,50			
circulação	31	0,00	-1,00	5,00	4,00	4,50	0,50	4,50			
circulação	32	0,00	1,00	5,00	6,00	4,50	0,50	6,50			
circulação	33	0,00	0,00	5,00	5,00	4,50	0,50	5,50			
circulação	34	0,00	0,00	5,00	5,00	4,50	0,50	5,50			
circulação	35	0,00	-0,50	5,00	4,50	4,50	0,50	5,00			

Tabela 2 – Planilha de reprojeto de contrapiso

O reprojeto do contrapiso é elaborado a partir dos dados provenientes do mapeamento da superfície das lajes concretadas em pontos pré-determinados e a comparação entre os níveis osso de projeto e real (colunas C e D). Com a informação do nível do contrapiso de projeto (coluna E) parte-se para o cálculo da diferença entre o nível de projeto e o nível real do contrapiso (coluna F). Comparando-se a coluna F com a espessura mínima requerida para a execução do contrapiso (coluna G) verifica-se a necessidade ou não de acréscimo de espessura para garantir o mínimo requerido para cada tipo de contrapiso (coluna I). Em seguida são definidas as espessuras de contrapiso em cada ponto da laje (coluna J) e o nível final do contrapiso (coluna K), para então calcular a espessura média do contrapiso. Para facilitar a visualização dos pontos críticos aplica-se formatação condicional à planilha, destacando os valores que fogem das perdas e tolerâncias pré-estabelecidas.

3.2.3 QMRac

Para o cálculo das quantidades de material racionalizado (QMRac) para os empreendimentos E2 e E3, simulou-se para cada pavimento estudado uma nova definição dos níveis de referência utilizando-se a planilha de reprojeto de contrapiso visando execução racionalizada. Novos quantitativos de materiais foram obtidos e denominados QMRac (quantidades de material racionalizado).

Para o empreendimento E1, que possuía projeto de produção de contrapiso com as planilhas de reprojeto de contrapiso já incorporadas, não houve necessidade de simular uma tomada de decisão visando execução racionalizada como alternativa à decisão tomada em obra para o 10°, 11° e 12° pavimentos tipo, pois a equipe da obra já estava treinada e ciente da importância dessa tomada de decisão e do impacto que a mesma pode ocasionar no consumo de material.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 QMTs dos empreendimentos E1,E2 e E3

As quantidades de materiais teoricamente necessárias (QMTs) obtidas para os empreendimentos E1, E2 e E3, utilizando-se o modelo da planilha apresentada na tabela 1, estão resumidas na tabela 3.

EMPREENDIMENTOS			
PAVIMENTO TIPO	E1	E2	E3
ÁREA DE CONTRAPISO (m2)	400,52	345,24	365,35
VOLUME DE ARGAMASSA			
PROJETO – QMT (m3)	15,49	15,85	14,27

Tabela 3 – Levantamento de quantidades de materiais teoricamente necessárias (QMTs)

4.2 QMRs e QMRacs dos empreendimentos E1,E2 e E3

As quantidades de materiais realmente necessários (QMRs) e as quantidades de materiais racionalizados (QMRacs) calculadas para os empreendimentos E1, E2 e E3 são ilustradas na tabela 4.

PAVIMENTO TIPO	E1	E2	E3
QMR 10º PAV (m³)	19,51	23,14	19,68
QMR 11º PAV (m³)	16,94	21,44	23,57
QMR 12º PAV (m³)	17,22	21,54	20,46
VOL. ARGAMASSA - REAL- QMR médio (m³) *	17,89	22,04	21,24
QM Rac 10º PAV (m³)	19,51	17,41	16,78
QM Rac 11º PAV (m³)	16,94	16,85	17,04
QM Rac 12º PAV (m³)	17,22	16,96	17,43
VOL. ARGAMASSA RACION. QM Rac médio (m³) *	17,89	17,07	17,08

(*) média aritmética dos valores calculados para o 10º, 11º e 12º pavimentos

Tabela 4 – Valores de QMR e QM Rac dos pavimentos tipo

4.3 Perdas reais dos empreendimentos

Agrupando-se os dados das planilhas anteriores na tabela 5 pode-se visualizar os volumes de argamassa projetados (QMT), os volumes reais médios gastos (QMR) e os volumes médios de argamassa que poderiam ter sido gastos caso houvesse racionalização (QM Rac) dos contrapisos para o pavimento tipo dos três empreendimentos em estudo.

Complementarmente é possível estimar os volumes totais de argamassa por empreendimento (considerando que a média aritmética obtida representa o consumo de cada pavimento tipo), multiplicando os consumos por pavimento pelo número de pavimentos.

PAVIMENTOS TIPO	E 1	E 2	E 3
VOL. ARGAMASSA - PROJETO-QMT (m³)	15,49	15,85	14,27
VOL. ARGAMASSA REAL NECESSARIA - QMR (m³)	17,89	22,04	21,24
VOL. ARGAMASSA RACIONALIZADA QM Rac (m³)	17,89	17,07	17,08
Nº LAJES DO EMPREENDIMENTO	18	84	108
CONSUMO TOTAL PROJETADO (m³) QMTt	278,82	1.331,40	1.541,16
CONSUMO TOTAL EXECUTADO (m³) QM Rt	322,02	1.851,36	2.293,92
CONSUMO TOTAL RACIONALIZADO (m³) QM Rac t	322,02	1.433,88	1.844,64

Tabela 5 – Volumes totais projetados, consumidos e que poderiam ter sido consumidos caso tivesse sido usada a ferramenta de gestão nos empreendimentos E2 e E3.

Comparando-se as **quantidades realmente gastas** com as **quantidades previstas em projeto**, podem-se calcular perdas e expressá-las em termos porcentuais. O cálculo dos porcentuais de **perdas reais** para os empreendimentos E1, E2 e E3 está representado abaixo:

$$\text{IP real (\%)} = (\text{QMRt} - \text{QMTt}) / \text{QMTt} \times 100$$

$$\text{Empreendimento E 1 : } \text{IP (\%)} = (322,02 - 278,82) / 278,82 \times 100 = 15,49 \%$$

$$\text{Empreendimento E 2 : } \text{IP (\%)} = (1851,36 - 1331,40) / 1331,40 \times 100 = 39,05 \%$$

$$\text{Empreendimento E 3 : } \text{IP (\%)} = (2293,22 - 1541,16) / 1541,16 \times 100 = 48,84 \%$$

Comparando-se os resultados obtidos para E1, E2 e E3 com os dados de indicadores de perdas de materiais (argamassa para contrapiso) apresentados por Souza (2005), que se referem ao estudo de 150 canteiros de obra e identificam perda (%) Mínima = 8%; perdas (%) Mediana = 42%; perdas (%)Máxima = 288 %, dentro dos quais 80 % refere-se a sobrepessegura, pode-se dizer que:

O empreendimento E1 apresenta perdas abaixo da mediana, porém ainda longe do valor mínimo. A análise do projeto de contrapiso demonstrou que havia um potencial de redução de espessura nos contrapisos de 3,7 %, uma vez que se admitisse desnível de 1 cm entre área quente e área fria(ao invés de 0,5cm adotado) e espessura mínima de argamassa no hall de serviço.

Os empreendimentos E2 e E3 apresentam perdas porcentuais reais elevadas muito próximas à mediana, atingindo valores de aproximadamente 3 vezes os observados no empreendimento E1.

Analizando-se os valores de **Consumo Total Racionalizado** obtidos simulando a definição dos níveis de referência do contrapiso através da utilização das ferramentas disponíveis no projeto para produção, principalmente a planilha de reprojeto e comparando-se com o **Consumo Total Projetado**, chega-se às possíveis **perdas incorporadas racionalizadas** para os empreendimentos E2 e E3, conforme abaixo:

$$\text{IP rac (\%)} = (\text{QMRact} - \text{QMTt}) / \text{QMTt} \times 100$$

$$\text{Empreendimento E 2 : } \text{IPrac (\%)} = (1433,88 - 1331,40) / 1331,40 \times 100 = 7,70 \%$$

$$\text{Empreendimento E 3 : } \text{IPrac(\%)} = (1844,64 - 1541,16) / 1541,16 \times 100 = 19,69 \%$$

A comparação entre os resultados obtidos de **IP real** e **IP rac** dos empreendimentos **E2**(de 39,05% para 7,70%) e **E3** (de 48,84% para 19,69%) permite dizer que há potencial significativo de redução de perdas incorporadas a partir da aplicação do projeto para produção - ferramenta de gestão da produção.

Para o empreendimento piloto **E1**, foi possível calcular perda cumulativa e perda potencial , apresentadas na tabela 6.

Ciclo de coleta	QMR (m ³)	QMT (m ³)	Perda por ciclo (%)	Ciclo de coleta	QMR (m ³)	QMT (m ³)	Perda por ciclo (%)
1	19,29	15,49	24,53 %	6	16,97	15,49	9,55 %
2	17,56	15,49	13,36 %	7	19,51	15,49	25,95 %
3	17,42	15,49	12,46 %	8	16,94	15,49	9,36 %
4	18,22	15,49	17,62 %	9	17,22	15,49	11,17 %
5	17,15	15,49	10,72 %				

Tabela 6 – Perdas de argamassa de contrapiso por ciclo – empreendimento E1

Calculando-se a perda cumulativa de argamassa de contrapiso para o empreendimento E1, tem-se um panorama da eficiência acumulada ao longo de sucessivas execuções de contrapiso.

PERDA cumulativa(%) = 15 %

Para chegar à informação do potencial de redução de perdas possível dentro do processo, pode-se calcular a perda potencial, que é obtida através do valor mediano dos valores de perdas de argamassa de contrapiso, menores que o valor cumulativo das perdas. Neste caso tem-se:

PERDA potencial (%) = 11 %

Buscando-se atingir a perda potencial de 11% na execução e agindo na etapa de concepção do projeto, de forma a reduzir os 3,7 % de sobreespessura, chega-se a valor inferior ao mínimo apresentado (8%) por Souza (2005).

5 CONCLUSÕES

Considera-se que o objetivo do trabalho de levantar as perdas incorporadas de argamassa para contrapiso nos empreendimentos em que não se utilizou projetos para produção de contrapiso (empreendimentos E2 e E3) e comparar os resultados com as perdas calculadas para o empreendimento *piloto* E1, para o qual havia sido desenvolvido um projeto para produção de contrapiso, e a partir da comparação dos dados apresentar o potencial de redução de perdas que se pode obter mediante a implementação do projeto para a produção de contrapiso em canteiros de obra foi atingido.

Complementarmente, ao se utilizar a planilha de reprojeto de contrapiso para os empreendimentos E2 e E3, simulando uma nova definição dos níveis de referência do contrapiso focada na execução racionalizada do mesmo e chegar às QMRac (quantidades de material racionalizado), foi possível a visualizar o potencial de redução das perdas incorporadas que a implementação do projeto para a produção de contrapiso em canteiros de obra pode trazer e sua consequente contribuição ao meio ambiente à medida que possibilita a redução do consumo de matérias-primas.

Outro aspecto de destaque foi a identificação de perdas incorporadas na fase de concepção do empreendimento, que não haviam sido notadas anteriormente, e que contribuem para o acréscimo de perdas. A partir dessa informação foi possível rever os critérios de projeto visando redução de perdas.

Por fim, o fato de o artigo exemplificar a utilização e disponibilizar uma ferramenta de gestão para redução de perdas incorporadas, que pode ser facilmente implantada, e cujo retorno (redução das perdas) é praticamente imediato, pode levar a reflexões mais abrangentes sobre o desenvolvimento de projetos para produção como “ferramentas organizacionais que definem completamente e de forma sistêmica a maior parte das atividades necessárias para produzir um subsistema da edificação...” (CHALITA,2010), reforçando a importância de decisões racionalizadas pensando no todo, ao invés de decisões pontuais e incentivando a adoção de projetos para produção como diferencial competitivo na busca de uma construção mais sustentável.

6 REFERÊNCIAS

AGOPYAN,V.;SOUZA,U.E.L.;PALLIARI,J.C.;ANDRADE,A.C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra:** Coletânia Habitare –vol 2 – Inovação , Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional.São Paulo:1998.

CHALITA,A.C.C; **Estrutura de um Projeto para Produção de Alvenarias de Vedação com Enfoque na Construtibilidade e Aumento de Eficiência na Produção.** 2010.251p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FORMOSO,C.T.;JOBIM,M.S.S.;COSTA,A.L.et al. **Perdas de materiais na construção de edificações: estudo em canteiros de obras no Estado do Rio Grande do Sul.** Brasil –São Paulo, SP.1998.p.299-307. In: Congresso Latino-Americano Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios : soluções para o terceiro milênio, São Paulo, 1998. Artigo técnico.

JOHN,V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PALLIARI, J.C. ;SOUZA,U.E.L. **Proposição de indicadores mais eficazes para a avaliação das perdas de materiais nos canteiros de obras.** Brasil- Florianópolis, SC. 2006.10p. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11.,2006, Florianópolis

SJÖSTRÖM, C. **Durability of Building Materials and Components.** In: CIB Symposium on Construction and Environment: theory into practice. 23-24 de novembro de 2000. São Paulo, 2000.

SOUZA, U.E.L.**Como Reduzir Perdas nos Canteiros:** Manual de Gestão do Consumo de Materiais na Construção Civil.São Paulo; Editora Pini, 2005

www.fiesp.com.br/construbusiness: Caderno Técnico do 7º Construbusiness. São Paulo, 2008. consulta realizada no site em 24 de julho de 2009.