

## **PROCESSO PRODUTIVO DE REVESTIMENTO DE GESSO: ANÁLISE E ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS**

M. S. M. Alves<sup>1</sup>, M.V. O. Rocha<sup>2</sup>, E. V. Borja<sup>3</sup>

1 – Aluna de graduação do curso de Tecnologia em Produção da Construção Civil – CEFET/RN  
Gerência Educacional de Construção Civil  
Av. Salgado Filho, 1559 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
E-mail: marysamyra@yahoo.com.br

2 – Aluno de graduação do curso de Tecnologia em Produção da Construção Civil – CEFET/RN  
Gerência Educacional de Construção Civil  
Av. Salgado Filho, 1559 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
E-mail: marcusvynny@gmail.com

3 – Professor dos cursos de Tecnologia em Produção da Construção Civil e Tecnologia em Materiais  
CEFET-RN  
Av. Salgado Filho, 1559 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
E-mail: edilberto@cefetn.br

### **RESUMO**

O trabalho relata pesquisa realizada no setor da construção civil, envolvendo dois canteiros de obras de construtoras que atuam no sub-setor de edificações verticais da cidade de Natal, quanto à geração de resíduos de gesso advindo do revestimento desempenado sobre parede. O tema em questão ainda é incipiente, principalmente no Brasil e particularmente na região Nordeste. Assim, buscou-se analisar o procedimento executivo, identificar situações críticas e realizar um levantamento preliminar da demanda e das discrepâncias entre as empresas no que diz respeito ao volume gerado. Seguindo a aplicação do ciclo do PDCA, neste trabalho, são feitas avaliações qualitativas e quantitativas que identificam uma necessidade de adaptação do processo à correção das ineficiências encontradas, buscando então discutir e implementar soluções para eliminação dos problemas. Uma das propostas de solução apresentadas será a reciclagem dos resíduos do gesso gerados pelo processo de aplicação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gesso; Processo produtivo; Resíduo de gesso.

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Justificativa**

Uma das principais preocupações do mundo dos negócios é a qualidade de seus produtos e serviços. E isso se deve, principalmente, a exigência dos consumidores, fator também que promove a concorrência e incentiva a um estudo de diminuição dos custos durante o processo de produção.

No Brasil isso não é diferente. É grande o interesse de empresários em aplicar métodos padronizados, melhorar sua produtividade e se fortificar frente a sua concorrência. Além disso, no final dos anos 80, a questão do Desenvolvimento Sustentável foi aprofundada, durante o processo preparatório da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, a RIO 92, se contrapondo à tese que dominava até então de que é possível desenvolver sem destruir o meio ambiente.

A Agenda 21, relatório resultante da RIO 92, despertou a consciência de que é preciso construir sustentavelmente para o bem estar e sobrevivência das espécies, bem como o aumento das oportunidades ambientais para as gerações futuras, fundamentando-se na redução da poluição, na economia de energia e água, na minimização da liberação de materiais danosos ao ambiente, na diminuição do consumo de matérias primas naturais, nas condições de segurança e saúde dos trabalhadores, e na qualidade e custo das construções para os usuários finais.

Finalmente, um estudo sobre geração de resíduos advindos do revestimento de gesso servirá de subsídio para serem tomadas providências quanto à melhoria do seu processo produtivo, já que a resolução 307 de 5 de julho de 2002 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, é bem clara e classifica os resíduos de gesso de construção como sendo os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação. E mais, causa problema de tempo de pega e expansibilidade quando usado em agregados reciclados, pode contaminar os solos e os lençóis freáticos quando dissolvido em água, e sua presença em aterros em contato com matéria orgânica pode levar a formação de gás sulfídrico (CIWMB, 2006), o qual possui odor desagradável – semelhante ao de ovo podre, fator preponderante na proibição de depósito de gesso em aterros sanitários, exceto quando confinados.

## **1.2 Objetivo**

Este trabalho tem como objetivo aplicar na indústria da construção civil uma metodologia de trabalho para identificar situações críticas e realizar um levantamento preliminar da demanda e das discrepâncias entre dois canteiros de obras em Natal/RN, no tocante a geração de resíduos, apoiada na análise qualitativa e quantitativa durante os processos de execução de revestimento de gesso, para subsidiar políticas de melhoria contínua do setor.

## **1.3 Limitações**

É sabido a importância de se considerar a extração de matéria prima, seu transporte e beneficiamento para a produção de gesso em pó para revestimento, mas este trabalho se limita ao estudo das perdas geradas durante a construção do edifício.

Salienta-se que toda e qualquer observação descrita neste trabalho, não representa críticas à gestão das empresas em questão e nem a forma de execução de suas atividades.

# **2. METODOLOGIA**

Antes de se discutir sobre a geração de resíduos, é necessária a compreensão do que seja o ciclo PDCA, o qual foi escolhido devido a sua disseminação e aplicação quando se busca a melhoria contínua em vários setores da economia. A sigla, em inglês, significa: P de “plan” (programar); D de “do” (executar); C de “control” (controlar); e A de “action” (ação). A partir dessa idéia, criou-se a delimitação da pesquisa desenvolvida, a qual avaliará apenas as

perdas decorrentes das etapas de programação e execução, sugerindo o estudo de controle e ação a serem realizados pelo setor.

Nesta pesquisa, considerou-se como perda a diferença entre o consumo previsto segundo as especificações relativas à execução do revestimento de gesso e o consumo real de gesso na obra. Elaborou-se a equação a seguir:

$$PE(\%) = \frac{CREAL - CESP}{CESP} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

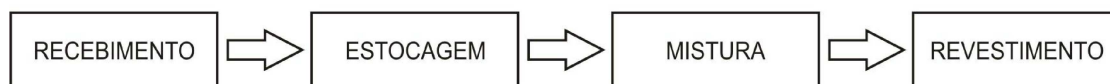
PE(%) é a perda de gesso resultante expressa em porcentagem;

CREAL é a quantidade de gesso consumido durante o processo executivo;

CESP representa o consumo especificado em projeto, que está em consonância com o especificado pelo fornecedor.

É sabido que um material dentro de um canteiro de obras percorre um longo caminho até o local onde será usado/aplicado. Para mapear as perdas decorrentes do processo executivo de revestimento de gesso, elaborou-se um fluxograma para sua análise, conforme a Figura 1 abaixo:

### FLUXOGRAMA DO GESSO NO CANTEIRO



**Figura 1 – Fluxograma do gesso utilizado no revestimento de gesso**

As perdas ocorrem no recebimento quando os sacos possuem uma pesagem inferior ao da embalagem, caracterizando-se como uma perda estritamente financeira. As perdas decorrentes de uma má estocagem podem levar ao endurecimento do material inutilizando-o. Entretanto as perdas consideradas neste trabalho são aquelas advindas da mistura e da aplicação do revestimento de gesso, partindo do pressuposto que até o momento da execução não houveram perdas significativas e, portanto, não contabilizadas.

Durante a visita da equipe de estudo às obras tinha-se em mãos um caderno de anotações em que eram registradas a quantidade de sacos de gesso gasto e a quantidade de metros quadrados de alvenaria revestidos com gesso, por apartamento. Também era verificado o rendimento da equipe, cronometrando-se o tempo despendido para essa atividade. Assim, nessa etapa obtinham-se os dados que fazem parte das equações abaixo:

$$CREAL(kg/m^2) = \frac{GUT}{AREV} \quad (2)$$

$$RREAL(Hh/m^2) = \frac{TTG}{AREV} \quad (3)$$

Onde:

GUT é a o gesso utilizado para a área revestida expressa em quilogramas (kg);

AREV representa a área revestida em metros quadrados (m²);

CREAL é a quantidade de gesso consumido durante o processo executivo por metro quadrado;

RREAL representa o rendimento do profissional por metro quadrado;

TTG representa a quantidade total de tempo utilizado para revestir as alvenarias (Hh).

Visando parametrizar os resultados, foram verificados quais os consumos de gesso necessário para revestir um metro quadrado especificados pelos seus fabricantes, visto que esse é o índice utilizado pelos responsáveis pelo planejamento dos serviços.

Ambos os fabricantes expressam o mesmo consumo que é de 1 quilograma por milímetro de espessura de revestimento em 1 metro quadrado. Ou seja, como o revestimento especificado para as duas obras em questão é de 15 mm de espessura (1,5 cm), deverão ser utilizados 15 kg de gesso em pó por metro quadrado de área executada. Dessa idéia conclui-se que:

$$CESP(\text{kg/m}^2) = 15 \quad (4)$$

Além das análises supracitadas, foi feita uma avaliação volumétrica do entulho de gesso que é incorporado ao processo produtivo, encontra-se o volume de pasta endurecida desperdiçada por apartamento, realizando a cubagem dos carrinhos que transportam o entulho. Encontrado o volume de desperdício, esse é relacionado por metro quadrado de gesso aplicado.

$$VPD = \frac{VPEN}{AREV} \quad (5)$$

Onde:

VPD é o volume de pasta endurecida desperdiçada por metro quadrado de área revestida ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ );

AREV representa a área revestida em metros quadrados ( $\text{m}^2$ );

VPEN é o volume de pasta endurecida ( $\text{m}^3$ ).

Na análise qualitativa, buscou-se tudo que influencie, direta ou indiretamente, no subprocesso analisado. Situação de estocagem, características das alvenarias do apartamento, ferramentas de planejamento, etc.

### 3. RESULTADOS

A tabela I a seguir apresenta o resultado do consumo de gesso em pó por metro quadrado, tendo como referencial o consumo padrão especificados pelos fornecedores de ambos os canteiros e, com o auxílio da equação 2, que calcula o consumo real de gesso por metro quadrado.

**Tabela I – Quantidade média de gesso em pó utilizado por  $\text{m}^2$  de revestimento aplicado.**

ESPECIFICADO	CANTEIRO A	CANTEIRO B
15,0 $\text{kg/m}^2$	16,0 $\text{kg/m}^2$	18,6 $\text{kg/m}^2$

Aplicando o valor especificado e os valores obtidos nos canteiros, nas parcelas CESP e CREAL da equação 1, respectivamente, obtém-se as perdas apresentadas na tabela II.

**Tabela II – Porcentagem de perdas de gesso em pó.**

PERDAS - PE(%)	
CANTEIRO A	CANTEIRO B
6,6%	24,0%

A porcentagem de perdas pode ser mais palpável se expresso os valores em quilogramas. Ou seja, o canteiro B possui uma previsão de utilização de 2.200 sacos de 40 kg de gesso, portanto 88.000 kg. Uma perda de 24% significa que desses 88.000 kg, 21.120 kg serão desperdiçados.

O tempo de trabalho dos profissionais (gesseiros) que aplicam o revestimento foram cronometrados e aplicados na equação 3, cujo cálculo resulta no rendimento por metro quadrado. A tabela III a seguir apresenta os resultados obtidos.

**Tabela III – Rendimento médio em horas do profissional por m².**

RENDIMENTO DO GESSEIRO (Hh/m²)	
CANTEIRO A	CANTEIRO B
0,22 Hh/m²	0,26 Hh/m²

Na análise seguinte, a tabela IV exhibe os resultados obtidos nos canteiros 1 e 2 referente ao volume de pasta endurecida que é desperdiçada por metro quadrado de área revestida com gesso, para obtê-los aplicou-se a equação 5.

**Tabela IV – Volume de pasta endurecida desperdiçada por m² de revestimento aplicado.**

VOLUME DE PASTA ENDURECIDA DESPERDIÇADA	
CANTEIRO A	CANTEIRO B
0,008 m³/m²	0,011 m³/m²

É possível tecer alguns comentários complementares quanto aos dados encontrados, nesta última tabela: (a) o volume encontrado singularmente pode parecer pequeno, mas vale salientar que os canteiros A e B têm áreas de revestimento em gesso, aproximadamente, de 4.800 m² e 5.646 m², o que geraria um montante de 38,40 m³ e 61,11 m³, respectivamente; (b) a etapa de revestimento de gesso é uma etapa bastante produtiva, esses volumes demandam uma logística eficiente que não permita o estoque desses materiais no canteiro de obras.



**Figura 2 – desperdício de gesso médio por apartamento no canteiro A**

Por último foi elaborada uma tabela, tabela V, com a análise qualitativa do subprocesso de revestimento de gesso analisado. Atribuiu-se sinal de negativo para aquelas características que influem negativamente e de positivo àqueles atributos que influem de modo positivo no processo produtivo, seja direta ou indiretamente.

**Tabela V – análise qualitativa dos demais aspectos dos canteiros**

CARACTERÍSTICA	CANTEIRO A	CANTEIRO B
TIPO DE ALVENARIA	BLOCO DE CIMENTO (+)	TIJOLO CERÂMICO(-)
ESTOCAGEM	ADEQUADA (+)	ADEQUADA (+)
CRONOGRAMA	POSSUI (+)	NÃO POSSUI (-)
PRUMO	CONTROLADO (+)	MUITO IRREGULAR (-)
FRENTE DE TRABALHO	ADEQUADA (+)	SUB-DIMENSIONADA (-)
EPI'S	ADEQUADO (+)	ADEQUADO (+)
MATERIAIS E EQUIP.	ADEQUADO (+)	ADEQUADO (+)

Nessa tabela é possível visualizar a compatibilidade dos resultados apresentados quando comparados às demais tabelas de resultados quantitativos. Sobre as discrepâncias encontradas é possível citar alguns comentários adicionais sobre as avaliações negativas associadas ao canteiro B: (a) o tipo de alvenaria influencia diretamente no consumo de gesso. Os blocos de cimento têm uma superfície mais regular, não possui frisos e são mais uniformes. Já os tijolos cerâmicos tendem a ter tamanhos diferentes, superfície irregular e possuem frisos, portanto consomem mais gesso do que os outros; (b) Um instrumento que oriente a data de início e fim do serviço é de fundamental importância. Portanto, principalmente, em obras de edifícios é inadmissível a falta de um cronograma, as metas devem ser passadas para todos os envolvidos com o empreendimento. (c) o cuidado com as prumadas é imprescindível, a falta de um controle eficiente leva a adição desnecessária de pasta de gesso. Alvenarias desaprumadas, além de consumir demasiadamente, diminuem a resistência do revestimento na interface massa/substrato. (d) como foi possível observar nos resultados da tabela 3, o trabalhador da equipe do canteiro A possui rendimento superior ao da equipe do canteiro B. Este último, se comparado ao volume de trabalho do canteiro A, está com sua equipe sub-dimensionada.

## **4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO**

### **4.1 Reutilização e aperfeiçoamento da pasta**

Entretanto, se for desejado alcançar a sustentabilidade da indústria de construção civil, algumas transformações serão necessárias, a começar pela diminuição de perdas e melhoria da qualidade e produtividade. Além disso, a conscientização dos vários participantes da cadeia produtiva do setor de construção civil e os intervenientes serão de fundamental importância, no que se refere às práticas de gestão dos resíduos da construção, além de outras questões relacionadas ao meio ambiente.

Sabendo-se que com a melhoria no aproveitamento de gesso ocorre, conseqüentemente, uma redução na produção de resíduos, podemos dizer que a argamassa de gesso projetada mecanicamente seria uma forma de solucionar o problema das grandes quantidades de resíduos nas obras. Portanto, tal método de aplicação tem custo elevado e requer a utilização de material dosado especificamente para esse fim, para evitar problemas como entupimento da máquina de projeção.

A National Association of Home Builders - Associação nacional dos construtores residenciais - nos Estados unidos publicou um guia de campo para o construtor e em seu apêndice C sugere utilizar os resíduos de gesso tipo drywall como enchimento das cavidades das paredes, isso eliminaria o estoque e os gastos com transporte(CIWMB, 2006.

Uma outra solução menos onerosa é manter o procedimento tradicional de aplicação e alterar as propriedades da pasta de gesso, como por exemplo, reduzir o tempo de espera sem acelerar o tempo de fim de pega utilizando espessantes que não acelerem a reação de hidratação, como é o caso da adição de cal hidratada às pastas de gesso, pois a cal apresenta características capazes de aumentar a consistência, a plasticidade e a retenção de água (RAGO, 1999).

## **4.2 Reciclagem**

Dentre as várias opções de gerenciamento de resíduos mostradas acima, a reciclagem apresenta-se como uma opção ambientalmente correta, e a mais cabível para o caso dos resíduos de gesso, trazendo benefícios tanto econômicos como sociais para os locais onde é implementada. Apesar dos inegáveis benefícios gerados pela reciclagem, pode-se afirmar que existem pré-requisitos para o sucesso de programas dessa natureza, ou seja, diversos fatores devem ser considerados na análise de um ambiente favorável ao seu desenvolvimento e a sua implantação. Um desses requisitos é falta de estudos na área e conseqüente desinteresse dos usuários devido a questões econômicas.

Analisando os fatores que intervêm num programa de reciclagem, observa-se ausência de publicações relacionadas a essa questão, pois a maioria dos trabalhos publicados está direcionada ao estudo dos resíduos sólidos urbanos. Isso se deve, em parte, ao fato de só recentemente ter se dado mais atenção aos resíduos de construções, tanto por parte das agências governamentais quanto pela comunidade acadêmica, como resultado de legislações mais rigorosas e pela pressão exercida pela sociedade.

Apesar da grande dificuldade em encontrar publicações sobre a reciclagem de resíduos de gesso na construção civil, acrescida a falta de pesquisas laboratoriais, pode-se destacar a utilização desse material moído para agricultura, pois ajuda a neutralizar a acidez do solo e até para recreação (marcação de pistas de corrida). Porém, o mais importante do estudo, é mostrar que existe a possibilidade de esses resíduos, não totalmente endurecidos, ser usado para a fabricação de pequenos blocos com a utilidade no fechamento de alvenaria.

## **5. CONCLUSÕES**

### **5.1 Conclusões Gerais**

Conclui-se, que é necessária a criação de sistemas de verificação e garantia da qualidade, assim como de um treinamento eficaz da mão-de-obra, não só no nível de execução, mas para a obra como um todo, e principalmente que à medida que se tenha disponível um conjunto de metodologias e ferramentas para a gestão da qualidade, adaptadas à construção civil, possa-se estruturar e planejar de forma mais adequada um trabalho com qualidade e produtividade.

Porém, além de iniciativas desta natureza, é necessário que seja feito um esforço no sentido de criar condições para que a construção civil torne-se mais competitiva. Este esforço deve necessariamente envolver investimentos em pesquisas e desenvolvimento e treinamento da força de trabalho.

O grupo de pesquisadores deste trabalho espera que os números apresentados sirvam de base para a busca pela melhoria contínua do setor, no que se refere à gestão de resíduos e melhor utilização dos materiais. Além disso, concordam que incentivos em pesquisas nessa área, proporcionam avanços e garantem um crescimento sustentável para a construção civil brasileira.

### **5.2 Conclusões sobre a metodologia**

Estabelecendo comparações entre os resultados obtidos através da aplicação dos questionários, os resultados foram bastante satisfatórios, repercutindo positivamente para o trabalho. E apesar das limitações existentes, comprovou-se que esse é um bom caminho para os estudos futuros.

### **5.3 Recomendações para Trabalhos Futuros**

Com o decorrer dos estudos, observaram-se alguns aspectos que devem ser estudados e analisados com maiores detalhes, que em função de tempo não foram aprofundados. São as seguintes recomendações para futuros trabalhos: (a)Aplicação da metodologia em outras empresas; (b) Recomenda-se aplicar a metodologia em outros processos construtivos dentro do canteiro; (c) A adaptação da metodologia para empresas com características diferentes da estudada; (c) Levar amostras de gesso para laboratórios em busca de melhores resultados; (d) Buscar aprimorar os processos de reciclagem com baixo custo para que os materiais sejam usados pelas empresas.

## 6. REFERENCIAL BIBLIOGRAFICO

CIWMB (California Integrated Waste Management Board) **Drywall Recycling**. Disponível em: <http://www.ciwmb.ca.gov/publications/condemo/43195069.doc> Acesso em: 21 mar. 2006.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.

RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. **Influência do tipo de cal hidratada nas propriedades de pastas de cimento-cal**. ,In Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, II. Salvador, 1997. Anais Ceta/Antac, Salvador, 1997, p. 99-109.

CONAMA **Resolução N° 307, de 5 Julho de 2002**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html> Acesso em: 20 mar. 2006.