APLICAÇÃO DO MODELO ANALÍTICO DE PREVISÃO DA PRODUTIVIDADE EM REVESTIMENTOS DE PAREDES INTERNAS COM ARGAMASSA

Tema: Processos de execução
Grupo: 1

MARIA CAROLINA G. O. BRANDSTETTER[1], RAQUEL FRANCO BUENO[2]

[1]Profª Drª, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás/UFG, mariacarolina.brands@gmail.com
[2]Engª Civil, MsC, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás/UFG, raquel.fbueno@hotmail.com

RESUMO

O revestimento de paredes internas com argamassa representa um serviço de grande impacto no planejamento das obras. Este trabalho busca apresentar uma aplicação do Modelo de Previsão Analítico da Produtividade para o revestimento de paredes internas com argamassa considerando as medições de produtividade vigente e viável, cujos dados foram coletados em um empreendimento residencial de casas na cidade de Goiânia. O indicador de produtividade viável calculado estatisticamente apontou a diferença de potencial entre as equipes e a perspectiva de melhoria em até 22% para uma das equipes. O estudo permite apontar esforços para decisões de otimização do ciclo produtivo.

Palavras-chave: Argamassa, revestimento de paredes internas, produtividade, Modelo de previsão.

PRODUCTIVITY ANALYTICAL FORECASTING MODEL APPLICATION IN MORTAR COATING PROCESS

ABSTRACT

The coating of internal walls with mortar represents a service of great impact in planning works. The work's objective is to present an application of Analytical Forecasting Model of Productivity for coating of internal walls with mortar considering the current and feasible productivity measurements. The data were collected in a residential development of houses located in the city of Goiânia. The statistically feasible productivity indicator pointed to a prospect of improvement of up to 22% for one of the teams and the potential difference between the teams. The study allows to point out efforts for production time optimization decisions.

Key-words: Mortar, coating, productivity, Analytical Forecasting Model.

1. INTRODUÇÃO

O revestimento de paredes internas com argamassa configura um serviço de grande impacto no planejamento das obras, além de corresponder acima de 10% do custo de construção das edificações (PARAVISI[1], 2008; BRANDSTETTER; CARASEK; SIQUEIRA[2], 2018).

Diante deste impacto, as análises da produtividade das equipes contribuem para a otimização do ciclo produtivo, o que abrange tanto o tempo quanto o custo, uma vez que o entendimento da eficiência da mão de obra pode influenciar os cronogramas e o orçamento dos empreendimentos.

A produtividade da mão de obra pode ser expressa, do ponto de vista físico, como a eficiência na transformação do esforço dos trabalhadores em produtos, no caso da construção, na obra ou suas partes (SOUZA[3], 2006).

Devido à menor estabilidade da indústria da construção em comparação à indústria seriada, as variações das características que levam a variações da produtividade podem ser ainda mais complexas de serem mensuradas (ALAGHBARI; AL-SAKKAF; SULTAN[4], 2019; HASAN[5] *et al.*, 2018; MANI[6] *et al.*, 2017). Tais características, segundo Thomas e Yakoumis[7] (1987), se denominam fatores que podem estar ligados ao conteúdo do serviço estudado como o projeto e os materiais, bem como ao contexto do serviço como aspectos ambientais e gerenciais.

A apropriação da produtividade vigente constitui uma tarefa associada ao controle da obra, enquanto que a previsão ou prognóstico da produtividade constitui uma tarefa mais associada à programação da obra (SOUZA[3], 2006). Tanto o conhecimento da produtividade vigente (atual), quanto a produtividade prevista (viável) devem interagir, sendo útil para diretrizes de projeto, contratação de mão de obra, definições logísticas, entre outras.

Para a previsão da produtividade, Souza[3] (2006) indica os modelos tradicional, inovador e analítico. Este último busca considerar com maior rigor as dificuldades de conteúdo e contexto para definir a produtividade potencial dos oficiais. Apesar de mais complexo, o modelo analítico resulta indicadores com maior precisão.

Ainda que se observe o avanço de técnicas e ferramentas para medir a produtividade, permanece a necessidade de investir em tecnologias, inovações e estudos que melhor relacionem a produtividade e os conceitos de otimização, também relacionados ao tempo e ao custo (NAOUM[8], 2016; HASAN[5] *et al.*, 2018).

Este trabalho tem o objetivo de apresentar uma aplicação do Modelo de Previsão Analítico da Produtividade para o revestimento de paredes internas com argamassa considerando as medições de produtividade vigente e viável para as equipes.

Busca-se apontar como equipes, sob as mesmas condições logísticas e executando os mesmos serviços, podem apresentar perspectivas de melhorias em suas produtividades. Tais melhorias

podem conduzir a esforços para decisões de otimização do tempo de produção, uma vez que o serviço de revestimento com argamassa constitui uma atividade crítica nos projetos de empreendimentos, sendo imprescindível seu monitoramento para a eficácia do planejamento e programação da obra.

2. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa foi o estudo de caso, cujo empreendimento selecionado foi um condomínio de 14 casas, sendo 12 unidades com área de 91,05 m² e duas unidades com área de 93,17 m². A obra em construção durante o ano de 2016 possuía três equipes de trabalho, que executavam os mesmos serviços de engenharia em unidades habitacionais diferentes.

A partir do cronograma da obra foi verificado que o tempo total disponível para a execução do revestimento de paredes internas com argamassa abrangia 9 meses do total de 20 meses do cronograma da obra.

As equipes eram compostas por 2 oficiais e 2 ajudantes. As medições de produtividade consideraram o trabalho dos oficiais. Foram consideradas as etapas de aplicação da argamassa e acabamento da camada de revestimento, não incluindo chapisco, talisca e requadros.

A coleta dos dados envolveu medições de aferição *in loco*, observações das estratégias de logística e movimentação de materiais e investigações junto ao corpo gerencial da obra. Além da coleta realizada a partir de cartões de produção para registro dos tempos por funcionário, produção e insumos, também foram disponibilizadas as planilhas de controle de frequência do Mestre de Obras responsável pelo empreendimento.

Para o estudo da produtividade das equipes, aplicou-se o Modelo de Fatores (THOMAS; YIAKOUMIS[7], 1987; SOUZA[3], 2006) que estabelece a medição diária da produtividade relacionando o esforço humano, avaliado em Homens x Hora (Hh), com a quantidade de serviço realizado, a partir do indicador RUP (Razão Unitária de Produção) estabelecido com base diária, cumulativa e potencial.

Foram consideradas as medições de produtividade vigente (atual) e viável (prognóstica) para as equipes. Para o cálculo da RUP atual foram considerados os elementos apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Elementos da coleta para RUP atual

Dia	Hh of	Área liq (m²)	RUP_d of (Hh/m²)	Hh_{cum} of	Área $líq_{cum}$ (m²)	RUP_{cum} of (Hh/m²)	RUP_{pot} of (Hh/m²)
1	Homem hora dos oficiais	Área líquida executada	RUP diária dos oficiais	Homem hora dos oficiais na base cumulativa	Área líquida executada na base cumulativa	RUP dos oficiais na base cumulativa	RUP potencial dos oficiais

Fonte: Autoria Própria

Considerando o Modelo de Previsão Analítico da Produtividade, para que a RUP_{pot} viável fosse calculada, foram levantados os fatores que interferem na produtividade do oficial e da equipe e foram feitas as estimativa da RUP_{pot} of e do ΔRUP(cum - pot) of, assim como sugere Souza[3] (2006).

Os fatores que interferem na execução do revestimento de paredes internas com argamassa são detalhados a seguir:

- As referências geométricas dizem respeito à execução prévia das taliscas e mestras, e na obra em estudo apenas as taliscas foram executadas antes do revestimento;

- O tipo de aplicação do revestimento foi do tipo manual;

- O acabamento do revestimento foi do tipo desempenado.

- A área líquida característica (A_{carac}) se refere à área de parede que mais representa o serviço executado. É um indicador calculado a partir da média ponderada das áreas dos panos executados num certo período, com relação a estas mesmas áreas, conforme a Equação (1).

$$A_{carac} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (A_{revi})^2}{\sum_{i=1}^{i=n} A_{revi}} \quad (1)$$

onde:

A_{carac} = área líquida característica do revestimento (m²);

A_{revi} = área líquida da parte i a revestir (m²);

- A quina por área executada (Ex_{quina}) é a relação entre a quantidade de quinas a serem executadas e a área líquida de revestimento.

- O número de cheias refere-se à quantidade de camadas adotadas na execução do serviço, sendo apenas uma camada adotada na obra em estudo.

A Equação (2) é proposta para a previsão da RUP pot_{of} para o serviço revestimento de paredes internas com argamassa (SOUZA[3], 2006).

$$RUP_{pot\ of_{Emb\ Int}} = 0{,}615 - 0{,}11Soma + 1{,}02Ex_{quina} - 0{,}0149A_{caract} \quad (2)$$

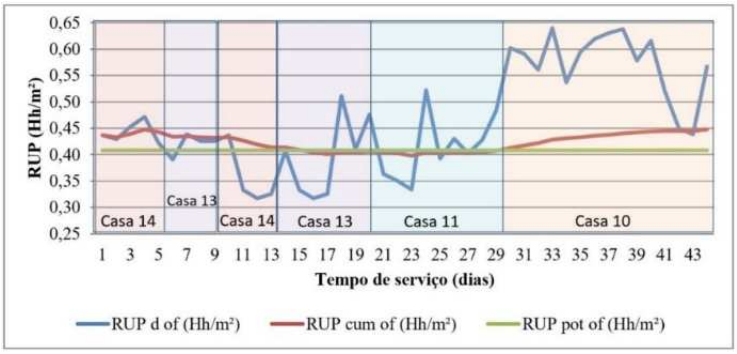
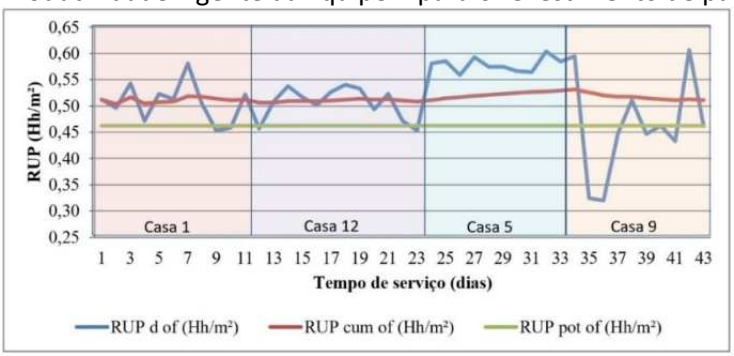
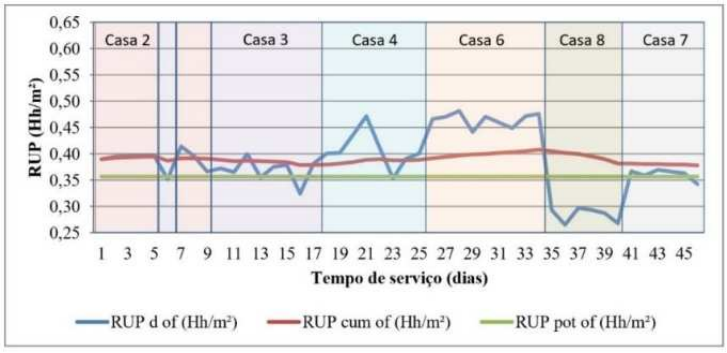
onde:

Soma = soma de quatro fatores (Tipo de acabamento, Tipo de aplicação, Quantidade de cheias, Execução prévia da referência geométrica).

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

No Quadro 2 são apresentadas as RUP_d, RUP_{cum} e RUP_{pot} vigentes dos oficiais das 3 Equipes para o revestimento de paredes internas com argamassa.

Quadro 2 – Produtividade vigente das Equipes A, B e C para o revestimento de paredes internas com argamassa

Produtividade vigente da Equipe A para o revestimento de paredes internas com argamassa  • RUP_d of variou entre 0,32 Hh/m² a 0,64 Hh/m² • RUP_{pot} of de 0,41 Hh/m² • A RUP_{cum} of não diminuiu nas últimas casas executadas pela equipe, não caracterizando o fator aprendizagem.
Produtividade vigente da Equipe B para o revestimento de paredes internas com argamassa  • RUP_d of variou entre 0,32 Hh/m² a 0,61 Hh/m² • RUP_{pot} of de 0,46 Hh/m² • RUP_{cum} of tende a uma diminuição nas últimas casas executadas pela equipe, caracterizando o fator aprendizagem.
Produtividade vigente da Equipe C para o revestimento de paredes internas com argamassa  • RUP_d of variou entre 0,26 Hh/m² a 0,48 Hh/m² • RUP_{pot} of de 0,36 Hh/m² • RUP_{cum} of também tende à diminuição nas últimas casas executadas pela equipe, caracterizando o fator aprendizagem.

Fonte: Autoria Própria

Comparando as 3 equipes, a Equipe C se destacou pela maior produtividade e aprendizado. Para o cálculo da estimativa da RUP_{pot} of viável, a partir da regressão linear proposta no

Modelo de Previsão Analítico da Produtividade, foram considerados os valores dos fatores por equipe. O fator Soma = 2 se deu pela soma dos fatores acabamento desempenado = 0, aplicação manual = 0, cheia única = 1 e execução prévia de todas as taliscas = 1. O fator A_{carac} = 7,11 m² e o fator Ex_{quina} = 0,07 também foram iguais para todas as equipes pelo fato de todas estarem trabalhando com a mesma planta arquitetônica

No Quadro 3 apresenta os valores considerados para o cálculo da RUP_{pot} of viável.

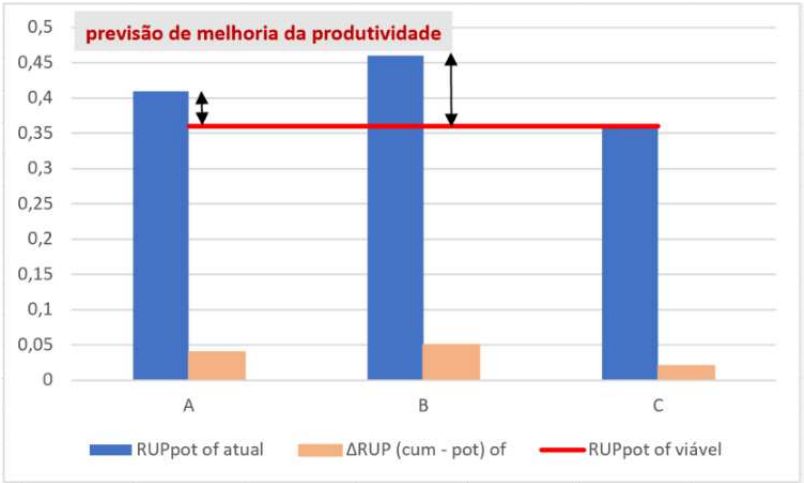
Quadro 3 – Estimativa da produtividade viável das equipes

Equipe	RUP_{pot} of atual	ΔRUP (cum - pot) of	RUP_{cum} of	Soma	A_{carac}	Ex_{quina}	RUP_{pot} of viável
A	0,41	0,04	0,45	2,00	7,11	0,07	0,36
B	0,46	0,05	0,51	2,00	7,11	0,07	0,36
C	0,36	0,02	0,38	2,00	7,11	0,07	0,36

Fonte: Autoria Própria

O gráfico da Figura 1 ilustra o comparativo dos valores de produtividade atuais e viável para as 3 equipes do estudo.

Figura 1 – Comparativo entre as equipes dos valores de produtividade atual e viável para o revestimento de paredes internas com argamassa



Fonte: Autoria Própria

Os valores de ΔRUP (cum - pot) dos oficiais indicam a tendência de melhoria entre as equipes. A equipe C obteve os melhores índices de produtividade entre as equipes. As análises indicam que o potencial vigente atingido pela Equipe C já se iguala à produtividade viável.

Comparando as equipes, percebe-se uma produtividade viável superior à atual para as equipes A e B. No caso da equipe B, o resultado do Modelo de Previsão Analítica indica uma possibilidade de melhoria de até 22% para a produtividade desta equipe.

4. CONCLUSÕES

O conhecimento da produtividade dos serviços contribui para a eficácia do planejamento e controle de empreendimentos. No caso do revestimento de paredes internas com argamassa, por constituir uma atividade crítica na grande maioria dos empreendimentos, este conhecimento torna-se primordial.

Como se depreende de sua própria definição, o aumento de uma unidade de tempo em uma atividade crítica é transmitido ao prazo do projeto. Portanto, a busca do ganho de tempo em atividades críticas pode se tornar estratégica para melhorias relacionadas ao prazo e ao custo das obras.

No presente trabalho, buscou-se apresentar o estudo das produtividades vigente e viável, por meio da aplicação do Modelo de Previsão Analítico, de modo a gerar subsídios para tomadas de decisão gerencial.

No estudo de caso apresentado, o conhecimento da produtividade vigente das equipes permitiu o conhecimento da sua eficiência, gerando informações para o controle da obra. Ao considerar que as equipes se encontravam sob idênticas condições relacionadas à logística, ao serviço em execução e aos projetos, pôde-se estabelecer um comparativo quanto a sua eficiência. A equipe C destacou-se com melhores indicadores de produtividade e consequente efeito aprendizado.

O conhecimento da produtividade viável permitiu identificar o potencial de melhoria que as equipes possuem, considerando os fatores de conteúdo (como os elementos de projeto) e os fatores de contexto (como os equipamentos relacionados à logística e ao canteiro). Os resultados confirmaram a maior eficiência da Equipe C, além da quantificação do potencial de melhoria das duas outras equipes.

Ao se considerar a produtividade viável, o prognóstico é de que a Equipe B pode ter um incremento de melhoria de sua produtividade em até 22%. Se este valor fosse extrapolado para o cronograma da obra e considerasse este ritmo para todas as casas, significaria a redução de 9 para 7 meses de execução do revestimento de paredes internas com argamassa e, consequentemente, redução de custos.

Estudos que envolvem o conhecimento da produtividade das equipes, em especial na execução de atividades críticas, como os revestimentos com argamassa, são fundamentais para direcionar esforços para decisões de otimização do tempo e custo de produção.

5. REFERÊNCIAS

1. PARAVISI, S. **Avaliação de Sistemas de Produção de Revestimentos de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa**. Porto Alegre. 2008. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

2. BRANDSTETTER, M. C. G. O.; CARASEK, H.; SIQUEIRA, R. Analysing the logistics impact on the cost composition of a mechanised spraying process of rendering mortar. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 107-132, 2018.

3. SOUZA, U. E. L. **Como Aumentar a Eficiência da Mão de Obra:** manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006.

4. ALAGHBARI, W.; AL-SAKKAF, A. A.; SULTAN, B. Factors affecting construction labour productivity in Yemen. **International Journal of Construction Management**, v. 19, n. 1, p. 79-91, 2019.

5. HASAN, A.; BAROUDI, B.; ELMUALIM, A.; RAMEEZDEEN, R. Factors affecting construction productivity: a 30 year systematic review. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 25, n. 7, p. 916-937, 2018.

6. MANI, N.; KISI, K. P.; ROJAS, E. M.; FOSTER, E. T. Estimating Construction Labor Productivity Frontier: Pilot Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 10, p. 04017077, 2017.

7. THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor Model of Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 4, p. 623-638, 1987.

8. NAOUM, S. G. Factors influencing labor productivity on construction sites: A state-of-the-art literature review and a survey. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 3, p. 401-421, 2016.