



ISBN: 978-85-67169-04-0

SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA LOGÍSTICA DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS ARGAMASSAS EM CANTEIROS DE OBRA

**SOARES, Bruno R. (1); BRANDSTETTER, Maria Carolina G. O. (2);
CARASEK, Helena (3); MELLO, Ana C. J. (4); COUTINHO, Leonardo R. S. (5)**

(1) Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção, Universidade Federal de Goiás, telefone (62) 3209-6099, e-mail: eng.brunors@gmail.com (2) UFG, e-mail: maria.carolina@uol.com.br, (3) UFG, e-mail: hcarasek@gmail.com (4) UFG, e-mail: anacjmello@gmail.com (5) UFG, e-mail: leonardolrsc@hotmail.com

RESUMO

No cenário de tecnologias inovadoras, as argamassas industrializadas propõem o aumento da produtividade e qualidade dos processos de produção e distribuição nos canteiros. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o impacto da escolha logística na produtividade e qualidade de dois sistemas produtivos de argamassa, o tradicional com produção no canteiro e o sistema de mistura de argamassa industrializada. Foi realizado um estudo em duas obras com os dois sistemas, avaliados por meio do ensaio de penetração de cone, de forma a medir indiretamente a qualidade por meio da perda ao longo do tempo da trabalhabilidade de ambas, o mapeamento logístico por meio de diagramas de fluxos físicos e o cálculo da produtividade da mão de obra. Entre os resultados, a obra com o sistema tradicional teve perda média de 21% em relação à consistência inicial, em comparação à perda de 39% da obra com argamassa industrializada. Estes resultados foram mais fortemente relacionados ao curto intervalo de tempo dos ciclos. A pesquisa apontou que não basta implementar na obra um novo sistema logístico para a produção de argamassa, caso este não venha acompanhado de um adequado e eficiente planejamento e estudo dos ciclos produtivos de modo a evitar as anormalidades no processo.

Palavras-chave: Logística, Produtividade, Argamassa.

ABSTRACT

Considering the innovative technologies, industrialized mortars propose increasing the productivity and quality of production and distribution processes in the works. The objective of this research was to evaluate the impact of the choice logistics, productivity and quality of two productive mortar systems, the traditional with the production site and the mortar mixing system industrialized. A study was conducted considering the two systems, measured by the cone penetration test was performed in order to indirectly measure the quality through the loss of workability, the logistic map by means of flow diagrams and team productivity. Among the results of the work with the traditional system had an average loss of 21% compared to the initial consistency, in comparison to the loss of 39% of the industrialized work with mortar. These results were related to the short cycle time interval. The survey showed that not just implement a new logistics system for the production of mortar, if it come not accompanied by a proper and efficient planning and study of the production cycle in order to avoid failures in the process.

Keywords: Logistics, Productivity, Mortar.

1 INTRODUÇÃO

Para sobreviver a um cenário de crescente aumento da competitividade entre as empresas, a indústria da construção civil tem buscado métodos que poupem materiais e processos mais eficientes, que possam reduzir as perdas e potencializar os lucros. Um

exemplo destes processos está no emprego de argamassas industrializadas, que apontam para processos mais produtivos, gerando redução de espaços no canteiro e da mão de obra para obtenção do produto final. Além disso, a utilização da argamassa industrializada transfere a responsabilidade da qualidade das suas matérias primas para o fabricante. No entanto, boa parte das empresas que adotam esta argamassa ainda usam métodos tradicionais de mistura, com betoneira de grande volume, instalada em uma central no canteiro de obras. Desta forma, desperdiçam grande parte do potencial da melhoria da logística e qualidade que poderiam ser proporcionadas por esse material.

Alguns estudos atestam diversas vantagens, no que tange à tecnologia da argamassa industrializada em relação à argamassa tradicional. Apesar de ser difícil apropriar e mensurar as vantagens logísticas de produção da industrialização da construção civil de edifícios, principalmente por serem específicas de cada caso, envolvendo um alto grau de criatividade e experiência técnica, a argamassa industrializada ensacada é claramente sinônimo de racionalização da produção de edifícios (RIBAS, CARVALHO JÚNIOR, 2007). No entanto, Regattieri e Silva (2015) afirmam que ainda há um déficit de estudos quanto à produtividade, desde o recebimento dos materiais até a aplicação da argamassa.

Assim, para atingir maior eficiência no sistema de gestão da empresa, pode-se optar pela implementação de novas tecnologias, novo sistema logístico ou a associação entre eles. É preciso se atentar para a gestão dos fluxos físicos e dos fluxos de informações ligados à execução de atividades, no canteiro de obras. Segundo Alves (2000) a gestão dos fluxos físicos deve ser realizada em consonância com os diferentes níveis do Planejamento e Controle da Produção. Esta visão corrobora com a filosofia de produção enxuta que preconiza a eficiência nos processos de produção (KOSKELA, 1992).

Dessa maneira, serviços que necessitam de argamassa são responsáveis por grande parte do fluxo de pessoas e material dentro de uma obra. Estas movimentações, quando ocorrem de forma desordenada, implicam em custos adicionais e atrasos em diversas etapas construtivas, incluindo a maior geração de resíduos. A logística integrada mostrou-se bastante eficiente no combate a estes problemas, pois atua de forma a racionalizar os estoques, transportando-os e posicionando-os no momento e lugar certo, ao longo da cadeia de suprimentos (RIBAS, 2008; TISCHER *et al.*, 2014).

As argamassas industrializadas são exemplos de materiais que possibilitaram a logística integrada na construção civil, pois causam menos interferência nos demais serviços, quando comparadas às argamassas tradicionais. Elas necessitam, por exemplo, dos elevadores cremalheiras, em momentos diferentes dos demais serviços (em geral, após o expediente normal), permitindo maior disponibilização do elevador para o transporte de outros materiais e funcionários.

Apesar de ser cada vez mais intensa a utilização de argamassa industrializada observada no mercado, poucos estudos, como os de Ribas (2008), Nascimento, Lima e Brasileiro (2010) e Silva (2012) foram desenvolvidos a respeito desse assunto. Portanto, avaliar o impacto dessa substituição é de grande importância para o mercado, mostrando as vantagens e desvantagens de cada método e os impactos econômicos, tecnológicos e logísticos obtidos.

Este trabalho visa avaliar o impacto do processo logístico na qualidade e na produtividade das argamassas produzidas pelo método tradicional de mistura com betoneira em central e o de mistura com argamassadeiras distribuídas no pavimento, buscando atender esta lacuna do conhecimento da gestão da produção no âmbito da construção.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada com base em estudos de casos realizados em duas obras de edificações. Os estudos de casos visaram à análise de dois processos de mistura de argamassa, o método tradicional, com a utilização de betoneira, e o método com a utilização de argamassadeiras e o emprego de argamassa industrializada. Apesar da pesquisa ter sido realizada em obras distintas, os métodos para obtenção dos dados foram os mesmos. Foram levantadas as vantagens, desvantagens e dificuldades em cada um dos tipos logísticos empregado, considerando insumos, equipamento e mão de obra.

A escolha dos casos foi condicionada ao atendimento dos pressupostos da pesquisa: possuir os dois sistemas de produção para medição dos parâmetros propostos, além da permissão para a coleta dos dados. Segue a caracterização dos casos na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos casos estudados

Obra A – Hospital Universitário	Obra B – Residencial/Comercial
	
<p>20 pavimentos, sendo 2 subsolos, térreo, mezanino, 16 pavimentos destinados a diferentes tipos de procedimentos hospitalares</p>	<p>Duas torres: o estudo de caso ocorreu na Torre 2 com 37 pavimentos, 3 subsolos, térreo, mezanino, 30 pavimentos tipos, ático e cobertura</p>
<p>A argamassa é preparada em obra, no traço 1:6 (cimento e areia, em volume) com aditivo plastificante (100 ml por saco de cimento). Não existe um controle rigoroso da quantidade de água de amassamento, sendo ajustada com base na trabalhabilidade.</p> <p>O sistema de mistura de argamassa é o tradicional, rodada numa central de preparo com betoneira, localizada no 2º Subsolo. Seu transporte por meio de um único elevador (prancha) existente na obra.</p>	<p>A argamassa é industrializada do tipo múltiplo uso, sendo controlada a quantidade de água (6,5 litros de água para dois sacos (de 40 kg) de argamassa)</p> <p>O sistema de mistura é realizado por argamassadeiras distribuídas nos pavimentos e a distribuição da argamassa ensacada feita por um dos dois elevadores cremalheira.</p>

Os processos foram analisados segundo os critérios: determinação da consistência da argamassa (obtida a partir do ensaio de penetração do cone), mapeamento logístico por diagramas de fluxo e produtividade da mão de obra.

Para a determinação da consistência foi utilizado o método da ASTM C 780 (ASTM, 2012). A consistência das argamassas foi verificada em três diferentes momentos: (1) ao final do processo de mistura, (2) ao chegar ao ponto de aplicação e (3) ao último volume de argamassa utilizado. Quanto à qualidade, interessam duas medidas de tempo: (1) tempo transcorrido entre o final do processo de mistura e a chegada da argamassa ao ponto de aplicação e (2) tempo necessário à utilização de toda argamassa produzida em

cada traço. Foram realizados 3 ensaios de penetração do cone para cada uma das 7 amostras analisadas por obra.

Para a realização do mapeamento logístico, foi utilizado o diagrama de fluxo para identificação de fontes de problemas na sequência de processos do revestimento de argamassa – processamento, inspeção, transporte, armazenamento, esperas do processo e esperas do lote. Após o mapeamento do fluxograma dos dois tipos de mistura de argamassa, iniciou-se a coleta da produtividade das equipes de mão de obra. Para cada obra foi considerada uma equipe direta responsável pelo revestimento de argamassa, abrangendo no mínimo quinze dias de coleta. Não foi considerada a equipe de apoio em ambos os casos. A produtividade foi analisada segundo o Modelo dos Fatores (THOMAS; YIAKOUMIS, 1987; SOUZA, 2006) que estabelece a medição diária da produtividade a partir de um indicador RUP (Razão Unitária de Produção) estabelecido com base diária, cumulativa e potencial. A análise dos dados também considerou a perda de produtividade de mão de obra (PPMO) que é um indicador para análise de fatores associados à gestão.

3 ANÁLISE DOS DADOS

A seguir, são analisados o impacto da escolha logística na qualidade e produtividade de dois processos produtivos de argamassas com diferentes soluções logísticas.

3.1 Análise do impacto dos processos logísticos na qualidade das argamassas

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos de consistência, pelo ensaio de penetração do cone, nas amostras das argamassas das obras A e B. Na Figura 1 está a representação gráfica desses resultados.

Na Obra A o tempo médio entre a mistura e aplicação do volume final de argamassa (ciclo) produzido em cada lote misturado foi de 11 minutos. Apesar desse tempo ser curto e não ser suficiente para que se inicie a pega do cimento, há contudo o enrijecimento gradual da mistura devido à perda contínua de água, o que pode ser constatado pela gradual redução da penetração do cone. A perda média de fluidez (em relação à consistência inicial), ao final do ciclo foi de 21%, que pode ser visualizado nas altas declividades das linhas de tendência de cada uma das amostras (Figura 1(a)). Apesar de não haver um controle rigoroso da água de amassamento dessa argamassa, nota-se que não ocorreu uma grande dispersão dos valores de consistência inicial (e também final) entre as diferentes amostras ensaiadas.

Na Obra B, o tempo médio de cada ciclo produzido de argamassa é de 41 minutos. O tempo de mistura varia entre 10 e 22 minutos, indicando a falta de controle no processo, sendo este fato discrepante com os objetivos da tecnologia implantada – argamassa industrializada com argamassadeira nos pavimentos. Este alto tempo de mistura é justificado, em parte, pela necessidade de homogeneização da grande quantidade de argamassa preparada por vez, até 260 kg. Salienta-se que este tempo de mistura pode levar a uma alta incorporação de ar (que não foi medida nesta pesquisa); conforme Alves (2002) o teor de ar incorporado é diretamente proporcional ao tempo de mistura da argamassa e altos teores de ar podem comprometer o desempenho dos revestimentos. A argamassadeira utilizada misturava de 11 a 13 sacos de 20 kg por vez, e sua produção era destinada a abastecer somente uma equipe com 3 pedreiros, o que tornava o ciclo demasiadamente longo. A Figura 1(b) ilustra os resultados do ensaio para a Obra B. A perda de fluidez ocorre devido à evaporação de parte da água de amassamento em função do tempo decorrido entre a mistura e o término da utilização.

As Figuras 2 e 3 evidenciam alguns dos locais pelos quais a argamassa passa até chegar ao final do ciclo na Obra A. A Figura 4 ilustra a central de mistura da argamassa no pavimento na Obra B.

Figura 1 - Resultados obtidos do ensaio de penetração do cone para a Obra A (a) e B (b)

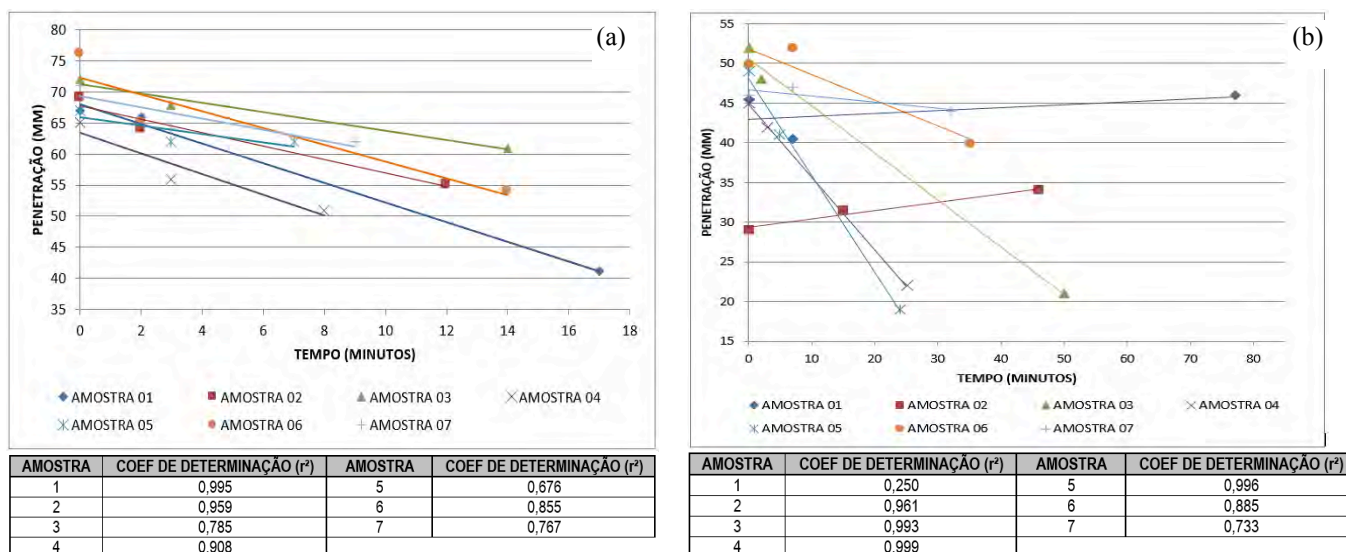


Figura 2 – Obra A – Argamassa após a mistura na betoneira



Figura 3 – Obra A - Chegada da argamassa no pavimento



Figura 4 – Processo de mistura na obra B



Na Obra A, as giricas eram utilizadas no transporte da argamassa desde a betoneira até o pavimento em que ela era efetivamente utilizada. Após chegar ao pavimento era depositada diretamente sobre a laje ou pranchas de madeira e, em uma etapa posterior, um volume menor de argamassa era transportado em carrinho-de-mão e ainda depositado sobre os andaimes ou em masseiros. Observa-se que, para completar o ciclo, a argamassa entrou em contato com diversas superfícies absorventes, removendo água da argamassa (por sucção) causando, desta forma, impacto na fluidez, apesar do curto intervalo de tempo entre a mistura e a completa utilização da argamassa.

Na Obra B, observou-se um aumento gradativo do coeficiente de variação (CV) das determinações de penetração do cone ao longo do tempo. A última determinação (após em média 41 minutos) chegou a um CV de 40%, enquanto as determinações logo após a mistura tiveram um CV de apenas 6%. Isto indica que o enrijecimento comportou-se de forma irregular com o decorrer do ciclo. Dessa forma, esse coeficiente deixa claro que

quanto maior for este ciclo, mais disparidades de comportamento o trabalhador vai encontrar ao utilizar a argamassa.

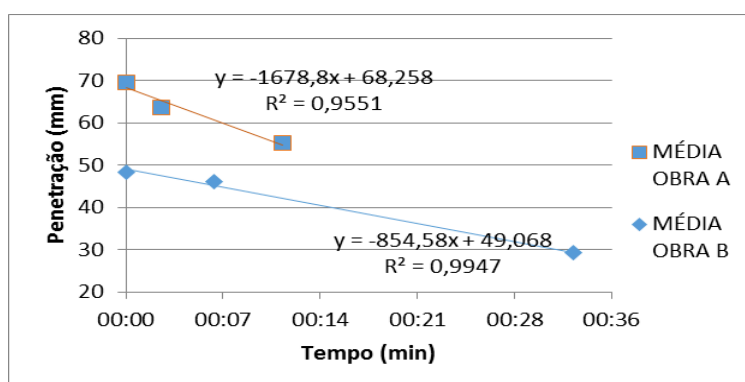
A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos do ensaio de penetração do cone das obras A e B. A Figura 5 mostra as retas resultantes dos valores médios, tanto de tempo quanto de penetração, nos três momentos analisados.

Tabela 2 - Planilha dos resultados obtidos do ensaio de penetração do cone

ENSAIO DO CONE - OBRA A				
AMOSTRAS	PENETRAÇÃO (mm) 1ª etapa	PENETRAÇÃO (mm) 2ª etapa	PENETRAÇÃO (mm) 3ª etapa	Perda da fluidez em relação a consistência inicial (%)
1ª AMOSTRA	67	66	41	39
2ª AMOSTRA	69	64	55	20
3ª AMOSTRA	72	68	61	15
4ª AMOSTRA	65	56	51	22
5ª AMOSTRA	67	62	62	7
6ª AMOSTRA	76	65	54	29
7ª AMOSTRA	71	64	62	13
<i>Média</i>	69,6	63,6	55,1	21
<i>Desv. Padrão</i>	3,7	3,8	7,6	10,5
<i>Coef. Variação</i>	5%	6%	14%	51

ENSAIO DO CONE - OBRA B				
AMOSTRAS	PENETRAÇÃO (mm) 1ª etapa	PENETRAÇÃO (mm) 2ª etapa	PENETRAÇÃO (mm) 3ª etapa	Perda da fluidez em relação a consistência inicial (%)
1ª AMOSTRA	45,5	40,5	46	-1
2ª AMOSTRA	29	31,5	34	-17
3ª AMOSTRA	52	48	21	60
4ª AMOSTRA	45	42	22	51
5ª AMOSTRA	49	41	19	61
6ª AMOSTRA	50	52	40	20
7ª AMOSTRA	46	47	44	4
<i>Média</i>	48,4	46	29,2	39,3
<i>Desv. Padrão</i>	2,9	4,5	11,8	25,6
<i>Coef. Variação</i>	6%	10%	40%	65%

Figura 5 - Médias dos resultados de consistência medida pela penetração do cone



É possível perceber que ambas as retas são decrescentes, o que evidencia o enrijecimento das argamassas preparada em obra (Obra A) e industrializada (Obra B), ao longo do tempo, porém verifica-se que a perda de trabalhabilidade para a primeira é bem mais intensa do que para a segunda.

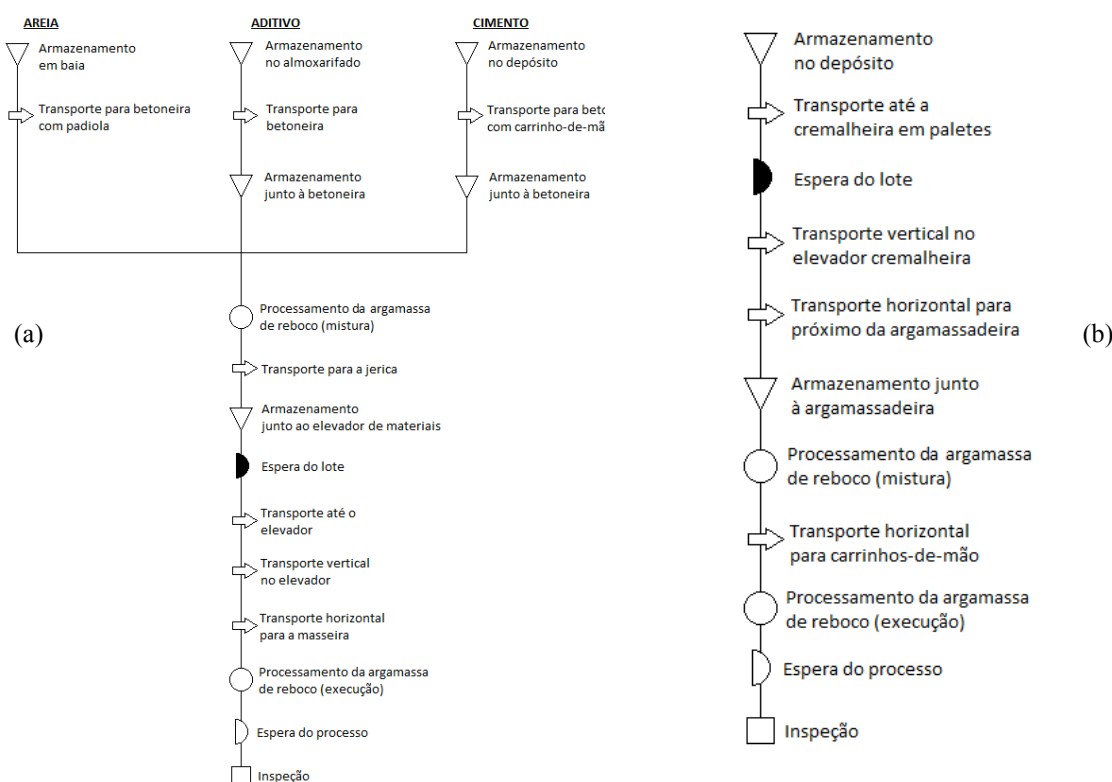
Esse comportamento se justifica por características intrínsecas à composição do material e também às condições nas quais os produtos são expostos. No caso da Obra A, a

argamassa é transportada e armazenada em locais absorventes (diretamente sobre a laje, em masseiras de madeira ou ainda sobre as tábuas dos andaimes), além de apresentar alto teor de água de amassamento, o que acarreta em maior perda de trabalhabilidade devido à fácil evaporação. A Obra B, por utilizar argamassa industrializada, que possui em sua composição aditivos retentores de água e incorporadores de ar, o que exige menor quantidade de água, mantém a trabalhabilidade por mais tempo. Além disso, para transporte e armazenamento dessa argamassa são utilizados masseiros de plástico (material não absorvente) e que, por sua geometria, deixa pouca área exposta ao ambiente para evaporação da água.

3.2 Análise da logística e produtividade

Os fluxos físicos do processo de revestimento interno de argamassa tradicional da Obra A e da argamassa industrializada da Obra B são apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Fluxos físicos do processo de revestimento interno de argamassa na Obra A (a) e Obra B (b)

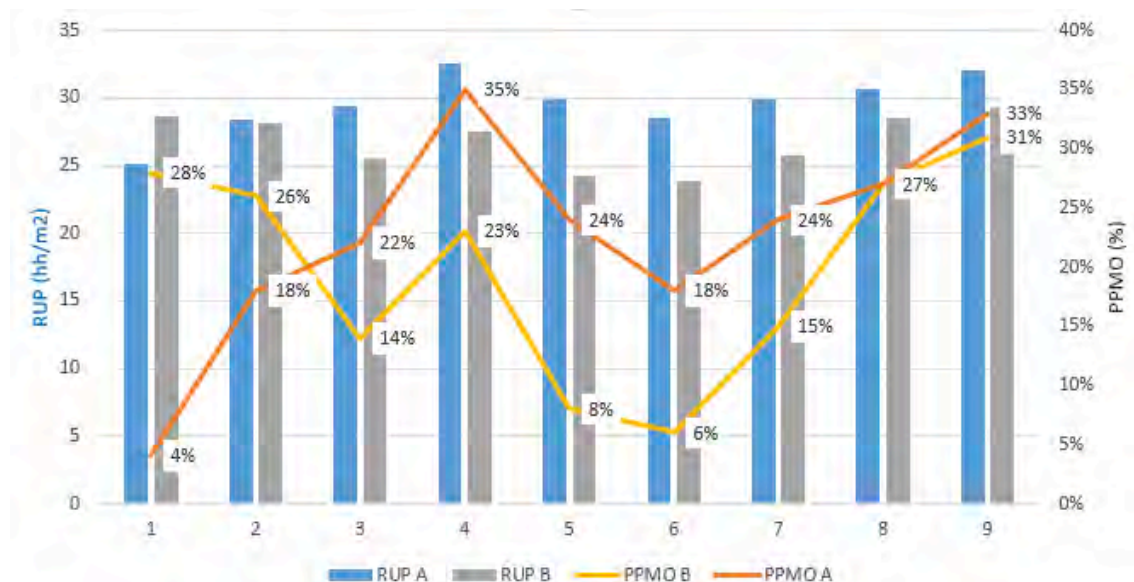


Na obra A atividade de transporte vertical era a que proporcionava perda na produtividade, devido ao número de outros serviços que a prancha tinha que atender. Na Obra B o posicionamento da estocagem próximo à cremalheira e do armazenamento próximo à argamassadeira agiliza o processo de distribuição e produção da argamassa. Entretanto, o acondicionamento da argamassa já misturada em um masseiro grande e a maneira de distribuição final da argamassa torna o sistema ineficiente, aumentando as perdas de argamassa e causando atrasos no abastecimento.

Analisando o fluxo físico e o layout das duas obras, conclui-se que o processo de distribuição da argamassa industrializada tem potencial para ser mais eficiente do que o processo tradicional, pelo fato de possuir menor quantidade de elementos que envolvem o processo e pela flexibilidade de distribuição da argamassa ensacada. Assim, reduzindo a possibilidade de interferência por outros serviços no sistema industrializado.

No entanto, se não planejado e controlado o sistema como um todo pode se tornar ineficiente, como na Obra B, onde o abastecimento de argamassa ensacada até a cobertura é satisfatório, porém, a distribuição final da argamassa já misturada não satisfaz o fornecimento adequado para as frentes de serviço. O gráfico da Figura 7 ilustra o comparativo entre os indicadores de produtividade (RUP cumulativa) e o percentual de perda de produtividade da mão de obra (PPMO) para ambos os casos.

Figura 7 – Gráfico das RUP's cumulativa e PPMO para os dois estudos de caso



A equipe da Obra A sofreu influência pela distribuição deficitária de argamassa devido ao intenso uso da prancha para transporte vertical. A equipe da Obra B teve prejuízo por problemas de falta de abastecimento de água, paradas para instalação de andaimes e manutenção da cremalheira.

Com a análise da PPMO dos dois processos de distribuição de argamassa, percebe-se que a Obra A possui uma variabilidade que era esperada, devido ao processo tradicional envolver diversos elementos, e ser mais facilmente influenciado por outros tipos de serviço. Na Obra B, onde há o processo de produção e distribuição da argamassa industrializada, percebe-se que não ocorreu como esperado. A variabilidade da PPMO aconteceu devido a anormalidades que não foram controladas pela gestão. Ressaltando que não adianta um processo inovador e enxuto, se este não vier acompanhado de adequadas condições e do planejamento necessário.

4 CONCLUSÕES

Como principais conclusões tem-se que o tipo de argamassa bem como a logística de mistura e distribuição dessa argamassa na obra influenciam na perda de consistência da argamassa ao longo do tempo (medida pelo ensaio de penetração do cone) e, conseqüentemente, na qualidade final das argamassas e dos revestimentos.

Quanto ao tipo de argamassa, observou-se, neste trabalho, que a argamassa industrializada, por ter em sua composição aditivos que ajudam na retenção de água da argamassa, tem uma velocidade menor de perda de consistência longo do tempo. Este aspecto é positivo, pois pode garantir a qualidade da argamassa por um maior tempo.

Em relação aos aspectos logísticos, os resultados permitiram concluir que o processo de mistura com argamassadeira reflete num melhor posicionamento e menor quantidade de elementos que envolvem a produção e distribuição da argamassa industrializada, caracterizando um sistema mais enxuto, quando comparado ao processo da argamassa tradicional. O sistema da argamassa industrializada fornece maior condição no abastecimento até os pavimentos superiores, já que é preciso apenas certo período do dia para o abastecimento. No entanto, a falta de controle no processo prejudica a distribuição e produção de argamassa.

A variabilidade na produtividade da execução de argamassa tradicional foi confirmada, como já evidenciado em outros estudos. No sistema da argamassa industrializada, a constância e a aproximação da produtividade da equipe com a meta, PPMO, não foram confirmadas como previsto. Ressaltando que não adianta possuir um sistema inovador e enxuto se não houver condições satisfatórias para atingir sua potencialidade, ou seja, há a necessidade de planejamento e controle de maneira a evitar as anormalidades no processo. Os resultados obtidos no ensaio de penetração do cone, mostraram que a Obra A teve perda média da fluidez de 21% em relação à consistência inicial, enquanto que a Obra B apresentou 39%. Entretanto, ao plotar o gráfico das médias para as obras, percebe-se que a Obra A apresenta perda de fluidez mais acelerada.

Esses resultados evidenciam que a simples implantação de um sistema logístico não é garantia de bons resultados, se não forem oferecidas condições satisfatórias para atingir a potencialidade da estratégia de produção escolhida pela gerência.

REFERÊNCIAS

- ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Brasília. 2002. 175 f. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- ALVES, T.C.L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras proposta baseada em estudos de caso**. 2000. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Standard test method for preconstruction and construction evaluation of mortars for plain and reinforced unit masonry – **ASTM C 780**. Philadelphia, 2012.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford Center for Facility Engineering, TECHNICAL REPORT 72, 1992, 75p.
- NASCIMENTO, L. P.; LIMA, V. A. N. B. O.; BRASILEIRO, G. A. M. **Uso de argamassa industrializada e de argamassa produzida em obra no município de Aracaju**. Disponível em: <http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1177/691>>. Acesso em: 01 de maio de 2015.
- REGATTIERI, C. E.; SILVA, L. L. R. **Ganhos potenciais na utilização da argamassa industrializada**. Disponível em: <<http://www.abai.org.br>>. Acesso em: 01 de maio de 2015.
- RIBAS, L.C. **Argamassa Industrializada em Sacos Versus Argamassa Produzida no Canteiro de Obra: Logística, Custo e Desempenho do Material Aplicado**. 2008. 162p. Mestrado em Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- RIBAS, L. C.; CARVALHO JÚNIOR, A. N. de. **Ganhos no potencial produtivo através da substituição de argamassa de revestimento rodada em obra por industrializada em sacos**. XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), Foz do Iguaçu-PR, 2007.
- SILVA, G. L. de A.; **Estudo comparativo Argamassa Industrializada x Virada na obra**. EGR Empresa Goiana de Representações Ltda / Precon Industrial AS, 2012.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: Manual de Gestão da Produtividade na Construção Civil**. 1. Ed. São Paulo: Editora Pini, 2006, 122 p.

THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, 113, 4, 1987, 623-638.

TISCHER, A.; BOER, E. D.; W., I.; CURRAN, T. Industrial network design by improving construction logistics. **Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management (Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management)**, 2014, Vol.167 (2), pp.82-94.