

Análise da distribuição de equipes de trabalho na construção civil: estudo de caso

Analysis of the distribution of work teams in construction: a case study

Vanessa Ribeiro Campos

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo – USP, Docente e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE [Brasil]
vanessa.campos@ufc.br

Manuel Feitosa Azevedo

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará – UFC, Coordenador de Planejamento da Magis Incorporações, Fortaleza, CE [Brasil]

Resumo

A construção de edifícios é caracterizada pelos altos custos envolvidos, com limitações de recursos financeiros. Assim, torna-se eminente a análise do processo de planejamento e controle da produção. É importante garantir uma metodologia eficiente de planejamento da produção com bom aproveitamento dos recursos utilizados. A Linha de Balanço permite aprimorar a programação de obras e possibilita uma melhor visualização de todas as atividades, assim, é possível garantir a continuidade do fluxo de trabalho. Realizou-se um estudo de caso em uma edificação de múltiplos pavimentos com o objetivo de analisar a produção e a distribuição de equipes de trabalho utilizando a técnica Linha de Balanço e fluxogramas. Os resultados apontaram que houve fluxo contínuo de atividades e melhor aproveitamento da mão de obra com o planejamento proposto. As ferramentas de pesquisa permitiram a alocação eficiente das equipes de trabalho de forma a evitar descontinuidade no sistema de produção da edificação analisada.

Palavras-chave: Edificações. Planejamento da produção, Linha de Balanço.

Abstract

The construction of buildings is characterized by high costs and limited financial resources; therefore, it is imperative to analyze planning and production control processes. It is important to guarantee an efficient methodology of production planning to ensure the effective use of resources. Line balancing allows the improvement of work schedules and a better visualization of all activities, thus ensuring workflow continuity. We conducted a case study in a building with multiple stories in order to analyze the production and the distribution of work teams using the line balancing method and flowcharts. The results showed there was a continuous flux of activities and better use of manpower with the proposed planning. The search tools allowed an efficient allocation of work teams in order to avoid discontinuity in the analyzed building.

Key words: Buildings. Line balancing. Production planning.

1 Introdução

A construção civil pode ser considerada como um setor estratégico no panorama socioeconômico de um país, uma vez que provê obras de infraestrutura e edificações que movimentam diversos setores da economia. Em decorrência, o subsetor de edificações é responsável direto pela geração de empregos e tem valor significativo para a garantia qualidade de vida da população no que se refere à habitação. Os altos custos, as limitações de recursos financeiros, assim como a busca contínua pela melhoria no atendimento das necessidades dos clientes finais tornam imprescindíveis melhorias no setor.

Apesar da sua importância, em geral, não se percebe um planejamento adequado na construção civil. Na visão de Vieira (2006), o foco dos construtores no Brasil está direcionado basicamente para as especificações técnicas do projeto estrutural e arquitetônico, assim como para as questões relacionadas com o *marketing* do produto. Em muitas situações, são negligenciados os aspectos essenciais, tais como tecnologia, qualificação e produtividade de mão de obra, e isso gera descumprimento de prazos, improvisação, retrabalhos, perdas e desperdícios. Em consequência, o planejamento e controle na construção civil é realizado de forma ineficaz e ocasiona custos superiores aos orçados.

Formoso (2001) define o planejamento na construção como sendo um processo gerencial em que se estabelecem os objetivos e se determinam os procedimentos necessários para alcançá-los, sendo eficaz somente quando são instituídas as ferramentas de controle. Afirma-se que o planejamento das atividades é feito de forma empírica e simplificada, e os coordenadores de projeto deixam de usar técnicas mais apuradas para o sequenciamento e controle de atividades. Thomas e Sudhakumar (2014) elencam fatores que compro-

metem o planejamento, entre outros, estão: problemas de comunicação, falhas na programação das atividades e excesso de horas-extras.

Em edificações, a maioria dos processos e procedimentos concentra-se pela união de muitas tarefas, processos e requisitos e possui uma excessiva variedade de fatores e aspectos que devem ser levados em consideração. Portanto, é fundamental utilizar um mecanismo apropriado capaz de representar esse cenário complexo (JATO-ESPINO et al., 2014). As técnicas gráficas orientadas pelo tempo, como o Gráfico de Gantt e as redes de precedência, facilitam a programação de obras na construção civil. Essas ferramentas propiciam um sistema integrado entre o planejamento e o processo produtivo. Todavia, direcionar o planejamento apenas para essas ferramentas pode gerar uma visão limitada na programação dos serviços.

Surgem algumas críticas associadas ao uso dessas ferramentas. O gráfico de barras, por exemplo, é de simples visualização, no entanto, as informações são direcionadas somente para o cumprimento de prazos. Com efeito, a programação torna-se influenciada pelo desejo em cumprir as datas estabelecidas, o gráfico não mostra as interdependências que controlam o andamento do projeto (O'BRIEN; PLOTNICK, 2006). Quanto ao uso de técnicas PERT/CPM, o controle do projeto está concentrado no caminho crítico. À medida que o projeto avança, algumas atividades que não fazem parte do caminho crítico podem ser negligenciadas, resultando no atraso do projeto como um todo (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

A Linha de Balanço (Line of Balance – LOB) surge como apoio para programação de obras em que há atividades repetitivas. A LOB propicia a análise do ritmo da produção, auxilia no dimensionamento de equipes de trabalho e fornece informações de produtividade. Isto é feito de maneira clara por meio de um gráfico em que pela inclinação

dos serviços são estudados os ritmos de trabalho. Assim, é possível buscar uma melhor distribuição das equipes de produção pelo balanceamento, o que tende a apurar o resultado final do empreendimento em função de tempo e custo, com a finalidade de potencializar a produtividade das equipes.

Liker (2004) diz que o fluxo contínuo das equipes de produção traz benefícios, tais como aumento da produtividade; identificação das ociosidades e sobrecargas de trabalho nas atividades e redução no custo dos estoques. O planejamento deve dar continuidade aos fluxos de trabalho a fim de obter um melhor resultado final. Ballard (2000) diz que, em construção, dividir a produção pela partição dos serviços é imprescindível para auxiliar na atribuição de responsabilidade nas equipes de trabalho e garante que os processos sejam controlados em relação a compromissos de escopo, orçamento e cronograma da obra.

Assim, o objetivo neste estudo foi analisar a distribuição das equipes de trabalho com o auxílio da Linha de Balanço. A programação da obra é vista de forma minuciosa para garantir o melhor aproveitamento dos recursos. Para isso, foram elaborados gráficos e histogramas com a visualização do número de equipes pelo tempo de execução da obra. No final, apresenta-se o comparativo entre o planejamento inicial da construtora e um cenário proposto como melhorias a serem implementadas referentes à distribuição de mão de obra.

2 Planejamento na construção com a Linha de Balanço

2.1 Planejamento na construção civil

No geral, planejar um empreendimento de construção civil é uma tarefa complexa, pois depende de diversos fatores, como, por exemplo, a disponibilidade de mão de obra, os fatores climá-

ticos, a produtividade e as perdas de materiais. Na visão de Ballard (2000), o planejamento e controle são as funções básicas dos sistemas de gerenciamento da produção. No planejamento, têm-se as metas no qual se define a sequência de eventos que são necessários para atingi-las, já o controle da produção aproxima os eventos para a sequência desejada.

Podem-se destacar três elementos essenciais no planejamento de projetos de construção civil: tempo, custo e qualidade. Esses três conceitos estão intrinsecamente ligados com a produtividade do trabalho. A avaliação e o acompanhamento da produtividade de equipes de trabalho garantem a eficácia dos elementos citados acima (ULUBEYLI; KAZAZ; ER, 2014).

Formoso (2001) argumenta que a deficiência no planejamento e a falta de controle da produção estão entre os principais motivos da baixa produtividade do setor, das elevadas perdas e da baixa qualidade dos produtos. Ainda, segundo esses autores, sendo o custo do planejamento e controle da produção relativamente baixo, muitos profissionais não possuem a consciência da importância deste planejamento, sendo poucas as empresas que estruturam bem esses processos.

Os cinco elementos principais do Last Planner (BALLARD, 2000), quando colocados em prática, podem trazer benefícios para o exercício da construção, suas características são apresentadas na sequência (KOSKELA; STRATTON; KOSKENVESA, 2010).

- a) Master Plan – é um plano geral no qual se identifica os pacotes de trabalho para todo o projeto, mostrando as principais atividades, suas durações e sequência de execução.
- b) Phase Planning – é a divisão do Master Plan em várias fases, buscando o desenvolvimento de planos de trabalhos mais detalhados.

Funciona como ligação entre o Master Plan e o Look ahead Planning.

- c) Look ahead Planning – tem atenção na administração do que deve acontecer em um determinado momento no futuro e incentiva as ações no presente que permitam que esses acontecimentos ocorram conforme o esperado.
- d) Weekly Work Plan – é um planejamento de tarefas de produção feito e acordado em reuniões semanais.
- e) Percent Plan Completed (PPC) e análise de não conformidades – trata-se de melhorar o planejamento por meio de avaliações contínuas e nas quais se busca aprender com os fracassos.

Dentre os níveis de planejamento (estratégico, tático e operacional), segundo Formoso (2001), o planejamento de longo prazo consiste no primeiro planejamento de nível estratégico em que são definidos os ritmos de produção.

Bertelsen et al. (2006) desenvolveram o Quadro 1 que mostra os níveis de decisão pelo horizonte de planejamento conforme as técnicas de planejamento e controle da produção. Observa-se que não há apenas um método capaz de gerir todos os fluxos de produção. A técnica do caminho crítico está ligada ao nível estratégico de produção e deve ser utilizada na fase inicial do projeto.

Já a Linha de Balanço, presente no nível tático, é utilizada para gerir o fluxo no local de trabalho. Os gerentes de construção devem alocar o método de planejamento e controle propício para a situação específica, de acordo com a fase de projeto (BERTELSEN et al., 2006).

2.2 Programação da produção com a Linha de Balanço

A técnica LOB tem sua origem na década de 1940 pela Goodyear, foi aplicada pela Marinha dos Norte Americana, durante a Segunda Guerra Mundial para a programação e o controle para os projetos (JOHNSTON, 1981). Na construção, sua aplicação ocorreu no Reino Unido pela National Building Agency para projetos habitacionais repetitivos (HENRICH; TILLEY; KOSKELA, 2005). Posteriormente, ela foi adaptada por pesquisadores da construção civil e, desde então, percebem-se muitas aplicações no planejamento de atividades em edificações que envolvem repetitividade de serviços.

A LOB é uma técnica relativamente simples, adequada para o planejamento de médio e longo prazo de projetos repetitivos. Fundamenta-se na utilização de recursos de programação com a finalidade de garantir a continuidade do trabalho e do uso eficiente dos recursos comprometidos. É uma ferramenta na qual se traça um par de eixos

cartesianos, representado pelo eixo vertical, em que se apresentam as unidades produzidas, e pelo eixo horizontal, em que se mostra o tempo. As atividades são planejadas por seus respectivos pares ordenados, ou seja, pelo tempo e local determinado. A inclinação de cada atividade indica a produção ou o seu ritmo de

Nível de decisão	Estratégico	Tático		Operacional
Horizonte de tempo	Longo prazo (ano)	Médio prazo (mês)		Curto prazo (semana)
Planejamento	Master Plan	Look ahead Planning		Weekly Work Plan
Método de interface	CPM	LOB	Critical chain	Last Planner System
Técnica de Interface	Programação empurrada		Programação puxada	

Quadro 1: Visão genérica do planejamento das técnicas de planejamento da produção

Fonte: Adaptado de Bertelsen et al. (2006).

atividade. Assim, cada atividade deve ser planejada de acordo com o ritmo de produção, isto é, conforme o número de unidades em que a equipe pode produzir para um determinado período de tempo.

Vargas e Heineck (1997) descrevem a fórmula de cálculo para as atividades repetitivas no balanceamento:

$$X = D1 + t_e + t_b2 - D2 \quad (1)$$

Em que:

X = número de dias entre o começo da atividade 1 e o início da atividade 2;

D1 = duração da atividade 1 (antecessora);

t_e = tempo de espera (folga / *buffer*);

t_b2 = é o tempo de base da atividade;

D2 = duração da atividade 2.

A forma gráfica para a LOB, representada pela Figura 1, mostra que o eixo vertical apresenta o pavimento tipo de um empreendimento de edificação, e o horizonte de tempo está representado no eixo horizontal. Alguns fatores influenciam o cálculo do balanceamento, como ritmo de trabalho, duração da atividade, tempo de espera, sentido de execução das atividades e direção das precedências. É importante a definição do tempo de espera entre as atividades para diminuir os danos de eventuais incertezas que influenciam o ritmo de produção da obra.

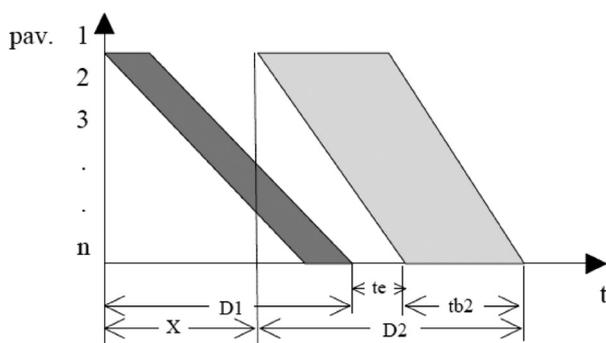


Figura 1: Balanceamento

Fonte: Vargas e Heineck (1997).

No Brasil, a LOB é bastante aplicada para empreendimento de edificações, citam-se os estudos: Vargas, Coelho e Heineck (1996), Vargas et al. (1998), Mendes Junior e Heineck (1998); Bulhões e Picchi (2011). As vantagens da utilização da Linha de Balanço são apontadas, a seguir:

- Maior rapidez na execução das atividades e maior garantia quanto a sua conclusão (MENDES JUNIOR, 1999).
- Fácil uso e boa visualização de variáveis, como continuidade, ritmo de trabalho, interferência entre equipes, duração das atividades e local de trabalho (MOTA; MOTA; ALVES, 2008).

Nageeb e Johnson (2009) investigaram as vantagens e desvantagens da LOB para programações de obras de edificação. Entre as vantagens destacam-se: visualização da quantidade produzida em determinada fase do projeto; habilidade em aprimorar os recursos utilizados; controle maior do tempo e dos recursos pela disponibilidade de informações para cada atividade; facilidade de atualizar e reprogramar as atividades; facilidade na administração dos serviços de subcontratados; visualização simples da produtividade e localização das equipes. Os autores apontam as seguintes desvantagens: o caminho crítico não é estabelecido; a análise de produtividade não inclui questões como medição da eficácia das equipes, curvas de aprendizagem ou troca de indivíduos nas equipes de trabalho.

No âmbito internacional, verificam-se diferentes estudos de aplicação da Linha de Balanço. Destacam-se as pesquisas de:

Cho, Hong e Hyun (2010), em que os autores propõem um modelo matemático para otimização da Linha de Balanço para a construção de edifícios.

Agrama (2012), que sugere um modelo de otimização multiobjetivo com a Linha de Balanço

para reduzir a duração de obras na construção civil. Em outra investigação, Aziz (2013) apresenta um *software* com a otimização multiobjetivo para projetos de construção em que faz uso da LOB.

O desenvolvimento de modelos matemáticos com a LOB pode ser encontrado nos estudos de Long e Ohsato (2009) e Bakry, Moselhi e Zayed (2014).

A revisão na literatura indica que a técnica da Linha de Balanço é importante no planejamento da construção de edifícios com múltiplos pavimentos. Verifica-se também a necessidade de ajustes na programação de equipes para redução de tempo e recursos.

3 Metodologia

3.1 Procedimentos metodológicos

Os métodos de pesquisa são classificados, quanto à forma de abordagem, em qualitativos e quantitativos. Sampieri, Colado e Lucio (2006) afirmam que o enfoque qualitativo tem a finalidade de coletar dados sem a necessidade de medição numérica para descobrir ou aperfeiçoar as questões de estudo. A pesquisa qualitativa consiste em explorar e descrever o fenômeno. Procura-se enten-

der o fenômeno e avaliar o sistema de planejamento com a apresentação de oportunidades melhoria.

No intuito de avaliar a distribuição de mão de obra, a estratégia de pesquisa aplicada foi o estudo de caso, em que se buscou uma situação real de uma edificação com múltiplos pavimentos. Esta investigação divide-se em três fases principais, como podem ser vistas na Figura 2. No primeiro momento, efetuou-se uma pesquisa bibliográfica com referencial voltado ao Planejamento e Controle de Obras. No segundo momento, realizou-se a coleta de informações em uma empresa de edificações. Já a terceira fase da pesquisa consistiu na análise dos dados e apresentação dos resultados procedentes da aplicação da Linha de Balanço e do desenvolvimento de gráficos com a análise do fluxo de mão de obra para a edificação em estudo.

3.2 Características da obra

O empreendimento estudado foi um edifício com 18 andares, com o total de 170 salas comerciais, uma loja âncora no pavimento térreo e sete pavimentos de garagem. A partir do cronograma físico-financeiro, foi elaborada uma rede de precedência. A Figura 3 mostra um fluxo em que as etapas da obra por pavimento foram divididas em 28 pacotes de serviços.

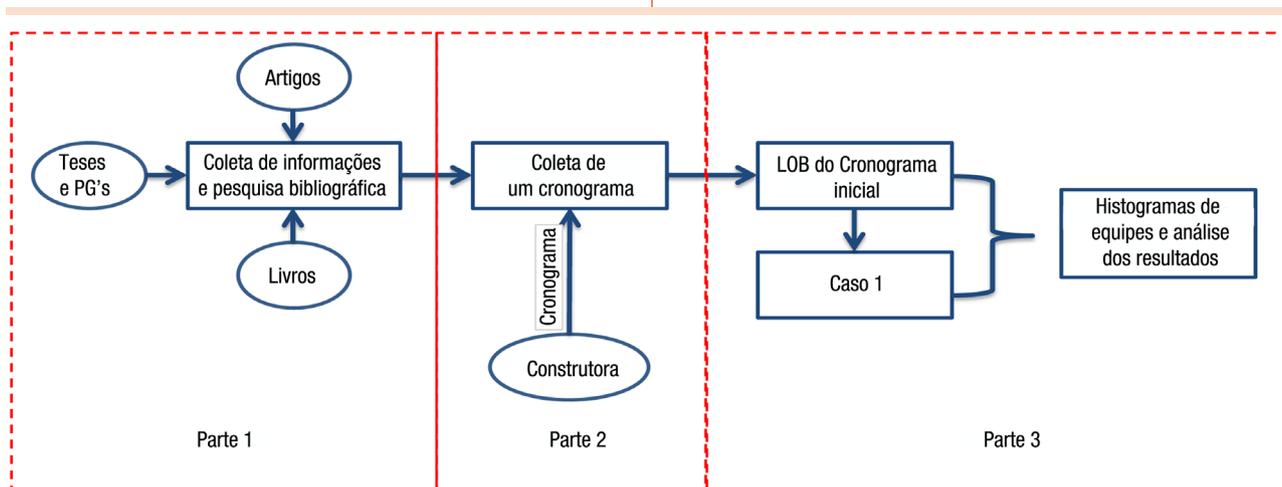


Figura 2: Delineamento da pesquisa
 Fonte: Azevedo (2013).

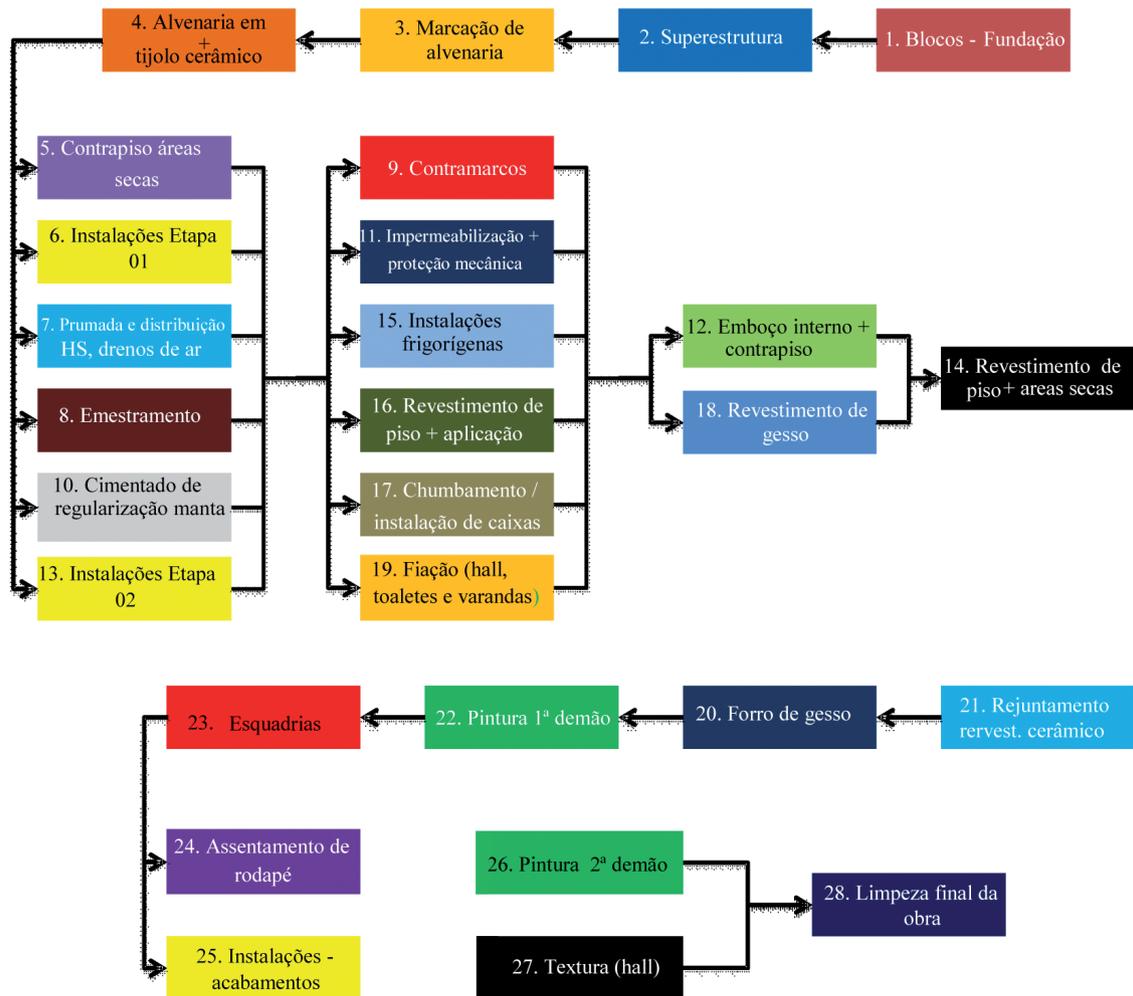


Figura 3: Rede de precedência das atividades dos pavimentos tipos

Fonte: Azevedo (2013).

Definidos os pacotes de serviço, foram estimadas as durações de cada atividade com base nos dados de quantitativos e na produtividade da empresa. A partir dos pacotes de serviços, foi elaborada uma Linha de Balanço, ferramenta necessária devido ao grau de repetitividade dos serviços de construção. Uma vez obtida a Linha de Balanço, foram elaborados histogramas com a quantidade e o tipo de mão de obra pelo tempo de execução dos serviços. Os gráficos desenvolvidos permitiram identificar descontinuidade na quantidade de mão de obra utilizada. É importante observar que a sequência construtiva da empresa foi mantida e

também não foram alterados os tempos de execução das atividades.

A análise permitiu identificar quais as falhas no sistema de planejamento, assim como inferir as possíveis oportunidades de melhorias. Essas oportunidades contribuem para auxiliar o gerente a tomar decisões relacionadas com as folgas das atividades, nivelamento do fluxo de trabalho e alocação de equipamentos. Em sequência, apresenta-se uma comparação entre a situação inicial planejada da obra e outra em que é proposto um cenário no qual se apontam as melhorias na distribuição das equipes de trabalho.

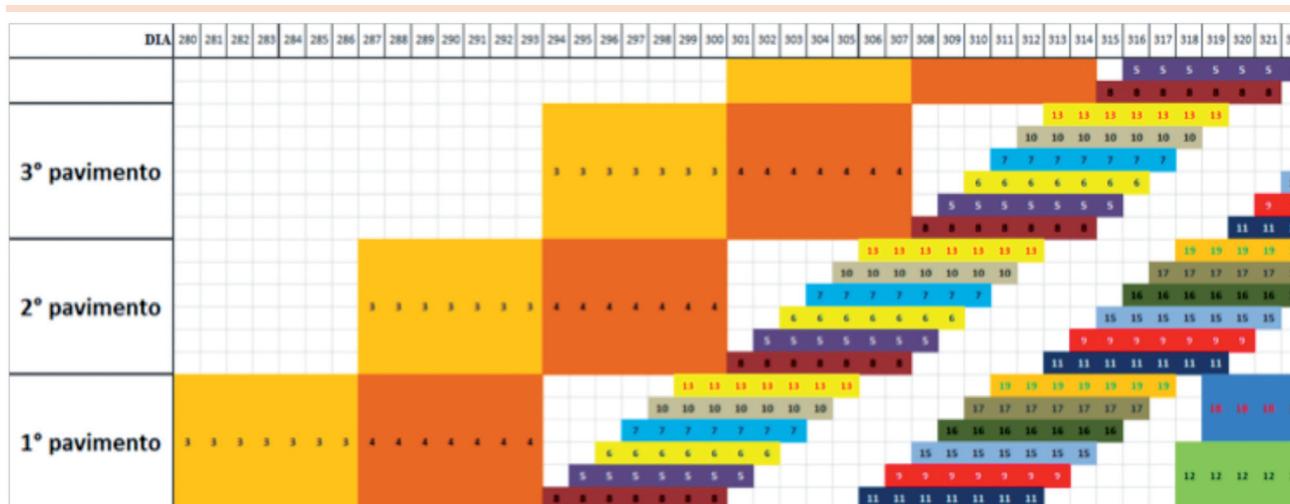


Figura 7: Trecho da LOB mostrando grupos de atividades (situação proposta)

Fonte: Azevedo (2013).

histogramas de recursos, conforme indicado nas Figuras 8 e 9.

Observa-se, pelo histograma inicial, que o pico máximo de funcionários de 228 ocorre por volta do 390° dia; já o **segundo**, no 517° dia, em que participam 170 trabalhadores. Na situação proposta, o pico de funcionários ocorre próximo ao 385° dia e é menos significativo, chegando a demandar 222 indivíduos. Esse procedimento resulta em redução de quase 3% em relação à LOB inicial. O segundo ponto máximo ocorre no 517° dia, diferente da situação inicial, que ocorre no 152° dia. Isso representa uma redução de 11% na mão de obra definida no planejamento inicial.

No histograma, percebe-se uma oscilação quase diária do número de trabalhadores. Esse fato é atenuado na situação proposta, na qual se verificam os períodos em que há estabilidade de funcionários por mais tempo, como se pode visualizar pelos casos circulados na Figura 8.

Em ambos os histogramas, presenciam-se dois picos de trabalho, fato consequente do método construtivo adotado pela empresa. A construtora realiza suas atividades iniciais pelos pavimentos inferiores, mas, a partir da 20ª atividade (forro de gesso), há uma inversão na ordem, cujo

início dos lotes passa a ocorrer pelos apartamentos superiores.

Para cada atividade foram gerados gráficos com a demanda de equipes, demonstrando uma variação no número de equipes de cada atividade ao longo do tempo (Quadro 2). Percebe-se, nas quatro situações (8, 22, 31, 34), descontinuidade no número de equipes de trabalho, conforme exposto pela coluna da esquerda (situação inicial). Já a coluna da direita representa a situação proposta, observa-se maior homogeneidade na distribuição de equipes, isso propicia melhor distribuição dos serviços. Verifica-se, por exemplo, que a atividade 34, após as mudanças propostas, passou a ser realizada por uma única equipe. Na situação inicial, presencia-se maior oscilação no número de equipes, houve variação de 0 a 3 equipes por atividade.

5 Considerações finais

Nesta pesquisa, analisou-se a distribuição das equipes de produção de um edifício comercial. Foi realizado um criterioso diagnóstico na programação de execução da obra, resultando em comentários críticos e sugestões de melhorias em rela-

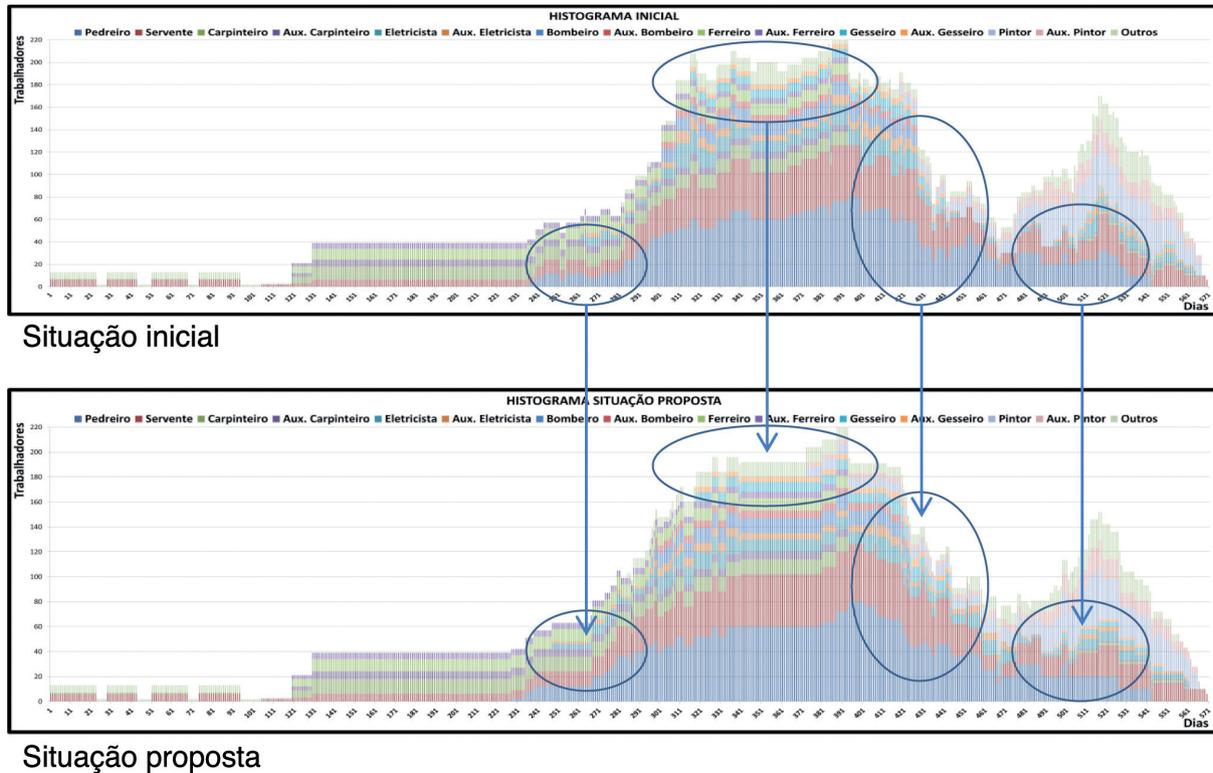


Figura 8: Histograma de mão-de-obra (situação inicial e situação proposta)

Fonte: Azevedo (2013).

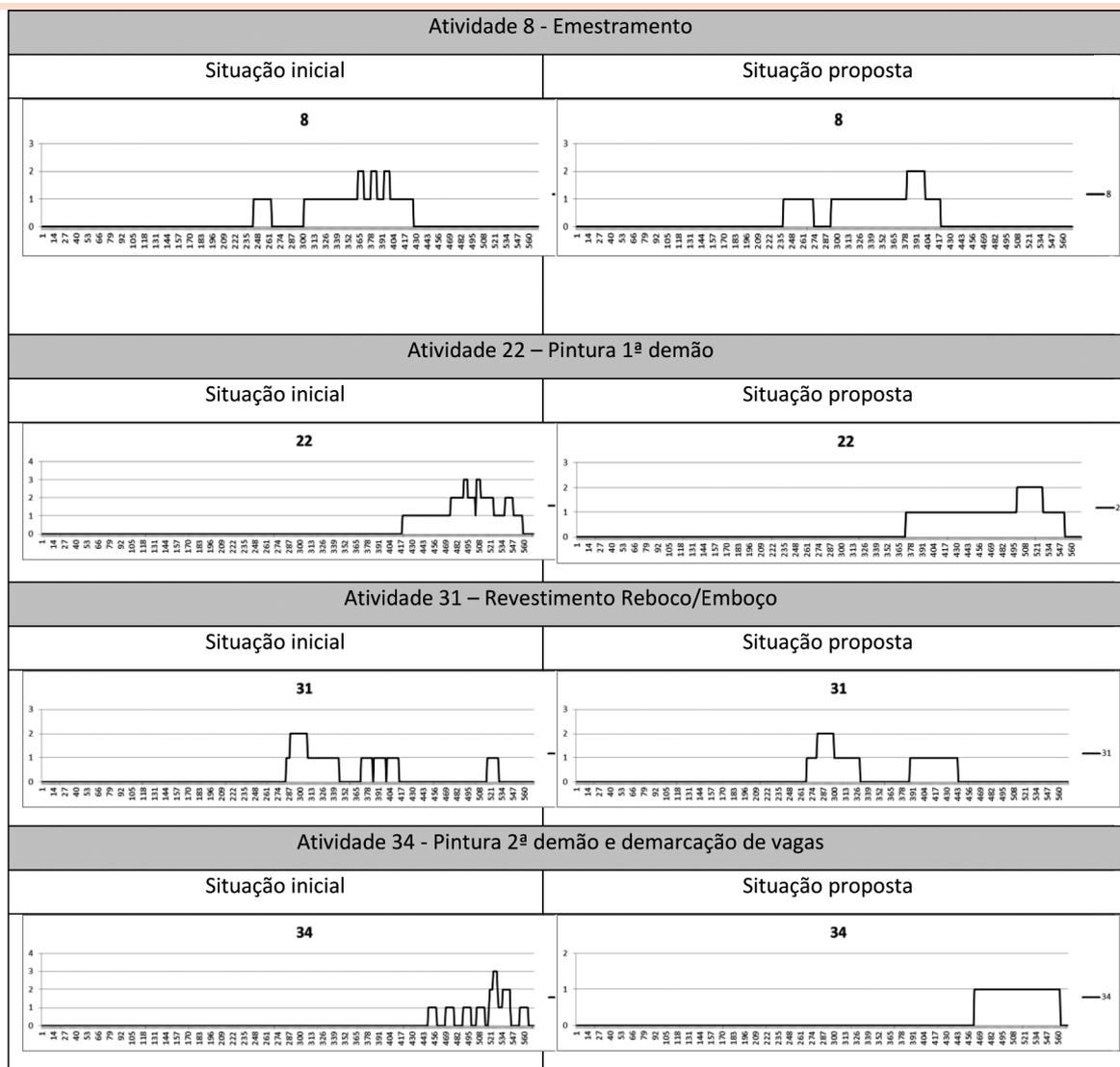
ção ao cronograma disponibilizado pela empresa. Verificou-se que houve aprimoramento referente ao aproveitamento da mão de obra, considerando que se evitou descontinuidade na produção pela contratação e/ou demissão de funcionários. Averiguou-se que se podem fazer as mesmas atividades, no mesmo prazo, com menos recursos humanos envolvidos, como foi mostrado na LOB proposta.

Ficou evidente a necessidade de implantação de técnicas adequadas de planejamento de longo e médio prazo, visto que, antes, a programação das atividades concentrava-se apenas na elaboração de um cronograma e um diagrama de rede. O cronograma inicial elaborado apresentou limitação de análise, e as falhas mostraram-se evidentes quando se gerou a LOB. Em consequência, a aplicação da LOB, que não integrava o planejamento da empresa, tornou-se uma ferramenta eficiente para o estudo do ritmo de produção e a alocação da mão

de obra. Percebe-se que a LOB mostra clareza nas atividades e nas suas interações.

Mesmo com as análises da LOB, observou-se que a aplicação de outras ferramentas gráficas, como os histogramas desenvolvidos, permitiu o acompanhamento particular da distribuição dos serviços por número de equipes. Os gráficos propiciaram a análise comparativa entre o planejamento inicial da empresa e todas as melhorias sugeridas. Constatou-se a necessidade de maior atenção na implantação de técnicas de planejamento e controle da produção, indispensável para o aproveitamento dos recursos.

Diante do exposto, aponta-se, como sugestões para trabalhos futuros, a replicação dessa metodologia em outros tipos de obras (condomínios residenciais verticais, horizontais ou comerciais). Além disso, é interessante estudar o impacto das mudanças no planejamento de curto prazo com o levantamento de indicadores de produtividade.


Quadro 2: Comparativo entre a distribuição de equipes

Fonte: Azevedo (2013).

Referências

AGRAMA, F. A. Multi-objective genetic optimization of linear construction projects. *Housing and Building National Research Center*, v. 8, p. 144-151, 2012.

AZEVEDO, M. F. *Análise do planejamento da produção na construção civil e utilização da Linha de Balanço para otimizar os fluxos de trabalho*. 2013, 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2013.

AZIZ, R. F. Optimizing strategy software for repetitive construction projects within multi-mode resources. *Alexandria Engineering Journal*, v. 52, p. 373-385, 2013.

BAKRY, I.; MOSELHI, O.; ZAYED, T. Optimized acceleration of repetitive construction projects. *Automation in Construction*, v. 39, p. 145-151, 2014.

BALLARD, H. G. *The last planner system of production control*. 2000. Tese (Faculdade de Engenharia)–University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BERTELSEN, S.; KOSKELA, L.; ROOKE, G. H. A. J. Critical flow – towards a construction flow. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. 14th., 2006, Santiago. *Proceeding...* Santiago: IGLC, 2006. p. 31-40.

BULHÕES, I. R.; PICCHI, F. A. Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações. *Ambiente Construído*, v. 11, n. 4, p. 205-223, 2011.

- CHO, K.; HONG, T.; HYUN, C. Optimized acceleration of repetitive construction projects. *Canadian Journal of Civil Engineering*, v. 38, p. 36-48, 2011.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. *Fundamentos da administração da produção*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- FORMOSO, C. T. (Org.). *Planejamento e controle da produção de empresa de construção*. Equipe técnica Maurício M. S. Bernardes; Thaís C. L. Alves; Keller A. Oliveira. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- HENRICH, G.; TILLEY, P.; KOSKELA, L. J. Context of production control in construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13th., 2005, Sydney. *Proceeding...* Sydney: IGLC, 2005. p. 189-198.
- ICHIHARA, J. D. A. A Base Filosófica da Linha de Balanço. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 18., 1998, Niterói. *Anais...* Niterói: Enegep, 1998.
- JATO-ESPINO, D. et al. A review of application of multi-criteria decision making methods. *Automation in Construction*, v. 45, p. 151-162, 2014.
- JOHNSTON, D. W. Linear scheduling method for highway construction. *Journal of the Construction Division*, v. 107, n. 2, p. 247-261, 1981.
- KOSKELA, L.; STRATTON, R.; KOSKENVESA, A. Last planner and critical chain in construction management: comparative analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 18th., 2010, Haifa. *Proceeding...* Haifa: IGLC, 2010.
- LIKER, J. K. *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest*. New York: McGraw-Hill, 2004.
- LONG, L. D.; OHSATO, A. A genetic algorithm-based method for scheduling repetitive construction projects. *Automation in Construction*, v. 18, p. 499-511, 2009.
- MENDES JUNIOR, R. *Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- MENDES JUNIOR, R.; HEINECK, L. F. M. Preplanning method for multi-story building construction using line of balance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6th., 1988, Guarujá. *Proceeding...* Guarujá: IGLC, 1998.
- MOTA, B. P.; MOTA, R. R.; ALVES, T. C. L. Implementing lean construction concepts in a residential project. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 16th., 2008, Manchester. *Proceeding...* Manchester: IGLC, 2008.
- NAGEEB, M. R.; JOHNSON, B. T. Line of balance scheduling: software enabled use in the U.S. construction industry. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATED SCHOOLS OF CONSTRUCTION OF UNIVERSITY OF FLORIDA. 45th., 2009, Gainesville. *Proceeding...* Gainesville: Associated Schools of Construction, 2009.
- O'BRIEN, J. J.; PLOTNICK, F. L. *CPM in construction management*. 6th. ed. New York: McGraw-Hill, 2006.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. *Metodologia de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- THOMAS, A. V.; SUDHAKUMAR, J. Factors influencing construction labour productivity: an Indian case study. *Journal of Construction in Developing Countries*, v. 19, n. 1, p. 53-68, 2014.
- ULUBEYLI, S.; KAZAZ, A.; ER, B. Planning engineers' estimates on labor productivity: theory and practice. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 119, p. 12-19, 2014.
- VARGAS, C. L. et al. Avaliação de produtividade e de perdas na construção civil - simulação utilizando modelo reduzido para demonstrar as vantagens do uso na linha de balanço na programação da obra e de inovações tecnológicas no canteiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ENTAC, 1998.
- VARGAS, C. L. S.; COELHO, R. D. Q.; HEINECK, L. F. M. Utilizando programas de computador de gerenciamento de projetos para estruturar a programação de atividades e repetitivas em obras de construção civil com a técnica da linha de balanço. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Enegep, 1996.
- VARGAS, L. S.; HEINECK, L. F. M. Cálculo do balanço entre atividades repetitivas para o uso em programas de gerenciamento de projetos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 1997, Gramado. *Anais...* Gramado: Enegep, 1997.
- VIEIRA, H. F. *Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras*. São Paulo: PINI, 2006.

Recebido em 7 fev. 2016 / aprovado em 14 jun. 2016

Para referenciar este texto

CAMPOS, V. R.; AZEVEDO, M. F. Análise da distribuição de equipes de trabalho na construção civil: estudo de caso. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 339-351, 2016.

