



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **APLICAÇÃO DA TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO SEGUNDO OS PRINCÍPIOS DA *LEAN CONSTRUCTION***

**Marcelo D. Depexe (1); Mariana Coutinho de Melo (2); Juliana Bonacorso Dorneles (3); Sérgio L. Kemmer (4); Luiz Fernando M. Heineck (5)**

(1) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFSC.

e-mail: marcelodepexe@yahoo.com.br

(2) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC.

e-mail: ecv3mcm@ecv.ufsc.br

(3) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC.

e-mail: jubd@hotmail.com

(4) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC.

e-mail: kemmer@ecv.ufsc.br

(5) Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Produção – UFSC.

e-mail: heineck@eps.ufsc.br

### **RESUMO**

Na indústria da construção, ainda há projetos que são executados sem um planejamento prévio, embora existam diversas técnicas disponíveis para o adequado gerenciamento de empreendimentos. O presente trabalho apresenta a aplicação da técnica da Linha de Balanço na atividade de planejamento de uma obra em alvenaria estrutural segundo os princípios da *Lean Construction*. Os resultados demonstram ser possível a aplicação de princípios da *Lean Construction* na fase de programação da obra. Entre as principais vantagens, acentua-se a continuidade dos serviços, devido ao uso adequado de tempos de folga e cálculo adequado do tamanho das equipes. A redução da variabilidade também proporciona uma melhor utilização dos recursos disponíveis, notadamente da mão-de-obra, além de possibilitar maiores garantias de conclusão da obra no prazo estabelecido. Observa-se também um aumento da transparência do processo produtivo conseguido através do uso da técnica, o que facilita a incorporação de aspectos ligados à filosofia enxuta de produção.

Palavras-chave: linha de balanço; construção civil; lean construction.

### **ABSTRACT**

In construction industry, yet there are projects executed without a previous planning, even so exist diverse available techniques for the adjusted project management. The present paper presents an application of the line of balance technique on a structural masonry building planning activity according to Lean Construction principles. The results demonstrate that is possible to apply the Lean Construction principles on the programming step. Among the main advantages, is accentuate the continuity of the services, due to suitable use of buffers and suitable calculation of the staff size. The variability reduction should also provide a better utilization of the available resources, mainly the labour, besides increase the warranties of finish the construction on the established time. An increase of the transparency of the obtained productive process through the use of the technique is also observed, what it facilitates to the incorporation of on aspects to the philosophy of lean production.

Keywords: line of balance; civil construction; lean construction.

## 1. INTRODUÇÃO

Na indústria da construção ainda existem muitos projetos que são executados sem a realização de um planejamento prévio, embora existam diversas técnicas disponíveis para o adequado gerenciamento de empreendimentos. Para a execução adequada de qualquer projeto, é necessário que haja um planejamento, que determinará o método de execução; uma programação, que definirá o cronograma da execução, e um controle, que permitirá o acompanhamento e verificação do andamento do projeto (LOSSO e ARAÚJO, 1995).

De acordo com Laufer e Tucker (1987), a indústria da construção civil necessita de informações que implementem este processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP), estimulem a produtividade e auxiliem no processo de melhoria contínua. O processo de PCP desempenha um papel fundamental nesta busca de competitividade, auxiliando a tomada de decisão para alcançar redução dos custos e propiciar o entendimento global da obra. Algumas pesquisas demonstram a importância do PCP no ambiente da construção civil (FORMOSO *et al.*, 1999; OLIVEIRA, 2000; BERNARDES, 2001; GONZALEZ, 2002; SOARES, 2003), mas reconhecem que, apesar desse processo ser concretizado em algumas empresas, nota-se que o mesmo ocorre de modo informal.

Além de um adequado planejamento do processo produtivo, diversas outras ferramentas, métodos e filosofias são úteis para o gerenciamento de empreendimentos na construção civil. A *Lean Construction*, ou construção enxuta, é um exemplo de filosofia de produção muito pesquisada ao redor do mundo. Os conceitos de produção enxuta surgiram por volta da década de 50, quando Taiichi Ohno começou a pensar em novas formas de gerenciar a produção da indústria automobilística, mais especificamente na Toyota Motor Company. O Sistema Toyota de Produção (STP) mudou os paradigmas da administração da produção, propondo idéias simples e inovadoras fundamentadas em um objetivo comum: a completa eliminação de desperdícios.

O STP é sustentado por dois pilares: o *Just-in-Time* (JIT) e a Automação. Com o foco no combate constante as perdas, o JIT tornou possível o alcance do estoque zero, pois segundo esta filosofia os produtos são produzidos apenas quando há necessidade e nas quantidades realmente necessárias. Já a automação busca dar autonomia ao trabalhador, no intento de assegurar um sistema de fluxo contínuo e sincronizado.

Com base na filosofia desenvolvida pelo STP, Womack e Jones (1998) identificaram cinco princípios do pensamento enxuto: especificação do valor, identificação da cadeia de valor, fluxo, produção puxada e perfeição. Estes princípios objetivam a eliminação das perdas, através da criação de um fluxo contínuo de valor, em todas as etapas da cadeia produtiva, conseguindo a perfeição no atendimento aos requisitos dos clientes (ALVES, 2000).

Com o objetivo de adaptar as novas formas de gerenciamento da produção para a indústria da construção civil, Koskela (1992) procurou estabelecer uma teoria que contemplasse tais conceitos voltados à construção, chamando-a de Construção Enxuta (*Lean Construction*). Este termo foi adotado para designar a aplicação dos conceitos e princípios da Produção Enxuta (*Lean Production*) na construção civil.

Koskela (1992) apresenta um conjunto de princípios para a gestão dos processos na produção: reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; aumentar o valor do produto através da consideração sistemática das necessidades dos clientes; reduzir a variabilidade; reduzir o tempo de ciclo; simplificar o processo através da redução do número de passos ou partes; aumentar a flexibilidade de saída; aumentar a transparência do processo; focar o controle no processo global; introduzir melhoria contínua no processo; balancear as melhorias de fluxo e de conversão; praticar *benchmarking*. Posteriormente, Koskela (2000) reorganiza os princípios derivados dos sistemas de produção, ao elaborar a teoria TFM, onde distribui os princípios em três grandes grupos, ou seja, transformação, fluxo e valor.

Diante disso, o presente trabalho apresenta a aplicação da técnica da Linha de Balanço na atividade de planejamento de uma obra de caráter repetitivo segundo os princípios da *Lean Construction*. Realizou-se uma simulação de programação de um conjunto residencial em alvenaria estrutural, com elevado número de unidades repetitivas. A pesquisa foi desenvolvida a partir de revisão bibliográfica sobre os conceitos da *Lean Construction*, além de levantamento de dados específicos para a elaboração da programação de uma obra em alvenaria estrutural. Acredita-se que a transparência propiciada pela linha de balanço facilite a incorporação de aspectos ligados à filosofia enxuta de produção.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Para aplicar a técnica da Linha de Balanço, utilizou-se um projeto elaborado para ser executado em alvenaria estrutural. A obra estudada é implantada em terreno irregular, numa área de encosta localizada na cidade de Florianópolis-SC e destina-se a um conjunto residencial de seis blocos de apartamentos (Figura 1).



Figura 1 – Planta baixa do condomínio

O projeto dos blocos indica duas configurações diferentes de planta, onde se observa que a Planta 2 é a junção de duas plantas do tipo 1 (Figura 2).

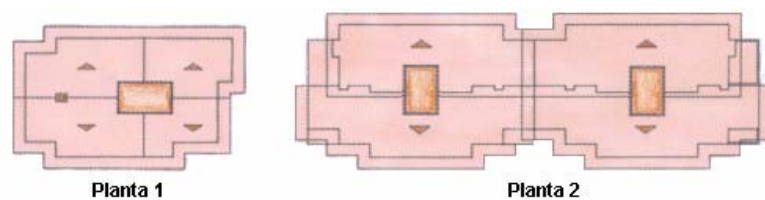
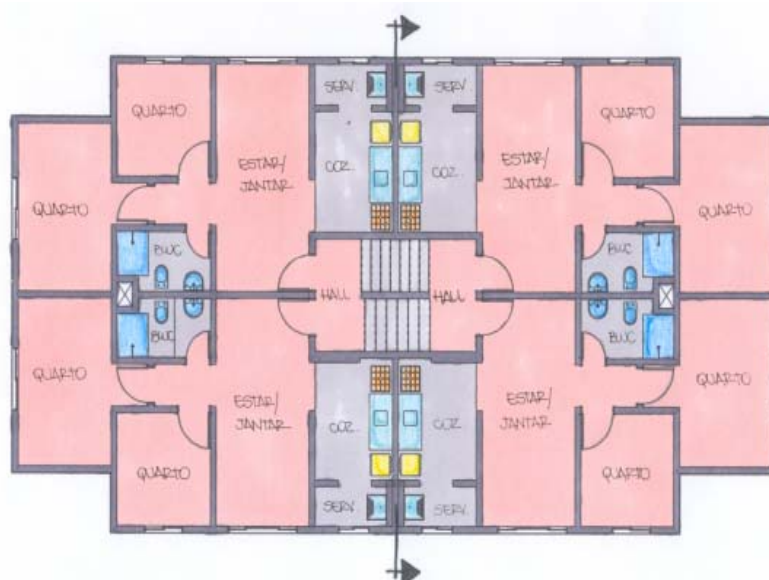
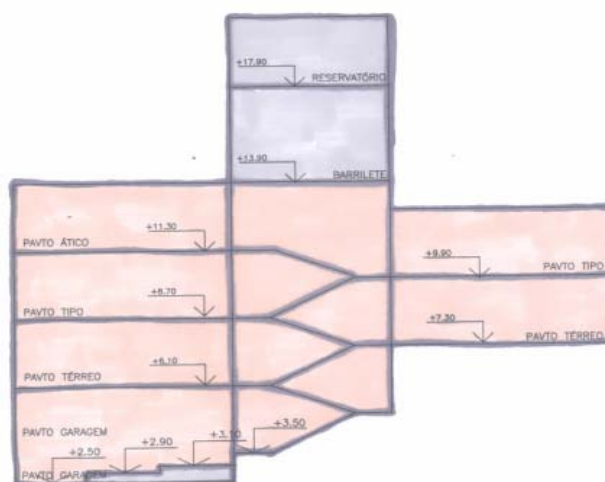


Figura 2 – Diferentes configurações de planta

Dessa forma, considerando a Planta 1 como sendo um bloco, afirma-se que o conjunto residencial é constituído de nove unidades (Bloco A, B, C1, C2, D, E1, E2, F1 e F2). Cada prédio possui quatro pavimentos, sendo o primeiro (pilotis) para garagens, o segundo e o terceiro (pavimento tipo) com quatro unidades residenciais cada e o quarto (ático) com duas unidades residenciais. Os blocos possuem dez apartamentos de mesmas dimensões, perfazendo um total de 90 apartamentos. O pavimento tipo possui dois níveis (Figuras 3 e 4). Neste conjunto residencial também existem obras complementares como calçamentos, instalações gerais, guarita, quadra poliesportiva e jardins.



**Figura 3 – Planta Baixa Pavimento Tipo**



**Figura 4 – Corte Esquemático**

### 3. APLICAÇÃO DO MÉTODO DA LINHA DE BALANÇO

A seguir são abordadas as etapas desenvolvidas para a aplicação do método da Linha de Balanço para a obra em estudo.

#### 3.1 Constantes de Produtividade

As constantes de produtividade são utilizadas para dimensionar equipes de trabalho a partir da duração estabelecida para cada atividade. Algumas das constantes citadas na bibliografia apresentam-se em homem hora por metro quadrado de piso e outras em homem hora por metro quadrado da área a ser trabalhada. Por exemplo, a produtividade utilizada para esquadrias é de 1,00 hh/m<sup>2</sup> de piso e o reboco externo é de 0,42 hh/m<sup>2</sup> de parede.

Os valores de produtividade específicos para alvenaria estrutural foram obtidos a partir de levantamentos feitos por Silva (2002), conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 – Valores específicos de produtividade para alvenaria estrutural.**

<b>Atividade</b>	<b>hh/m<sup>2</sup></b>
Alvenaria	0,67
Estrutura (laje/escada)	0,52
Reboco interno	0,42
Reboco externo	0,25

As demais atividades não são específicas da Alvenaria Estrutural e foram obtidas por meio de Heineck (2004) e estão expostas na Tabela 2.

**Tabela 2 – Valores de produtividade para os demais serviços.**

<b>Atividade</b>	<b>hh/m<sup>2</sup></b>
Infraestrutura	13,00
Elétrica	3,60
Hidráulica	1,60
Cobertura	1,40
Pisos	1,60
Esquadrias	1,00
Pintura	2,90
Rodapé	1,00
Limpeza	0,50
Correções	0,50

### **3.2 Definição da Unidade de Repetição**

Como descrito no item 4, o prédio possui cada pavimento em dois níveis. A partir disto, adotou-se meio pavimento como a unidade de repetição a ser utilizada na programação da obra, com área de 101,16 m<sup>2</sup>.

Cada unidade de repetição engloba 2 apartamentos. Como o número total de apartamentos é 90, totalizam-se 45 repetições. A unidade de repetição escolhida conduz à definição de pacotes de trabalho de curta duração (SANTOS e MENDES JR, 2001), proporcionando um aumento da produtividade através do efeito da aprendizagem. Obtém-se também uma continuidade dos serviços e, em decorrência, redução de tempos ociosos das equipes e equipamentos, a maximização da utilização dos recursos e uma minimização dos esforços extras associados a interrupções do trabalho (COELHO, 1999).

### **3.3 Levantamento Quantitativo**

O levantamento quantitativo foi realizado para a unidade de repetição, de acordo com a unidade da constante de produtividade de cada serviço a ser realizado, de modo a permitir o cálculo total de homens-hora necessário. A partir do levantamento quantitativo e das constantes de produtividade, obteve-se um total de 80.497,1 hh para a execução da obra, o que resulta em 17,7 hh/m<sup>2</sup>.

Losso (1995) determina um valor de 30,7 hh/m<sup>2</sup>, para edifícios de alto padrão na cidade de Curitiba – PR. Já para edificações de luxo em Porto Alegre – RS, Heineck (1996) apresenta o valor de 33,4 hh/m<sup>2</sup>. A partir de dados obtidos da programação de dez obras com a técnica de Linha de Balanço,

Mendes Jr. e Heineck (1998) apresentam valores que variam entre 20,4 hh/m<sup>2</sup> e 27,9 hh/m<sup>2</sup> e um valor médio de 23,3 hh/m<sup>2</sup>.

Percebe-se que o valor de 25,14 hh/m<sup>2</sup> determinado neste trabalho é um pouco inferior aos dados publicados por outros autores. Como a alvenaria estrutural é um sistema racionalizado e a técnica da Linha de Balanço reduz a ociosidade, justifica-se o fato de o valor apresentado ser menor que outros valores necessários para sistemas tradicionais.

### 3.4 Duração dos Serviços e Dimensionamento das Equipes

Estipulou-se que a duração total da obra seria inferior a 12 meses, considerando-se que este é um prazo razoável para uma obra deste porte e também pelo sistema construtivo adotado.

O ritmo (R) é calculado dividindo-se a duração total (Dt) pelo número de repetições (N) menos um, conforme a equação 1.

$$R = \frac{Dt}{N - 1} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Assim, tem-se Dt = 12 meses x 4,35 semanas/mês x 5 dias/semana = 261 dias.

Adotando-se uma duração dos serviços em torno de 60% do tempo total, obtém-se 157 dias. Diminuindo-se 30 dias para preparação do canteiro, resultam 127 dias para a execução dos serviços.

$$R = \frac{127}{45 - 1} = 2,9 \cong 3 \text{ dias} \quad [\text{Eq. 02}]$$

Adota-se então uma duração de três dias para a unidade de repetição, conforme a equação 2. Deste modo, todas as principais atividades de execução possuem o mesmo tempo básico de duração, o que proporciona um sincronismo entre as equipes.

Segundo Howell e Ballard (1998), os princípios da *Lean Construction* preconizam a busca do sincronismo e da continuidade dos serviços. Deste modo, procura-se reduzir os estoques de produto em processo, a partir do fluxo contínuo de trabalho. Assim, busca-se evitar que as atividades que agregam valor sejam interrompidas, através da redução da variabilidade. Tommelein, Riley e Howell (1998) demonstram, através da simulação de um jogo, que é possível reduzir o desperdício e do tempo de duração do projeto ao se reduzir a variabilidade do fluxo de trabalho. Conforme Shingo (1996), o balanceamento das atividades é um princípio essencial para a redução de desperdício.

Uma vez definida a duração de cada atividade, as equipes são dimensionadas, conforme as constantes de produtividade determinadas no item 5.1, de acordo com a equação 3.

$$\text{Tamanho da equipe} = \frac{\text{conteúdo de trabalho (homem - hora)}}{\text{duração(dias)} \times \text{jornada de trabalho} \left( \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \right)} \quad [\text{Eq. 03}]$$

Por exemplo, para a atividade piso, temos:

$$\text{Tamanho da equipe} = \frac{101,16 \text{ m}^2 \times 1,6 \frac{\text{hh}}{\text{m}^2}}{3 \text{ dias} \times 8,8 \frac{\text{h}}{\text{dia}}} \cong 6 \text{ funcionários} \quad [\text{Eq. 04}]$$

A duração dos serviços e dimensionamento das demais equipes, bem como o custo da mão-de-obra, estão expressos no anexo.

### **3.5 Desenho da Linha de Balanço**

Cada bloco possui cinco unidades de repetição, com duração de três dias por repetição, de modo que se obtém 15 dias para a execução de cada bloco. Adotou-se então o prazo de 15 dias para os serviços de infraestrutura e cobertura, de modo que as atividades ficassem balanceadas. Optou-se pela inserção de um dia de folga entre as atividades, com o objetivo de proteger as atividades seguintes em caso de eventuais atrasos.

A atividade de reboco externo causou o surgimento de folgas diferentes ao longo da Linha de Balanço, devido ao fato de alguns blocos estarem dispostos dois a dois e outros isoladamente. Desta forma, o número de fachadas foi alterado, o que causou *buffers* maiores para que as atividades não fossem interrompidas.

A utilização de *buffers* é necessária devido ao fato de se adotar valores médios de produtividade para o dimensionamento das equipes. Porém, esses índices variam substancialmente na prática, segundo Rahbar e Rowings (1992). Deste modo, os *buffers* minimizam os efeitos das variabilidades ocorridas nas durações das tarefas (KANKAINEN e SEPPÄNEN, 2003).

Os *buffers* são inseridos entre todas as atividades críticas, ou seja, aquelas que possuem uma relação de precedência com outras atividades, cujo atraso acarretaria em um atraso para toda a obra. Caso ocorra um atraso em uma dessas atividades, todas as atividades subsequentes sofrem com o atraso, tanto no pavimento em questão como em todos os pavimentos seguintes, pois mesmo que uma equipe recupere o tempo perdido, não se pode afirmar que todas também o façam ao mesmo tempo. Embora o uso de *buffers* incorra em um aumento de custos, uma vez que o prazo total é ampliado, sua correta utilização permite um fluxo de trabalho contínuo e sincronizado, sendo necessário mesmo em projetos cuja programação possui alto nível de detalhamento (HORMAN *et al.*, 2003).

Todos os blocos possuem uma torre para o reservatório, feita em alvenaria estrutural. Essa torre é relativamente pequena, equivalente a dois dias de trabalho da equipe de alvenaria. Porém, se esta equipe for responsável também pela torre, ocorre um desbalanceamento entre alvenaria e laje, dando origem à falta de sincronismo e tempos ociosos. Como solução para o problema, adotou-se o uso de uma equipe polivalente que realiza a torre e a cobertura em 15 dias. Deste modo, a equipe em questão realiza a torre em três dias, e nos 12 dias seguintes executa a cobertura. O desenho da Linha de Balanço elaborada está apresentado no anexo.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A aplicação da Linha de Balanço como técnica de planejamento mostrou-se adequada devido ao elevado número de repetições possíveis na obra estudada e pelo fato de possibilitar a inclusão de conceitos e princípios de construção enxuta. Ao longo do planejamento foram considerados aspectos como redução de variabilidade, redução do tempo de ciclo, continuidade e sincronismo das atividades, além do aumento da transparência do processo produtivo conseguido por meio do uso da técnica. Observa-se também um aumento da transparência do processo produtivo conseguido através do uso da técnica, o que facilita a incorporação de aspectos ligados à filosofia enxuta de produção.

Verificou-se que a estimativa de valores de produtividade é um pré-requisito essencial para a adequada elaboração da Linha de Balanço, o que proporciona um acompanhamento das produtividades reais ao longo da execução da obra. A determinação da sequência das atividades a partir das relações de precedência também é um dos requisitos necessários ao planejamento.

Entre as principais vantagens da utilização de conceitos da construção enxuta na programação, acentua-se a continuidade dos serviços, devido ao uso adequado de tempos de folga entre as atividades

e cálculo adequado do tamanho das equipes de produção, além de proporcionar uma melhor garantia do tempo de conclusão dos processos, que conduz a um fluxo de caixa mais estável. A redução da variabilidade também proporciona uma melhor utilização dos recursos disponíveis, notadamente da mão-de-obra, além de possibilitar maiores garantias de conclusão da obra no prazo estabelecido.

A Linha de Balanço gerada é de fácil interpretação e pode ser utilizada para verificar o andamento da execução do projeto. Ressalta-se a importância da realização de um monitoramento contínuo do curso da obra, de modo a verificar as produtividades, para eventualmente atualizar a programação, além de proporcionar um envolvimento das equipes para o cumprimento dos prazos estabelecidos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Thaís da Costa Lago. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudo de caso.** Porto Alegre, 2000. 139p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BERNARDES, Maurício Moreira e Silva. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** Porto Alegre, 2001. 282p. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

COELHO, Renato de Quadros. **Programação de obras repetitivas no software de gerenciamento de projetos Time Line for Windows 6.5 baseada na técnica da Linha de Balanço:** estudo de caso. Florianópolis, 1998. 166 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

FORMOSO, Carlos T.; BERNARDES, Maurício M. S.; OLIVEIRA, Luiz F. M.; OLIVEIRA, Keller A. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1999. 73p.

GONZALEZ, Edinaldo Favareto. **Análise da implantação de programação de obra e do 5s em um empreendimento habitacional.** Florianópolis 2002. 201p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 1996. Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis: UFSC, 1996, Vol.2, p.167-173.

HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. **Planejamento e programação de obras na construção.** Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC, 2004. Notas de aula.

HORMAN, Michael J.; MESSNER, John I.; RILEY, David R.; PULASKI, Michael H. “Using buffers to manage production: a case study of the pentagon renovation project”. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg. **Proceedings...** Blacksburg, 2003. 13 p., Virginia, USA.

HOWELL, Greg; BALLARD, Glenn. “Implementing lean construction: understanding and action”. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá. **Proceedings...** Guarujá, Brasil. 1998, 9p.

KANKAINEN, Jouko; SEPPÄNEN, Olli. “Line-of-balance based schedule planning and control system”. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg. **Proceedings...** Blacksburg, 2003. 13 p., Virginia, USA.

KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report 72**, 1992, 75p.

KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Espoo 2000. Technical Research Centre of Finland, VTT Publication 408. 296p. 2000.



LAUFER, A.; TUCKER, R. L. "Is construction project planning really doing its job? a critical examination of focus, role and process". **Journal of Construction Engineering and Economics**, v. 5, p. 243 – 266, 1987.

LOSSO, Iseu Reichmann. **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custo**: estudo de caso em uma empresa de construção. Florianópolis, 1995. 146p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

LOSSO, Iseu Reichmann; ARAÚJO, Hércules Nunes. "Aplicação do método da linha de balanço: estudo de caso". In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ. 1995, 6p.

MENDES JR., Ricardo; HEINECK, Luiz Fernando M. "Dados básicos para programação de edifícios com linha de balanço: estudos de casos". In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC. 1998. v.2 p. 687-695.

OLIVEIRA, Paulo V. H. **Implementação de um processo de programação de obras em uma pequena empresa**. Florianópolis, 2000. 117p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

RAHBAR, F. Fred; ROWINGS, James E. "Repetitive activity scheduling process". **Transactions of the American Association of Cost Engineers**. v. 2, p. O.5.1-O.5.8 p. 1992

SANTOS, Adriana P. L.; MENDES JR., Ricardo. "Planejando um conjunto de 77 residências utilizando a linha de balanceamento e last planner". In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE. 2001. 14p.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, Alisson Hoffmann. **Comparação de custos entre os processos construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural em blocos cerâmico e de concreto**. Florianópolis, 2002. 157 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

SOARES, Alexandre Castro. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre, 2003. 138p. Dissertação de Mestrado – Programa de Mestrado Profissionalizante, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

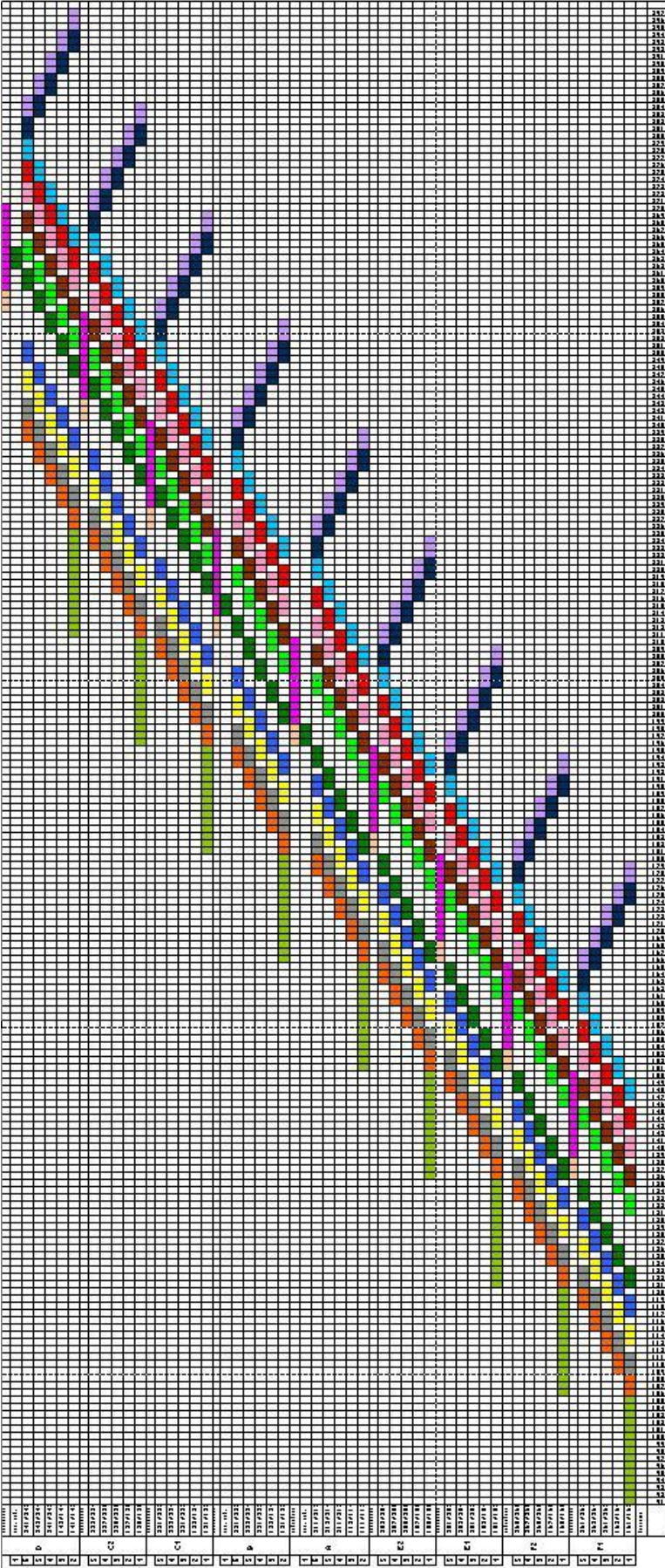
TOMMELEIN, Iris D.; RILEY, David; HOWELL, Greg A. "Parade Game: impact of work flow variability on succeeding trade performance". In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá. **Proceedings...** Guarujá, Brasil. 1998, 14p.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine desperdício e crie riqueza**. 5ª ed, 427p. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

## 6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil.

7. ANEXO: LINHA DE BALANÇO E DIMENSIONAMENTO DAS EQUIPES



infra-estrutura
alvenaria
estrutura (laje/escada)
rev. externo
elétrica
hidráulica
cobertura
torre do reservatório
rev. interno
pisos
esquadrias
pintura
rodapé
limpeza
correções

Dimensionamento das equipes

Atividade	produt. (hh/m²)	hh total	duração (dias)	funcionários
infra-estrutura	13,00	11835,7	15	4
alvenaria	0,67	4980,4	3	4
estrutura (laje/escada)	0,52	2358,0	3	2
rev. externo	0,42	850,0	3	2
elétrica	3,60	16387,9	3	14
hidráulica	1,60	7283,5	3	6
cobertura	1,40	141,6	12	3
torre (reservatório)	0,67	616,3	3	3

Dimensionamento das equipes

Atividade	produt. (hh/m²)	hh total	duração (dias)	funcionários
reb. interno	0,25	1902,1	3	2
pisos	1,60	7283,5	3	6
esquadrias	1,00	4552,2	3	4
pintura	2,90	13201,4	3	11
rodapé	1,00	4552,2	3	4
limpeza	0,50	2276,1	3	2
correções	0,50	2276,1	3	2
		80.497,1		