

Elaboração do planejamento de um edifício residencial pelo método da Linha de Balanço em Francisco Beltrão - PR

Eduardo Henrique Chiossi (UNIPAR) eduardo_chiossi@hotmail.com

Gabriel Andre Chiossi (UNIPAR) gabrielchiossi_@hotmail.com

Diane Guzi Fomin (UNIPAR) diane@unipar.br

Resumo:

Para uma melhor produtividade e controle nas atividades da construção civil, faz-se necessário o desenvolvimento do planejamento de obras. A Linha de Balanço (LOB) é uma ferramenta de planejamento e controle, que estimula a produtividade dos serviços e auxilia no processo de melhoria contínua do gerenciamento da construção. A LOB apresenta informações relacionadas ao gerenciamento do tempo, equipes e sequenciamento das atividades. O objetivo deste trabalho é desenvolver o planejamento de um edifício residencial pelo método da Linha de Balanço em Francisco Beltrão/PR. O edifício possui 11 pavimentos com área total de 3.744,48 m² e o sistema de construção é por administração, onde o gestor garante o cumprimento do cronograma e a previsão financeira conforme as receitas mensais dos condôminos. Conforme o cronograma físico-financeiro, a obra terá o tempo de execução aproximada a 48 (quarenta e oito) meses. Por meio do estudo de caso, a LOB apresentou-se uma alternativa de planejamento eficaz.

Palavras chave: Linha de Balanço, Gerenciamento de Obras, Planejamento, LOB.

Elaboration of the planning of a residential building by the Line of Balance method in Francisco Beltrão - PR

Abstract

For a better productivity and control in activities building construction, it is necessary to the development of planning of works. The Line of Balance (LOB) is a tool for planning and control, which stimulates productivity and services assists in the process of continuous improvement of the management of the building. The LOB presents information related to administration of the time, teams and sequencing of the activities. The objective of this work is to develop the planning of a residential building for the method of the Line of Balance in Francisco Beltrão / PR. The building has 11 pavements with total area of 3.744,48 m² and the construction system is for administration, where the manager ensures compliance with the schedule and the financial forecast as monthly revenues of the joint owners. As the physical-financial schedule, the work will have the approximate runtime to 48 (forty eight) months. Through the case study, the LOB presented an alternative effective planning.

Key-words: Line of Balance, Project Management, Planning, LOB.

1. Introdução

Deficiências no planejamento e controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor construtivo, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade de seus produtos (FORMOSO, 2001). No Brasil, o planejamento e o controle de obra ainda é um setor isolado dentro das empresas, não devidamente integrado aos demais departamentos, tais como: orçamentos, suprimentos e projeto (MAGALHÃES, 2018). Tradicionalmente é feito com pouco detalhamento, sem visão de processos e deixando-se muitas definições a cargo da equipe de obra e de sua experiência (SILVA e BARROS, 2013). A efetiva utilização dessa filosofia de trabalho se mostra pouco explorada no Brasil, não por exigir altos investimentos financeiros, mas devido a exigência de muita disciplina de todos os setores envolvidos: diretoria, projetistas, engenheiros e equipe de execução (COLOMBAROLI et al, 2016).

Para um bom desempenho na execução de qualquer projeto, é necessário que haja um planejamento e programação de um cronograma e um sistema de verificação do andamento do projeto (LOSSO e ARAÚJO, 1995).

A indústria da construção civil necessita de informações que programem o processo de Planejamento e Controle de Produção (PCP), estimulem a produtividade e auxiliem no processo de melhoria contínua (LAUFER e TUCKER, 1987). Utilizar de processos produtivos ininterruptos de agregação de valor e sistema puxado originado da demanda é essencial para manter os procedimentos subsequentes, abastecidos somente com a quantidade de peças a serem consumidas em curtos intervalos. A empresa também deve pregar a cultura de melhoria contínua (LIKER, 2005).

Para um projeto, o tempo é um recurso muito importante. A gestão não é somente elaborar um cronograma, porém fazer o uso do tempo em um projeto. Quanto melhor aproveitamento do tempo para finalização de um projeto, melhor será o retorno para possíveis investimentos futuros (BALLARD, 2000).

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. 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 (DEPEXE. et al, 2006). 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.

A Linha de Balanço (LOB) é uma técnica com princípios *Lean Construction* indicada para projetos com serviços repetitivos como, por exemplo, prédios altos, conjuntos habitacionais, estradas, obras de saneamento. Utiliza-se de elementos de linhas de fluxo ou curvas de produção, seguindo ritmos de produção a cada processo (MENDES JR, 1999).

A LOB permite visualizar o fluxo de trabalho das equipes pela relação entre quantidade-tempo e unidade básica de produção em vista do dimensionamento das equipes (ARDITI e ALBULAK, 1986).

O objetivo desta pesquisa é desenvolver uma Linha de Balanço para aplicar o planejamento em uma obra em Francisco Beltrão para estudo de caso.

2. Referencial Teórica

O planejamento da obra permite que o gestor adquira um elevado grau de conhecimento do empreendimento, sendo assim mais eficiente na condução de seus trabalhos (MATTOS, 2010).

A técnica da Linha de Balanço, Line of Balance (LOB) para a programação de tarefas foi criada pela *Goodyear* nos anos 40, sendo utilizada na indústria manufatureira. Porém na construção civil, essa técnica se aprofundou mais na Europa em obras de serviços repetitivos, como em estradas e pontes (CARDIM e PICCHI, 2015).

Existem quatro passos para a preparação do método da LOB: determinação das atividades; determinação da duração das atividades; determinação da lógica entre as atividades; desenho da rede e cálculos. Os cálculos oferecem a data de fim do projeto, o caminho crítico e as folgas das atividades não críticas (MUBARAK, 2010).

Para a construção civil a LOB foi adaptada pela Marinha Americana no início da década de 50, onde o objectivo era obter um meio de avaliar o ritmo do fluxo das linhas de produção em massa (SAKER, 2010). É utilizada em projetos de atividades repetitivas, tais como edifícios de múltiplos pavimentos e construção de estradas, entre outros (SARRAJ, 1990). Definida também como a técnica das Linhas de Fluxo, a Linha de Balanço é associada a cada fluxo produtivo onde existe a ideia e ritmo de produção dos mesmos (MADERS, 1987).

Através da LOB podem-se inferir importantes informações de um planejamento, como qual e o tempo da execução de determinada atividade, em qual etapa encontra-se e quem é o responsável (ou equipe) pela execução (MADERS, 1987). No Brasil encontra-se na literatura referência do uso na construção civil desde 1990 (HEINECK e PEIXE, 1990).

A ilustração a seguir demonstra uma LOB, na qual a técnica consiste em traçar um eixo cartesiano, sendo a abscissa o tempo e a ordenada as unidades básicas de produção, também chamadas de unidades repetitivas. A resultante é uma reta que define a taxa de produção no tempo (produtividade) e o ritmo desejado. O ângulo gerado a partir da declividade da reta é o ritmo de produção e a comprimento representa a duração da atividade. A técnica consiste em traçar linhas em um eixo cartesiano que represente uma atividade e seu respectivo tempo. No eixo das abscissas marca-se o tempo e, no das ordenadas, os valores acumulados do andamento planejado para cada unidade do conjunto (LIMMER, 1997).

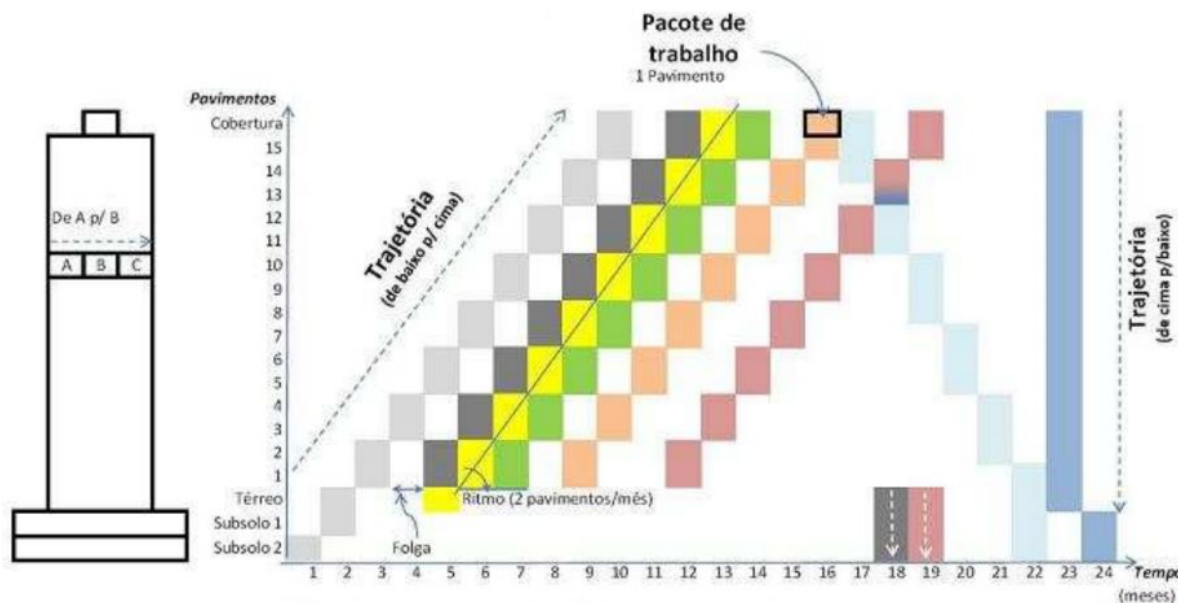


Figura 1 - Gráfico da Linha de Balanço

O objetivo da LOB é a busca da eliminação do tempo inativo entre as atividades, sugerindo que estas tenham ritmos balanceados (MENDES JR e HEINECK, 1990).

Para a aplicação da técnica deve-se conhecer a quantidade de serviços que serão executados e a produtividade das equipes. Essas informações são necessárias para dimensionar as equipes. A simulação das linhas de produção de todo o processo permite a análise das interferências entre as atividades e seu balanceamento, de forma a conseguir executar todas as atividades continuamente (MENDES JR., 1999). A Linha de Balanço baseia-se em conceitos de que a produção máxima é encontrada quando se estabelece um fluxo contínuo de trabalho entre as equipes (MADERS, 1987). Está é uma ferramenta apropriada para representar e fazer evidente a aplicação de alguns conceitos da Construção Enxuta, baseada nos princípios de gestão desenvolvida pelo Sistema Toyota de Produção (MOURA e HEINECK, 2014).

Destacam-se como alguns principais benefícios de se usar a técnica da Linha de Balanço o conhecimento da duração e o tempo previsto para cada tarefa antes de ser iniciada, previsão de pontos críticos da obra em que se podem adotar medidas preventivas e corretivas para cada situação como períodos chuvosos, prazo de entrega de materiais, manutenção de ferramentas, tomada de decisões ágeis, nivelamento da mão-de-obra através do conhecimento das possíveis folgas e criação de dados históricos que poderão ser utilizados em obras futuras similares (MATTOS, 2010).

A transparência alcançada pela visualização da Linha de Balanço pode ser prejudicada pela quantidade de linhas no gráfico. Esta desvantagem é contornada pela utilização de gráficos coloridos (MOURA e HEINECK, 2014).

Na técnica da LOB o ritmo de produção deve supostamente permanecer constante ao longo do tempo. Porém, devido a natureza aleatória dos processos de construção e ao efeito da curva de aprendizagem, esta hipótese pode estar equivocada e resultar em grandes falhas (POGET e GRANJA, 2015).

A LOB é uma ferramenta eficiente e eficaz na programação das atividades de edifícios. A metodologia é de fácil entendimento e permite o acompanhamento diário, sabendo-se o serviço, o local, a equipe e a data em que está ocorrendo determinada atividade (ABRANTES, 2017).

3. Metodologia

Para a realização deste trabalho foi selecionado um empreendimento de múltiplos pavimentos em execução na cidade de Francisco Beltrão - Paraná. O contrato celebrado entre os clientes e a construtora foi do tipo Obra por Administração onde o desenvolvimento da obra é dependente do pagamento mensal da composição de clientes. A previsão de entrega do empreendimento é para o primeiro semestre de 2022.

O empreendimento é composto por dezesseis apartamentos com área média de 180,00m² e três apartamentos duplex com área média de 286,00m², totalizando uma área de edificação de 3.744,48m². Os apartamentos serão entregues semiacabados, permitindo ao usuário aplicar um padrão de acabamento desejado. O corte esquemático da figura 2 apresenta os níveis de cada pavimento.

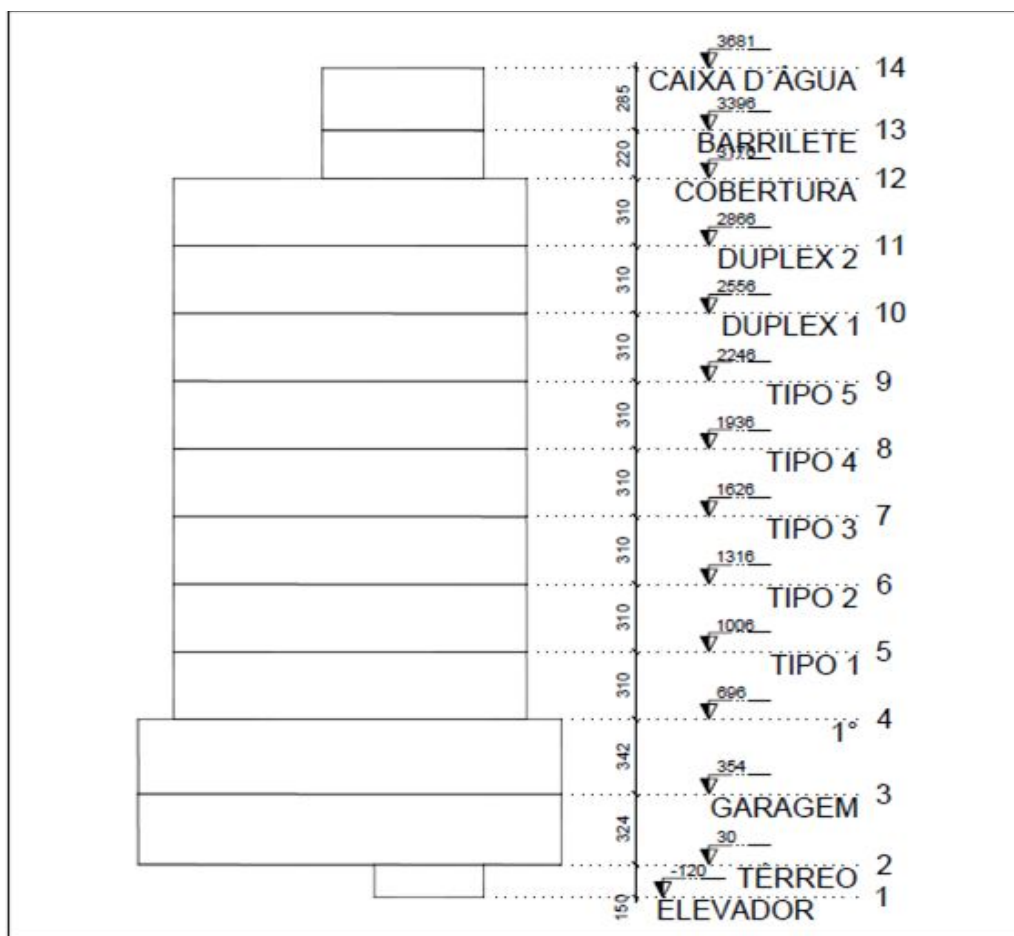


Figura 2 - Corte esquemático da obra

Para a elaboração do planejamento foi aplicada a técnica da LOB, considerando apenas as atividades que englobam características de repetição, não incluindo a fundação. As atividades de repetição são caracterizadas pela produção contínua em diferentes unidades básicas, ou seja, um ciclo de atividades idênticas, representadas pelo pavimento.

As atividades representadas pela LOB são a supraestrutura (pilares, vigas e lajes), alvenaria, chapisco, reboco interno e externo, contra-piso, impermeabilização, esquadrias, guarda corpo e corrimões, forro de gesso e pintura interna e externa.

Para a elaboração da Linha de Balanço foi desenvolvida de uma planilha de apoio contendo as atividades a serem planejadas, o quantitativo de serviço da atividade, número de oficiais e a produtividade média das equipes.

Os dados foram informados pelo Engenheiro Civil e pelo Mestre de Obras da edificação em que será aplicado o estudo de caso. Os quantitativos para a composição das atividades foram obtidos pelo projeto estrutural em conjunto com o projeto arquitetônico.

A LOB foi representada com auxílio de planilha eletrônica, sendo elaborada uma planilha como base para a estrutura da LOB, considerando cinco dias úteis semanais de trabalho, segunda a sexta, o tempo de execução, em semanas de cada mês, até o término da obra previsto.

4. Resultados e Discussões

A Tabela 1 demonstra a atividade de referência, quantitativo de serviço de cada atividade, número de oficiais e produtividade para desempenhar a atividade.

Item	Atividade		Und	Quantidade	Duração	Oficial	
1	Supraestrutura	Pilar	Fôrmas	m²	2.105,24	2	7
			Armadura	kg	26.486,50	4	7
			Concreto	m³	154,58	1	7
		Viga	Fôrmas	m²	3.624,30	7	7
			Armadura	kg	31.543,70	15	7
			Concreto	m³	304,76	3	7
		Laje	Fôrmas	m²	5.168,50	5	7
			Armadura	kg	30.177,60	11	7
			Concreto	m³	625,86	2	7

Fonte: Autores (2018)

Tabela 1 - Referencial quantitativo de serviço

O item 1, refere-se a supraestrutura, primeiro serviço desenvolvido na Linha de Balanço. Dentro deste serviço, subdividiram-se os elementos estruturais, pilares, vigas e lajes, compostos por fôrma, armadura e concreto. Sendo que para cada composto há uma unidade de medida e quantidade levantada pelos projetos estruturais. A duração e a quantidade de

oficiais deste serviço na sequência à tabela foram informadas pelo Engenheiro Civil e Mestre de Obras.

Foi desenvolvido uma EAP (Estrutura Analítica de Projeto) para identificar cada atividade com base no cronograma físico-financeiro. As atividades respectivamente são Supraestrutura, Alvenaria, Reboco Externo, Cobertura, Reboco Interno, Contra-marco de portas e janelas de alumínio, Gás, Contra-piso e piso, Impermeabilização, Esquadrias de portas e janelas de alumínio, Guarda-corpo e corrimões, Forro de gesso.... Em cada atividade é apresentado um quantitativo para definir a duração(dias) e a produtividade(m²/dia).

Estipulou-se que a duração total da obra seria igual ou inferior a 48 (quarenta e oito) meses, considerando o contrato firmado com os clientes, 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 (MENDES E HEINECK, 1998):

$$R = \frac{Dt}{N - 1}$$

Uma vez definida a duração de cada atividade, as equipes são dimensionadas, conforme as constantes de produtividade, de acordo com a equação (MENDES E HEINECK, 1998):

$$\text{Tamanho da equipe} = \frac{\text{conteúdo de trabalho (homem - hora)}}{\text{duração(dias)} \times \text{jornada de trabalho (horas/dia)}}$$

A duração dos serviços e dimensionamento das demais equipes, bem como o custo da mão-de-obra, estão expressos na figura 3.

SUPRAESTRUTURA			ÁREA (m ²)	nº EQUIPES	PESSOAS POR EQUIPE	DURAÇÃO (dias)	RITMO	PRODUTIVIDADE
12	caixa d'água	11 pavimento	33,83	1	7	8	0,5	4,22875
11	barilete	10 pavimento	33,83	1	7	8	0,5	4,22875
10	cobertura	9 pavimento	191,99	1	7	26	0,5	7,384230769
9	duplex	8 pavimento	322,66	1	7	35	0,5	9,218857143
8	tipo 5	7 pavimento	363,74	1	7	45	0,5	8,083111111
7	tipo 4	6 pavimento	363,74	1	7	45	0,5	8,083111111
6	tipo 3	5 pavimento	363,74	1	7	45	0,5	8,083111111
5	tipo 2	4 pavimento	363,74	1	7	45	0,5	8,083111111
4	tipo 1	3 pavimento	363,74	1	7	45	0,5	8,083111111
3	tipo	2 pavimento	363,74	1	7	45	0,5	8,083111111
2	garagem	1 pavimento	473,56	1	7	50	0,5	9,4712
1	garagem	térreo	540,00	1	7	60	0,5	9
INÍCIO			TÉRMINO		DURAÇÃO			
jun/18			set/19		457			

Figura 3 - Referencial quantitativo de serviço

Para desenvolver a LOB, utilizou-se o calendário com feriados nacionais, estaduais e municipais, para que sejam descontados dos dias úteis trabalhados, formalizando a contagem dos dias para cada atividade no respectivo pavimento, estabelecendo um sequencial no gráfico.

Tendo como base fiel o cronograma físico-financeiro, foi traçada a diagonal para cada atividade finalizando a LOB, como mostra na figura 4 e figura 5.

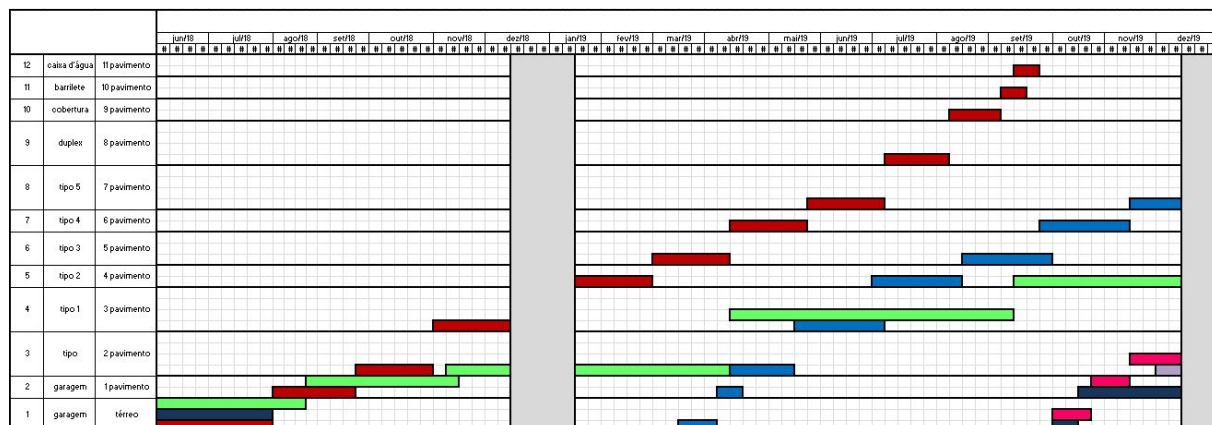


Figura 4 - Gráfico parcial da LOB

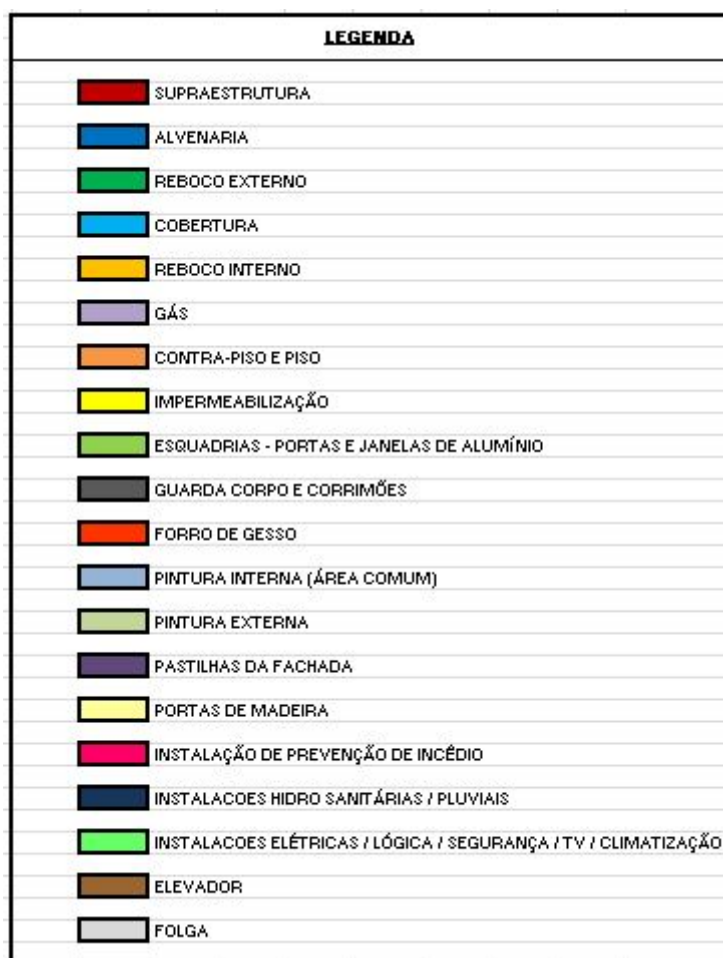


Figura 5 - Legenda das atividades desenvolvidas na LOB

5. Conclusão

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.

A repetitividade contínua da execução de serviços proposta pela técnica de Linha de Balanço proporciona uma melhoria na especialização da mão de obra, no efeito aprendizagem e, como consequência desse último, melhora a motivação, pois a equipe aumenta a produtividade o mais rápido possível.

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.

Referências Bibliográficas

ABRANTES, C. B. Utilização da linha de balanço: como dimensionar equipes e demandar o ritmo de produção das atividades. São Paulo, 2017.

ARDITI, D.; ALBULAK, M. *Line-of-Balance Scheduling in Pavement Construction*. Journal of Construction Engineering and Management, v. 112, n. 3, p. 411–424, 1986.

BAER, A. O Segredo do Sucesso na Indústria da Construção Civil. Curitiba, 2014

BALLARD, G. H. *The last planner system of production control*. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham. Birmingham, 2000.

CARDIM, R. F.; PICCHI, F. A. Potencial de redução do prazo de empreendimento através da aplicação de linha de balanço. SIBRAGEC ELAGEC, São Carlos – SP, 07 a 09 de Outubro, 2015.

COLOMBAROLI, V. B. et al. Avaliação da filosofia Lean Construction: Um estudo de caso em duas obras civis. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ABEPRO, Anais. João Pessoa, 2016.

DEPEXE, M. D. et al. *Aplicação da técnica da Linha de Balanço segundo os princípios da Lean Construction*. Florianópolis, 2006.

FORMOSO, T. C. Planejamento e controle da produção em empresas de construção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001

HEINECK, L. F. M.; PEIXE, L. T. Aplicação do conceito do método de linha de balanço à programação de obras repetitivas: decisões fundamentais para sua aplicação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10., 1990, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 1990.

JUNQUEIRA, L. E. L. Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

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.

LIKER, J. K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005. Título original: The Toyota way.

LIMMER, C. V. Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras. Rio de Janeiro: LTC. 1997.

LOSSO, I. R.; ARAÚJO, H. N. *Aplicação do método da linha de balanço: estudo de caso*. In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 1995. Anais... Rio de Janeiro, 1995.

MADERS, B. Técnica de programação e controle da construção repetitiva – Linha de Balanço – Estudo de caso de um conjunto habitacional. 1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MAGALHÃES, R. M. et al. Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro. Gest. Prod., São Carlos, v. 25, n. 1, p. 44-55, 2018

MATTOS, A. D. Planejamento e Controle de Obras. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010.

MENDES JR., R.; HEINECK, L. F. M. *Towards production control on multi-story building construction sites*. In: Annual Conference Of The International Group For Lean Construction, 7., 1999, Berkeley. Proceedings... Berkeley, 1999, p. 313 – 324.

MENDES JR., R. Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MOURA, R.; HEINECK, L. Linha de balanço – síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras. In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. Maceió, AL: 2014.

MUBARAK, S. *Construction project scheduling and control* (2. ed.). New Jersey: John Wiley & Sons. 2010.

POGET, M.; GRANJA, A. D. Proposta didática para comparação entre métodos de planejamento tradicionais e Lean. SIBRAGEC ELAGEC, São Carlos – SP, 07 a 09 de Outubro, 2015.

SARRAJ, Z. M. Al. *Formal development of line-of-balance technique*. Journal of Construction Engineering and Management - ASCE. 1990. Vol. 116. N° 4. pp. 689-704.

SILVA, F. B.; BARROS, M. M. S. B. Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais: apresentação de um plano de ação. São Paulo, 2013.

SILVA, G. M. Estudo de viabilidade de empreendimentos residenciais nas empresas construtoras/incorporadoras da cidade de Tubarão/SC. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão.

MENDES JR., R.; HEINECK. 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.

SAKER, T. The Line of Balance Scheduling Technique, The American University in Cairo The Professional Program in Project Management (2010).



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018