

# DADOS BÁSICOS PARA A PROGRAMAÇÃO DE EDIFÍCIOS ALTOS POR LINHA DE BALANÇO

HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann (1)

(1) Ph. D., Professor Titular do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas.  
Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Tecnológico. Cx. Postal 476. 88010-970  
Florianópolis - SC

## RESUMO

A programação das atividades para a construção de edifícios requer a aplicação de uma técnica de planejamento de obras conhecida como Linha de Balanço. Para esta programação são necessários dados advindos do orçamento informando as quantidades típicas de mão de obra necessárias para a execução dos vários serviços. Este é um processo laborioso que consome grande parte do tempo que poderia ser dedicado a simulação de várias estratégias para a condução do empreendimento. Este trabalho sugere alguns números básicos referentes ao consumo de mão de obras nas várias categorias profissionais e para os vários serviços, retirados de orçamentos e de apontamentos de consumo real de insumos em algumas edificações. Também são indicadas quantidades típicas de serviços, expressas por metro quadrado de obra, que podem auxiliar na definição dos insumos necessários em obra.

**Palavras Chaves:** programação de obras, orçamentos, custos a nível de projeto

## 1. INTRODUÇÃO

A programação de obra para edifícios altos requer a utilização de uma técnica de planejamento de obra conhecida como Linha de Balanço, que mostra-se adequada para a simulação de várias alternativas na condução dos trabalhos nos canteiros. Este trabalho de testar as diferentes estratégias de condução da obra requer, no entanto, que estejam disponíveis dados sobre o consumo de mão de obra em cada uma das atividades repetitivas do canteiro. Este é um trabalho laborioso que geralmente impede a análise por parte do orçamentista ou programador da obra das várias conseqüências de decisões tomadas sobre ritmos, durações básicas, e duração total da obra, pela falta de tempo após a busca de quantidades exatas de serviços nos orçamentos e suas respectivas produtividades. Assim, apresenta-se neste trabalho várias fontes de informações já disponíveis sobre a realidade brasileira que permitem rapidamente equacionar as quantidades de serviços e a quantidade de mão de obra necessárias para as atividades repetitivas de um canteiro de obras de um edifício alto.

## 2. A ORIGEM DOS DADOS

É conhecida a área de custos geométricos de projeto, representada pelo livro do Prof. MASCARÓ (1975), que indica como os custos variam em função de decisões tomadas pelo projetista. Esta análise foi continuada nas dissertações de mestrado de HIROTA (1987), OLIVEIRA

(1990), LOSSO (1995) e SOLANO (1996), hoje consolidados no levantamento presente no Manual de Indicadores de Qualidade e Produtividade do projeto SEBRAE/SINDUSCON/NORIE do Rio Grande do Sul (OLIVEIRA et al., 1995). A dissertação de mestrado de ANDRADE (1996) traz dados para casas para média e alta renda na cidade de Florianópolis, dados estes levantados do consumo real de insumos coletados através de notas fiscais da execução destas unidades habitacionais.

Estes dados são mencionados abaixo e podem ser obtidos com maior abrangência nas publicações citadas.

### 3. UMA ESTRUTURA PARA ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EM VÁRIOS NÍVEIS

Os dados existentes são de várias origens e formas, as vezes referindo-se a custos, por outra a quantidades físicas de insumos ou serviços, por compartimento da edificação ou pelos seus elementos construtivos (paredes, pisos, instalações, etc.). Cabe então criar uma estrutura que possa organizar e sistematizar estas informações e que permita coletar mais e mais dados na medida que trabalhos da mesma natureza venham sendo desenvolvidos. Neste caso, além de reforçar as médias já existentes, preenche-se aquelas lacunas de dados ainda não averiguados na literatura.

Em forma hierárquica a estrutura de dados começa com o preço pago pelos imóveis, tanto em termos absolutos como de preços por metro quadrado. Esta é uma informação de pouca utilidade para o planejamento físico do empreendimento, a não ser pelo fato de que através dela é possível determinar a duração da obra em função da capacidade de pagamento do cliente. Em várias cidades existem serviços de avaliação mercadológica que fornecem os preços dos imóveis ofertados.

A segunda informação refere-se ao custo de construção, novamente podendo este ser expresso de forma global ou por metro quadrado de edificação. É interessante observar a distância entre o preço de venda e o custo de construção, podendo este representar a metade do preço, sendo o restante preenchido pelas despesas com a compra do terreno, projeto, despesas administrativas, despesas financeiras, impostos e taxas, despesas de comercialização, lucro e previsão para despesas eventuais. O custo da edificação é informação de extrema utilidade, porque pode ser decomposto pelos vários serviços através de tabelas de participação percentual dos itens de obra, como apresentadas por MORSH et al. (1986). Na falta de uma informação melhor, pode-se tomar como pressuposto que o consumo de mão de obra nos vários serviços segue a mesma participação percentual do custo do serviço como um todo.

O custo global da edificação precisa ser decomposto entre aqueles serviços que são comuns aos vários apartamentos, como é o caso de fundações, telhados, elevadores e aqueles que são repetidos de andar para andar, objeto da programação por Linha de Balanço. Também precisa haver a separação dos custos da áreas de uso comum não repetitivas, como é o caso de hall de entrada, pilotis e áreas da cobertura. As primeiras informações podem ser obtidas também das tabelas de participação percentual dos serviços, enquanto que as últimas são obtidas de publicações que informam as relações entre áreas comuns e áreas privativas nos apartamentos, como as fornecidas no Manual de Arquitetura Empresarial da ENCOL.

O custo global da edificação pode ser obtido também pelo somatório de custos de cada compartimento individual ou elemento funcional da edificação com função destacada. Assim é que o custo de um edifício seria obtido pelo somatório do custo dos quartos, salas, banheiros, cozinhas, corredores, áreas de circulação, elevadores, prumadas elétricas, fundações, telhados e fachadas especiais existentes. Cada um destes cômodos pode ter um custo global médio para sua execução ou então uma metragem quadrada (ou linear no caso das prumadas) a ser multiplicada por um custo de

execução por metro quadrado de área de piso (ou metro linear no caso das prumadas, ou metro quadrado de desenvolvimento vertical, como no caso das fachadas). Interessam assim, as áreas médias dos cômodos, principalmente se puderem ser divididas em tipologias (luxo, popular, grande, pequenas) associadas a custos de execução também tipológicos. Para a obtenção de dados para a programação de obras, valores como a área média de banheiros e cozinhas podem auxiliar na avaliação das quantidades de revestimentos cerâmicos internos em cada prédio. As quantidades de mão de obra de azulejista seriam obtidas por constantes genéricas, do tipo 1 hh/ m<sup>2</sup> de revestimento.

O custo dos serviços é obtido pela multiplicação das quantidades medidas pelo custo unitário de execução, custo unitário este expresso na unidade de medida do serviço: assim para as alvenarias tem-se o m<sup>2</sup> de parede, enquanto para fiação elétrica se tem a metragem linear de fios. A quantidade do serviço pode ser expressa de maneira global, como em termos de quantidade por m<sup>2</sup> de piso da edificação. A obtenção da quantidade de mão de obra em cada serviço pode ser obtida pressupondo-se que a divisão típica de custos da obra é mantida também para os serviços individuais (70% do custo para materiais de 30% do custo para mão de obra), dividindo-se o valor global de mão de obra disponível para a realização do serviço por um custo horário médio, incluindo profissionais e serventes, horas pagas e leis sociais, conforme é praticado no mercado.

O valor total de horas de trabalho incluídas na edificação também pode ser obtida por dois caminhos. O primeiro assume a proporção de 70/30% preconizada acima. O segundo método parte do valor médio levantado na realidade brasileira sobre gastos de homem/hora para cada m<sup>2</sup> de edificação, que segundo o levantamento de OLIVEIRA et al (1995) situa-se em torno de 43 hh/m<sup>2</sup>. A decomposição deste valor para cada serviço é grosseiramente obtida pelas tabelas de participação percentual aludidas anteriormente.

O custo global da edificação é decomposto em áreas de uso comum e privativas, em cômodos e componentes funcionais, em serviços e finalmente em insumos necessários para sua execução. Assim, outros dados de interesse são as quantidades globais de insumos gastos em cada edificação, as quantidades por m<sup>2</sup> de piso da edificação, e finalmente as quantidades por unidade de execução do serviço (m<sup>2</sup> de alvenarias, m<sup>3</sup> de concreto, ml de rodapés, etc.) Esta última informação vem dar origem as constantes unitárias de consumo de materiais e mão de obra, que não são objeto deste trabalho, e cujo uso procura-se evitar, em função da imprecisão a elas associada e o fato de induzirem a realização dos laboriosos orçamentos discriminados.

Em particular interessam as quantidades globais de cada tipo de mão de obra envolvida na construção (pedreiros, carpinteiros, armadores, pintores, ladrilheiros, etc.), assim como as quantidades por m<sup>2</sup> de piso. A partir de uma perspectiva sempre de decomposição dos custos globais em custos parciais, em um processo de síntese orçamentária, contrária a prática usual de sua visão analítica, onde o todo é a soma das partes, pode-se dizer que decompondo-se adequadamente o valor de 43 hh/m<sup>2</sup> citado anteriormente por OLIVEIRA et al. (1995), pode-se chegar as quantidades de homens-hora de cada profissão envolvida.

A nova NBR-12721 que trata da Avaliação de Preços em Obras por Incorporação, sucedendo a antiga NB-140, traz valores para o consumo por m<sup>2</sup> de piso para várias profissões e inclusive valores globais de homens-hora por m<sup>2</sup> de edificação. Estes valores são altos quando comparados com a média levantada por OLIVEIRA et al. (1995), devido ao fato de que provavelmente os consumos unitários expressos no CUB estão majorados para fazer frente a muitos insumos que não estão presentes na listagem deste sistema de indicador de custos. Versões anteriores da NBR-12721, documentadas no Manual de Indicadores (OLIVEIRA et al., 1995), também fornecem valores para várias profissões.

#### 4. DADOS BÁSICOS PARA A PROGRAMAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Os dados necessários são as quantidades de homens-hora de profissionais (para a maioria dos serviços) necessários para a execução de cada m<sup>2</sup> de obra, dentro dos principais serviços de obra. Pode-se partir de tabelas que indiquem as quantidades de horas de cada profissão por m<sup>2</sup> de obra, uma vez que as profissões participam quase que biunivocamente apenas de um serviço. Assim é o caso dos carpinteiros e armadores para a estrutura de concreto, os instaladores hidráulicos e elétricos para as instalações, os gesseiros para os forros, os ladrilheiros para os pisos e azulejos, os pintores para a pintura. Algumas profissões são de extrema dificuldade para sua alocação entre os vários serviços, como é o caso dos pedreiros que participam do concreto das fundações e estruturas, das alvenarias, dos revestimentos em todas as suas fases, dos contrapisos e eventualmente das impermeabilizações. Para os ladrilheiros ou pastilheiros precisa-se criar mecanismos de separar os revestimentos internos dos externos, estes de extrema importância na estratégia de programação de uma obra alta.

Optou-se então pelo uso de algumas tabelas existentes, sobre consumos por m<sup>2</sup> de piso, nomeadamente de SOLANO (1995) e LOSSO (1995), para após realizar-se uma alocação da mão de obra pelos vários serviços, quando isto se fazia necessário. Utilizaram-se também vários orçamentos discriminados para edifícios que tinham sido alvo de programação por linha de balanço, para gerar médias de consumo em cada serviço por m<sup>2</sup> de piso, como pode ser visto na primeira coluna da tabela 3. Estes dados médios alocados as várias profissões foram então comparados com as tabelas 1 e 2 propostas pelos autores acima.

Tabela 1 - Homens-horas por metro quadrado para edificações de luxo em Porto Alegre

Profissão	Homens-hora por m <sup>2</sup>
Pedreiro	5,90
Carpinteiro	3,90
Armador	
Eletricista	
Encanador	
Pintor	
Azulejista/esquadrilheiro	0,44
Esquadrilheiro	0,22
Total de Profissionais	15,66
Servente	9,70
Ajudante de carpinteiro	3,66
Ajudante de armador	1,70
Ajudante de electricista	1,20
Ajudante de encanador	0,80
Ajudante de pintor	0,40
Total de serventes/ajudantes	17,40
Total geral	33,40

Tabela 2 - Homens-horas por metro quadrado para edificações de luxo em Curitiba

Profissão	Homem-hora por m <sup>2</sup>
Servente	12,1
Pedreiro	10,4
Carpinteiro	4,7
Armador	2,5
Marceneiro	1,1
Serralheiro	0,2
Total	30,8

Fonte: LOSSO, 1995

Tabela 3 - Homem/hora por m<sup>2</sup> de piso para os vários serviços e sua alocação pelas diferentes profissões

	Alocação de Mão de Obra pelas Várias Profissões											
	hh/m <sup>2</sup>	Ped	Carp	Arm	Elct	Pintor	Azul	Pastilh	Gesse	Esqua	Encan	Serv.
Estrutura	11	1	3	1								6
Alvenaria	4	2										2
Elétrica	3	0,5			1,5							1
Hidráulica	2	0,1									0,9	1
Rev. Interno	6	3					(0,4)					3
Rev. Externo	2	1						(0,4)				1
Esquadrias	2									1		1
Piso	2	0,3					0,7					1
Forro Gesso	0,3								0,3			0,3
Forro madeira	0,1									0,1		0,1
Pintura	5					4						1
Limpeza	1											1
TOTAL	38,4	7,9	3	1	1,5	4	(1)	0,4	0,3	1,1	0,9	18,4
						20						
SOLANO	33,4	5,9	3,9	1,7	1,5	0,9	0,4			0,2	1,1	17,4
						15						
Irmãos Tha	30,8	10,4	4,7	2,5						1,1		12,1
						18,7						
NBR 12721	54,3	17,7	8,7	2,0		3,9						22
						32,3						

## 5. UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Para uma obra com laje de  $300\text{ m}^2$  e vinte andares, para uma duração total de 3 anos teria-se a seguintes quantidades de homens em cada equipe, duração das atividades e ritmos de execução dos serviços:

- ⇒ *Estrutura*:  $11\text{hh/m}^2 \times 300\text{m}^2/38$  homens  $\times$  44 horas/semana = 2 semanas
- ⇒ *Alvenaria*:  $2\text{hh/m}^2 \times 300\text{m}^2/7$  pedreiros  $\times$  44 horas/semana = 2 semanas
- ⇒ *Revestimento Interno*:  $3\text{hh/m}^2 \times 300\text{m}^2/7$  pedreiros  $\times$  44 horas/semana = 3 semanas
- ⇒ *Revestimento externo*:  $1\text{hh/m}^2 \times 300\text{m}^2 \times 20$  andares/4 fachadas  $\times$  9 pedreiros  $\times$  44 horas/semana = 4 semanas
- ⇒ *Esquadrias*:  $1\text{hh/m}^2 \times 300\text{m}^2/3$  colocadores  $\times$  44 horas/semana = 3 semanas
- ⇒ *Pisos*:  $1\text{hh/m}^2 \times 300\text{m}^2/3$  ladrilheiros  $\times$  44 horas/semana = 3 semanas
- ⇒ *Pintura*:  $2,5\text{hh/m}^2 \times 300\text{m}^2/4$  pintores  $\times$  44 horas/semana = 5 semanas

Segundo os conceitos de linha de balanço a construção da unidade de base (no caso o pavimento com  $300\text{m}^2$ ) levará 21 semanas, que é o somatório das durações levantadas anteriormente. Cabe esclarecer que o revestimento externo, por ser feito por fachada e não por andar, não entrou no cálculo da duração total. Também não foram apresentados valores para a duração das instalações elétricas e hidráulicas, que apesar de terem um consumo de mão de obra de magnitude média ( $3$  e  $2\text{ hh/m}^2$ , terão seu esforço produtivo pulverizado pelas várias atividades das instalações, como abertura de rasgos, colocação de dutos, montagem de caixas e aparelhos, etc. Estas atividades serão realizadas em paralelo com as atividades principais objeto de cálculos no parágrafo anterior.

Sendo a duração total de 3 anos, ou seja cerca de 150 semanas, e admitindo-se tempo de mobilização (tomada de posse do canteiro, construção das instalações de apoio, e fundações) tomado igual a 12 semanas, tem-se que o tempo para a entrega dos 20 andares será de  $150 - 12 - 21 = 117$  semanas, ou seja, seria possível entregar um andar a cada 5,85 semanas. Em termos práticos são necessárias folgas na programação das atividades, assim como ocorre uma potencial interrupção no fluxo produtivo quando os serviços de construção do edifício passam a ser executados de cima para baixo, enquanto anteriormente vinham sendo executados de baixo para cima. Isto determina a ocorrência de tempos de abertura, que dilatam em muito o chamado tempo de base (tempo necessário para executar a construção da unidade de base, no caso o andar). Assim adota-se uma redução fictícia da duração total do contrato de 40%. Desta maneira, adotando-se a duração fictícia de 60% da duração total, e repetindo-se os cálculos anteriores, o ritmo aumenta para cerca de 3 semanas por andar. Dada que todas as atividades tem uma duração igual ou inferior a 3 semanas basta a colocação de uma equipe de trabalho para dar vencimento ao ritmo programado; somente a atividade de pintura, com duração de 5 semanas, requer a colocação de 2 equipes, cada uma atacando o serviço em andares alternados, de cima para baixo no prédio, ao longo dos 20 andares deste.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, V. A. *Modelagem dos custos para casas de classe média*. Dissertação de mestrado. UFSC. PPGEF. Florianópolis. 1996;  
ENCOI. *Arquitetura Empresarial, Manual de Utilização*;

- HIROTA, E. H. *Estudo exploratório sobre a tipificação de projetos de edificação visando a reformulação da NB-140*. Dissertação de Mestrado. UFRGS. CPGEC. Porto Alegre. 1987,.
- LOSSO, I. R. *Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custo: estudo de caso em uma empresa de construção*. Dissertação de Mestrado. UFSC. CPGEC. Florianópolis. 1995,.
- MASCARÓ, J. L. *Custo das decisões arquitetônicas*. Editora Nobel. São Paulo. 1975;
- MORSH, D. e HIROTA, E. H. *Participação percentual dos serviços em um orçamento*. Caderno Técnico. UFRGS. CPGEC. Porto Alegre. 1986,
- OLIVEIRA, M. *Análise das características geométricas de prédios habitacionais relacionadas com o custo*, IX ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1989, Porto Alegre, RS, p. 12-24,.
- OLIVEIRA, M.; LANTELME, E. e FORMOSO, C.T. *Sistemas de indicadores de qualidade e produtividade da construção civil - manual de utilização*. 2ª edição. Porto Alegre. 1995;
- SOLANO, R. da S. *Curva ABC de fornecedores - uma contribuição ao planejamento, programação, controle e gerenciamento de empreendimentos e obras*. Dissertação de Mestrado. UFRGS. CPGEC. Porto Alegre. 1995.