

# USO DE MODELOS PARAMÉTRICOS EM ESTIMATIVAS DE CUSTO PARA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

**Juliano Araújo Otero**

Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Fone: (062) 224-7304 - E-Mail: jotero@eps.ufsc.br

*ABSTRACT: Construction cost estimating is thoroughly revised in this paper in order to introduce a new concept based on Parametric Estimating. The search for cost drivers is discussed and highlighted as the main cornerstone in this methodology. Principles for selecting cost drivers are outlined and practical applications are envisaged. At the end the Brazilian literature on parametric cost estimating is summarized, setting guidelines for the research work the author is dealing with at GECON - Construction Management Group of the Graduate Program in Production Engineering at UFSC.*

*ÁREA: Gerência da Produção - Gerência da Construção Civil*

*KEYWORDS: Cost Estimating Relationships, Parametric Estimating, Building Construction*

## 01 - INTRODUÇÃO

A estimativa de custo é uma das principais atividades ligadas à gerência de produção dentro do setor da construção de edifícios, sendo a partir dela que se estabelece uma grande parte das informações utilizadas dentro do planejamento e controle de obras. Suas principais aplicações se relacionam às seguintes atividades: avaliação correta de todos os custos necessários para a execução da construção e, deste modo, determinar o valor total a ser financiado ou contratado; controle operacional da execução da respectiva obra, com a delimitação, dentro de um quadro de medição, das partes componentes do edifício de maneira a permitir o acompanhamento do cronograma de produção; simplificação do cálculo de recursos necessários à realização de cada parte do edifício e, deste modo, possibilitar a programação de sua execução e o correto e racional abastecimento destes recursos dentro da obra; controle de despesas efetivadas dentro do processo de produção tendo em vista os valores definidos em orçamento; e elaboração de índices de custo, de consumo de recursos e de formação elementar de grupos de trabalho. (MIHAI & SULER, 1980)

Uma metodologia para estimativa de custo deve seguir algumas diretrizes básicas para alcançar sua máxima eficiência dentro destas atividades acima citadas. O primeiro destes princípios é a necessidade da estimativa de custo apresentar-se como um documento claro, de fácil entendimento e revisão. “Uma estimativa é um documento permanente que serve como base fundamental para decisões de negócio. Assim, deve se

apresentar em uma forma com a qual possa ser entendida, controlada, verificada e corrigida.” (CARR, 1989)

Ao mesmo tempo, uma segunda característica que deve apresentar é a simplicidade em seu processo, com vistas a uma minimização dos recursos e prazo necessários para a produção da estimativa. Isto deve ocorrer particularmente na etapa final deste processamento, desde o levantamento dos valores de entrada que caracterizam o produto em questão até o cálculo final do valor estimado, entretanto deve ser objetivado durante todo o ciclo. Um ponto crítico neste sentido é a formação da base de dados históricos utilizada.

Uma última diretriz, a qual se coloca como fundamental na escolha do método de estimativa a ser adotado, é o realismo presente nos resultados por este alcançados, tendo em vista o nível de responsabilidade requerida dentro de seu campo de aplicação. Os resultados alcançados dentro daquela metodologia para estimativa devem ser tão próximos dos valores reais de modo a não ocorrerem falhas graves com a sua utilização na tomada de decisões. “Um desafio ao estimador é produzir uma estimativa que seja acuradamente um reflexo da realidade.” (CARR, 1989)

De maneira geral, duas metodologias principais para processamento destas estimativas são difundidas e utilizadas dentro do contexto brasileiro: o Custo Unitário Básico (CUB) e o Orçamento Detalhado. Estes se apresentam com objetivos bastante diversos, sendo enquadrados em diferentes etapas do ciclo de produção, e apesar de serem bastante tradicionais diversas falhas são apontadas na sua utilização.

O método do CUB é basicamente utilizado para fundamentação de decisões em etapas preliminares do processo decisório e de questões de fundo jurídico, fiscal e tributário. Apresenta extrema simplicidade de uso, sendo o cálculo dos valores básicos feito a partir de listas pré-definidas de insumos e por um órgão centralizado, o Sindicato da Construção de cada região. Tem como valores de entrada as áreas horizontais de construção, ponderadas para definição de uma Área Equivalente, e a definição da tipologia da edificação sob estudo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992). No entanto, em função do caráter generalista deste método, é aceito que seus resultados apresentam erros de grande magnitude com relação aos custos reais.

Em um outro extremo coloca-se o Orçamento Detalhado, o qual tende a alcançar resultados com uma precisão muito maior. Fundamenta-se na desagregação do projeto em seus diversos serviços ou atividades, numa descrição completa de todas as suas partes, com o posterior detalhamento em quantidade e preço de todos aqueles materiais, mão de obra e equipamentos necessários a sua execução. “Em resumo, pode-se dizer que no orçamento discriminado faz-se um levantamento detalhado de todos os insumos e infraestrutura administrativa necessários para a concretização dos elementos representados nos projetos.” (HIROTA, 1988)

Mesmo sendo o método do qual se espera maior realismo em seus resultados, este método apresenta desvantagens em seu uso. Seu processamento se mostra extremamente complexo, retratando o próprio processo de construção que apresenta uma grande diversidade de serviços e insumos e que se utiliza fortemente da mão de obra, no geral com baixo nível de treinamento e grande rotatividade. Tais fatores dificultam a formação de uma base de dados históricos sobre composições unitárias de insumos, representando uma quantidade muito grande de informações e de alta variabilidade.

Além disso, o volume de informações de entrada necessário para o processo de estimativa, a quantificação da totalidade dos serviços previstos, propicia a existência de diversos erros grosseiros e omissões quase absurdas. “O levantamento de quantitativos é uma fonte de erros bastante comum. Os erros usuais são ligados a leitura de plantas, medição e

cálculo aritmético, assim como, obviamente, a projetos ambíguos ou incompletos.” (GATES, 1971)

Por outro lado, “a construção é um processo inerentemente incerto e consequentemente há um limite para o grau de exatidão com o qual pode-se prever seus custos.” Assim o esforço para aumento da precisão com que se processa a estimativa deve ter como horizonte o valor desta incerteza intrínseca ao ciclo produtivo, sendo que não se justifica o nível de detalhamento normalmente requerido dentro do orçamento discriminado. (BENNETT & BARNES, 1979)

Dentro desta realidade, coloca-se como uma alternativa para a estimativa de custos para a construção de edifícios os aqui denominados Modelos Paramétricos de Custo, metodologia que se situaria em termos de custos de processamento e de precisão entre as técnicas do Custo Unitário Básico e do Orçamento detalhando, podendo substituí-los em vários momentos com uma eficiência muito maior.

## **02 - DEFINIÇÕES**

O Modelo Paramétrico de Custo forma-se a partir da fragmentação do custo global da obra e da definição de Relações Paramétricas de Custo, ou, em inglês, *Cost Estimating Relations* (CER's), estabelecendo uma ligação entre estas parcelas de custo e alguma variável relevante na caracterização do projeto.

De maneira específica, UNITED STATES OF AMERICA (1995) define Relações Paramétricas de Custo como “expressões matemáticas relacionando custos, como variáveis dependentes, a um ou mais parâmetros técnicos do produto, sendo as variáveis independentes do modelo e denominados direcionadores de custo.”

A estimativa paramétrica de custo é tal que utiliza relações de estimativa de custo e algoritmos matemáticos ou lógicos de modo a obter a estimativa de custo. Estas relações de estimativa de custo podem tomar diversas formas, variando entre regras informais ou simples analogias e funções matemáticas mais complexas derivadas de análises estatísticas de dados empíricos. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

O principal ponto na fundamentação de relação de custo é a existência de uma clara ligação entre custo e um parâmetro técnico do produto final, um Direcionador de Custo. Técnicas paramétricas enfocam os principais direcionadores, não em detalhes presentes no processo. Tais parâmetros são características controláveis do produto presentes em seu projeto ou planejamento e possuem efeito predominante sobre o sistema de custo, sendo que assim utiliza-se algumas poucas características importantes que possuem o impacto mais significativo sobre o produto em estudo. Um requisito fundamental para a inclusão de uma variável não contábil nas relações paramétricas de custo é que esta seja um fator estatisticamente significativo sobre o custo do produto ou parte deste. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

## **03 - METODOLOGIA DE USO**

No desenvolvimento de uma Relação Paramétrica de Custo, o ponto inicial a ser considerado é o levantamento de uma hipótese sobre uma relação lógica de custo entre as

variáveis características do projeto. Alguns analistas acreditam que a hipótese vem antes, então se constrói a base de dados para avaliação. Outros apontam que a coleta de dados ocorre primeiro, sendo a determinação do modelo e a verificação da lógica da relação estabelecida feita com base nos dados coletados. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

Muitos custos podem ser relacionados com outras variáveis contábeis ou não de alguma maneira, mas nem todas as relações podem ser convertidas em relações paramétricas. Uma relação paramétrica deve ter duas características básicas: primeiro, deve apresentar alguma ligação racional a variável básica e o custo a ser obtido; e segundo, deve-se obter um forte ajustamento estatístico e intervalo de confiança entre custo e elemento principal. O desenvolvimento do modelo envolve a discussão com especialistas a respeito dos possíveis direcionadores de custo existentes, da apropriação de propostas técnicas e de custo e da identificação de hipóteses para as relações de custo. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

Uma etapa bastante crítica na produção e utilização de Relações Paramétricas de Custo é o levantamento de dados. Dados históricos sobre custos e horas de trabalho são requeridas como base para a estimativa paramétrica de custos, sendo que tais dados devem ser consistentes com procedimentos e padrões contábeis. Também são requeridos dados não contábeis sobre características físicas, de performance e de engenharia do produto ou item estudado, com estes dados sendo retirados de plantas, especificações, certificados e experiência direta. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

Este é um dos passos que consomem maior tempo e custo para a formação da CER's, sendo que a disponibilidade de dados, particularmente no setor da construção civil, é muito pequena. O ideal neste levantamento de informações é o fato de que a empresa obtenha seus próprios índices de maneira a poder ter maior controle e confiabilidade sobre as variáveis que influenciam seu custo. "As dificuldades em estimar custos de projetos em que as informações disponíveis são insuficientes e a necessidade de monitorar estas informações ao longo de sua utilização, colocam como fator preponderante na busca de maior precisão o armazenamento de dados de obras executadas pela empresa como fonte mais adequada de alimentação de processo." (LOSSO, 1995)

No entanto, coloca-se muito mais comum a utilização de fontes externas de dados, contendo informações consolidadas de diversos locais - outras empresas, arquivos públicos. Tais fontes, apesar de serem bastante utilizadas, possuem diversas desvantagens, entre elas: o desconhecimento por parte do usuário a respeito dos procedimentos utilizados para levantamento de dados; a questão do tratamento de anormalidades presentes nos dados originais; as diferenças entre os processos tecnológicos utilizados na fonte de dados e no cenário onde se faz a estimativa; e a inabilidade de acuradamente prever futuros índices. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

Um termo largamente utilizado hoje é realismo de custo. Ninguém espera que uma estimativa de custo prediga precisamente quanto determinado produto custará. O realismo de custo não trata da exatidão da estimativa, trata sim do sistema de lógica, as condições futuras assumidas e as características presentes na base histórica da estimativa. Neste sentido, devem ser anotadas nas bases de dados utilizadas qualquer anormalidade, ou evento não usual, ocorrida que possa perturbar seu comportamento. Os dados devem ser ajustados com relação a estas anormalidades quando não é razoável esperar que estas ocorram em novos projetos. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

A base de dados deve ser tratada de modo a prevenir variações advindas de fontes não relevantes, sendo de particular interesse neste aspecto o processo inflacionário. Não há maneiras fixas de estabelecer índices universais de inflação que se encaixem em todas as

possíveis situações, sendo índices inflacionários influenciados por fatores internos assim como por taxas externas de inflação. Os fatores para deflação de valores de custo devem ser fundamentados no custo de materiais e mão de obra do setor em questão com a utilização de uma base unitária. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

Dados históricos perfeitos podem não existir, mas julgamento e análise devem fornecer resultados razoáveis. Nesta direção, coloca-se essencial a confiança e total conhecimento dos dados utilizados nas decisões, de modo a possibilitar o ajuste das informações existentes àquele projeto sob estudo com a minimização dos erros existentes.

É importante que qualquer hipótese para relação de custo a ser utilizada seja testada cuidadosamente para sua validação a partir de processos estatísticos. Uma análise estatística deve ser executada de modo a determinar as variáveis que melhor predizem o custo, os direcionadores de custo. Conhecimento de estatística básica, prática em modelagem e experiência com relação ao uso de técnicas analíticas são necessários para o desenvolvimento de relações paramétricas para estimativa. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

As principais ferramentas neste sentido são a análise de variância e, especialmente, análises de regressão e multiregressão. Apesar de se apresentarem como técnicas mais complexas, o uso de programas computacionais tornam a aplicação destes possível a um baixo custo e a curto prazo.

Para a análise estatística de uma relação paramétrica deve-se estabelecer o seguinte: existem mais pontos de dados do que coeficientes a serem estimados; os erros não estabelecem um padrão sistemático, sendo aleatórios; as variáveis independentes não apresentam alta correlação; a forma da equação a ser estimada é linear ou pode ser linearizada, especialmente com uso de logaritmos; o modelo faz sentido do ponto de vista técnico e econômico. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

Se na análise dos dados de uma Relação Paramétrica de Custo forem estabelecidos valores espúrios, a retirada destes deve ser precedida por explicações satisfatórias. Caso estas não sejam possíveis, o desenvolvimento da relação deve manter tais dados. De modo geral, valores espúrios afetam mais a dispersão dos dados do que os resultados da equação paramétrica. Entretanto, se alguns pontos forem excluídos e se tal fator influenciar os resultados da relação paramétrica significativamente, esta pode não apresentar utilidade operacional mesmo que seja teoricamente válida. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

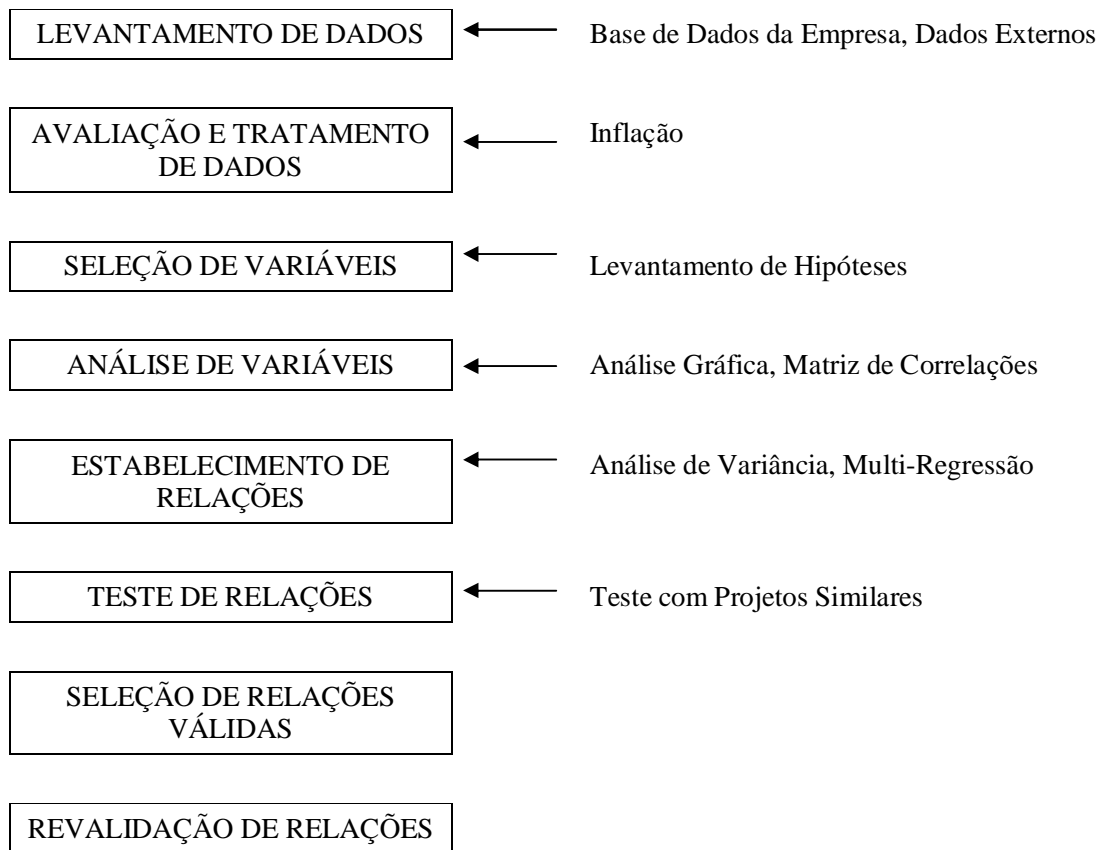
No momento da utilização de relações paramétricas para estimativa de custos deve sempre ser precedida por uma nova revisão dos dados originais. Deve-se avaliar qual o objeto de estudo daquela relação, a adequação dos dados com relação ao presente cenário, a idade destes dados e qual o tratamento que estes sofreram. Isto objetiva determinar a clara identificação do projeto sob estudo com a base de dados utilizada. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

Para se validar um modelo dentro de determinada utilização, primeiramente se obtém dados reais sobre custos, programação e parâmetros técnicos de obras similares àquela que está sob estudo. Com posse destas informações, aplica-se o modelo e avalia-se como o modelo paramétrico prediz o custo conhecido, sendo que caso seja obtida uma margem de erro aceitável toma-se como válida a aplicação do modelo para aquele padrão de produto.

Uma última consideração com relação ao desenvolvimento de Relações Paramétricas de Custo é a constante revalidação da base de dados. Informações desatualizadas podem ser de muito pouco uso na previsão de custos futuros. No entanto, também deve-se levar em consideração o custo de manutenção e atualização destas informações, sendo que

muitas vezes não se pode dispor de recursos para produzir bases de dados consideradas ideais. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

A Figura 01 apresenta um resumo da seqüência de etapas que devem ser seguidas na produção e utilização de Modelos Paramétricos de Custo.



*Figura 01 - Resumo das Etapas para Produção e Utilização de um Modelo Paramétrico de Custo*

Um valor pontual de custo não consegue refletir a incerteza presente no processo de estimativa, sendo que teria um maior interesse, quando possível, a apresentação de um intervalo de valores prováveis. Quanto melhores o modelo de estimativa e os dados utilizados, mais próximo estará o custo estimado daquele realmente incorrido ao final do projeto. Entretanto, como um modelo sempre envolve simplificações, o custo final raramente será igual àquele estimado. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

Estes são os principais pontos que devem ser considerados para a utilização de Relações Paramétricas de Custo: existência de relação lógica entre variáveis; existência de relação estatística significativa entre variáveis; confiabilidade de dados utilizados para o desenvolvimento da relação; apresentação de resultados razoavelmente acurados; utilização de sistema de informações próprio. (UNITED STATES OF AMERICA, 1995)

## 04 - UTILIZAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Dentro do setor da Construção de Edifícios, a utilização de Relações Paramétricas de Custo aparentam ter seu uso mais adequados às decisões em etapas iniciais do projeto. Deste modo coloca-se como um ponto importante o reconhecimento dos Direcionadores de Custo entre as variáveis que estão disponíveis neste instante.

“O problema da estimação do custo a nível de estudo preliminar começa pela limitação de dados característicos confiáveis para caracterizar a obra em questão. Não obstante, há um grupo de variáveis que são bem determinadas a esse nível, entre elas destacando-se: tipo de habitação, caracterizada pelos números de quartos e de todos os cômodos, o que dá uma idéia da dimensão do número de banheiros, etc; número de apartamentos por pavimento; número de pavimentos tipo; número de pavimentos não tipo; área bruta de cada apartamento, área com paredes; nível de acabamento definido pela especificação das classes: luxo, média, popular ou baixa.” (TRAJANO, 1988)

Dentro do estudo preliminar, tem-se disponíveis informações quanto a localização, dimensões do terreno, altura do edifício, taxa de ocupação e índice de aproveitamento do terreno (os três últimos definidos pelo plano urbanístico de cada cidade), com os quais se determina o número de pavimento, área do pavimento tipo e área total. Ainda nesta etapa, a partir de uma pesquisa mercadológica, determina-se o número de dormitórios por apartamento e seu padrão de acabamento. “Com as características gerais do empreendimento, delineadas no estudo preliminar, é possível definir, na fase de ante-projeto a distribuição do espaço interno, a forma geométrica da edificação e até mesmo equipamentos essenciais a serem instalados.” (HIROTA, 1988)

Coloca-se muito promissor o uso da variável área real construída, sendo que este já é uma das características mais utilizadas para estimativa de custo. SOUTHWELL (1971 *apud* ASHWORTH & SKITMORE, 1983) reconhece como principal fator relacionado ao custo de construção de um edifício sua área de piso. Além disso, diversos trabalhos apontam uma alta correlação entre área construída e a quantidade e custo de diversos elementos funcionais presentes em edificações. (LOSSO, 1995; OLIVEIRA, 1990; HIROTA, 1987)

Além disso, as demais variáveis disponíveis permitem relacionar o projeto sob estudo a determinada base de informações formada a partir de casos anteriores estabelecidos dentro de uma tipologia similar. A definição das tipologias segue a linha apresentada por ATKIN (1993) que estabelece que os projetos podem ser considerados como “estereotipados, de tal maneira que as opções de projeto fossem escolhidas dentro de um relativamente pequeno leque de possibilidades”.

## 05 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de Modelos Paramétricos de Custo para estimativas dentro do setor de Construção de Edifícios se mostra de grande interesse, substituindo em diversas atividades os métodos tradicionalmente utilizados. Acrescentando a uma facilidade de aplicação, com redução de prazos e recursos necessários para produção da estimativa, um menor erro esperado para seu resultados, as CER's se mostram muito promissoras.

Obviamente com o avanço tecnológico dentro deste setor industrial, o nível de incertezas deve tornar-se menor possibilitando que o Orçamento Detalhado tenha sua precisão otimizada. Entretanto, parece que o nível de uniformidade na produção ainda está longe de possibilitar isto. Por outro lado, o processamento da estimativa através das relações paramétricas se mostram tão funcionais quanto o estabelecido dentro do CUB.

## 06 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHWORTH, A. & SKITMORE, R. M.. **Accuracy in Estimating**, occasional paper no. 27. The Chartered Institute of Building, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721 - Avaliação de Custos Unitários e Preparo de Orçamento de Construção para Incorporação de Edifício em Condomínio**. Rio de Janeiro (RJ), ago. 1992.
- ATKIN, Brian. *Stereotypes and Themes in Building Designs: Insights for Model Builders*. In: **Construction Management and Economics**, vol. 11, ps. 119-130. E. & F. N. Spon, 1993.
- BENNETT, John & BARNES, Martin. *Six Factors which Influence Bills - Outline of a Theory of Measurement*. In: **Chartered Quantity Surveyor**, ps. 53-56, out. 1979.
- CARR, Robert I.. *Cost-Estimating Principles*. In: **Journal of Construction Engineering and Management**, vol. 115, no. 4, ps. 545-551. American Society of Civil Engineers (ASCE), dez. 1989.
- GATES, Marvin. *Bidding Contingencies and Probabilities*. In: **Journal of the Construction Division**, vol. 97, no. CO2, ps. 277-303. American Society of Civil Engineers (ASCE), nov. 1971.
- HIROTA, Ercília Hitomi. **Estudo Exploratório sobre a Tipificação de Projetos de Edificações, Visando a Reformulação da Norma Brasileira NB-140/65**, dissertação de mestrado. Porto Alegre (RS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, abr. 1987.
- HIROTA, Ercília Hitomi. **Introdução ao Conceito de Custo de Construção: Fase de Concepção do Projeto**, notas de aula. Londrina (PR), Universidade Estadual de Londrina, 1988.
- LOSSO, Iseu Reichmann. **Utilização das Características Geométricas da Edificação na Elaboração de Estimativas Preliminares de Custos: Estudo de Caso em uma Empresa de Construção**, dissertação de mestrado. Florianópolis (SC), Universidade Federal de Santa Catarina, ago. 1995.
- MIHAI, Mircea & SULER, Sergiu. *Couts et Consommations de Ressources au Niveau des Objets de Construction et Agregations pou d'Autres Niveaux*. In: **CIB W-55 - Symposium on Quality and Cost in Building**, proceedings, vol. 5, ps. 211-220. Lausanne (Suíça), Conseil International du Bâtiment pour la Recherche, l'Étude et la Documentation (CIB), Institut de Recherche su l'Environment Construit (IREC), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, set. 1980.
- OLIVEIRA, Mírian. **Caracterização de Prédios Habitacionais de Porto Alegre através de Variáveis Geométricas - uma Proposta a partir das Técnicas de Estimativas Preliminares de Custo**, dissertação de mestrado. Porto Alegre (RS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mar. 1990.
- TRAJANO, Isar. *Proposta de Sistema de Estimação do Custo de Edifícios Residenciais*. In: **VIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, anais, vol. 1, ps. 499-502. São Carlos (SP), Universidade de São Paulo, set. 1988.
- UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **Parametric Cost Estimating Handbook**. Internet [online]: <http://www.jxc.nasa.gov/bu2/PCEH/pceh.zip>. 1995.