

14ª Conferência Internacional da LARES

Edifício Manchete, Rio de Janeiro - Brasil
18, 19 e 20 de Setembro de 2014



Modelagem CUG coletiva: o princípio colaborativo como um caminho para estimativas de custos de obras precisas, ágeis e rastreáveis ainda nas fases iniciais do desenvolvimento dos projetos.

Flávia Lima¹, Gilson Lima²

¹ CUG Consultoria. Caixa Postal 68568 – Ilha do Fundão – Rio de Janeiro – RJ – CEP: 21941-972. Brasil. flavia.lima@cugconsultoria.com.br

² CUG Consultoria. gilson.lima@cugconsultoria.com

RESUMO

Os custos finais de execução de um produto são fortemente comprometidos ainda nas primeiras fases do projeto. A modelagem CUG (Custo Unitário Geométrico) é uma metodologia baseada no tratamento estatístico de experiências prévias, desenvolvida especificamente para a fase inicial do desenvolvimento de produtos imobiliários. As estimativas de custo por meio de um modelo CUG são precisas, ágeis e rastreáveis, entregando para o incorporador redução de risco, competitividade e poder de ação sobre o projeto na busca de uma solução que otimize a relação custo de execução / preço de venda.

A dificuldade para colocar essa metodologia em prática é a quantidade de projetos de referência necessários para garantir o pressuposto básico de não micronumerosidade do modelo, que é função da quantidade de variáveis explicativas adotadas. Tal exigência acaba por restringir a capacidade de desenvolver modelos desse tipo às grandes incorporadoras. Uma alternativa, porém, é a colaboração entre diversas incorporadoras para o desenvolvimento de um modelo coletivo. O crowdsourcing é um modelo de produção baseado na colaboração que utiliza a inteligência e os conhecimentos coletivos para resolver problemas, criar conteúdo, desenvolver tecnologia ou gerar fluxo de informação. Trata-se de uma nova e crescente ferramenta para a inovação que tem potencial para resolver o problema crônico da baixa precisão nas estimativas de custos preliminares de produtos imobiliários.

Nesse artigo apresentaremos a metodologia CUG e sua aplicabilidade na incorporação imobiliária com foco na rastreabilidade e no consequente poder de ação sobre os projetos. O princípio colaborativo também será apresentado como solução para o desenvolvimento de modelos capazes de incluir nas estimativas os custos resultantes de demandas recentes, como a nova norma de desempenho e as certificações ambientais.

Palavras-chave: estimativa de custo, estudo preliminar, CUG, coletivo, colaboração.

14ª Conferência Internacional da LARES

Edifício Manchete, Rio de Janeiro - Brasil

18, 19 e 20 de Setembro de 2014



CUG collective modeling: collaborative principle as a way to cost estimating accurate, agile and traceable still in the early design.

ABSTRACT

The final implementation costs of a product are strongly committed still in the early design. The CUG (Geometric Unit Cost) is a modeling methodology based on statistical analysis of previous experiences, developed specifically for the early design of real estate products. Cost estimating by a CUG model is accurate, agile and traceable delivering to the developer risk reduction, competitiveness and power of action in search of a solution that optimizes the relation cost of execution / sale price.

The trouble putting this methodology into practice is the number of reference designs needed to ensure the basic assumption of non micromerousity model, which is a function of the number of explanatory variables adopted. Such requirement restricts the ability to develop such models to large developers. An alternative, however, is the collaboration between different enterprises for the development of a collective model. Crowdsourcing is a production model based on collaboration that uses the collective intelligence and expertise to solve problems, create content, develop technology or generate information flow. This is a new and growing tool for innovation that has the potential to solve the chronic problem of low accuracy in estimating cost in early design of real estate products.

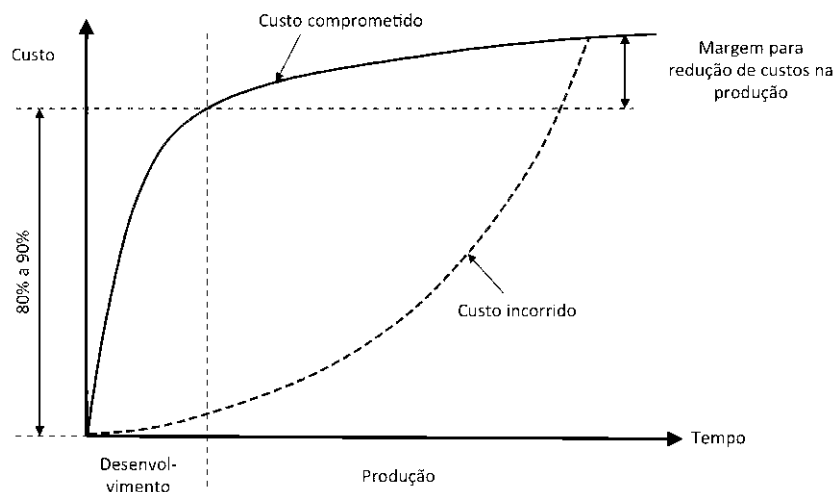
In this paper we present the methodology CUG and its applicability in real estate development with a focus on traceability and the consequent power of action on projects. The cooperative principle is presented too as a solution for the development of models able to include in estimates costs resulting from recent demands as the new Brazilian standard of performance regulation and environmental certifications.

Key-words: cost estimating, early design, CUG, collective, collaboration.

1. ESTIMATIVAS DE CUSTO EM FASES PRELIMINARES DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Os custos finais de execução de um produto são fortemente comprometidos desde as primeiras decisões de seu projeto. Segundo Rozenfeld et al (2006) o comprometimento do custo final chega a 90% durante o período de desenvolvimento, conforme o gráfico da fig. 1. O percentual do custo total comprometido nas fases iniciais do processo variam entre diferentes produtos, empresas ou indústrias, mas é fato que decisões iniciais têm uma forte influência no custo total de um produto. Isso se dá porque um projeto parte sempre de decisões gerais para seu detalhamento. Cada decisão geral contém em si diversas implicações que, mesmo que não conhecidas ou consideradas ainda, já participam do comprometimento do custo.

Figura 1: O comprometimento do custo ao longo do desenvolvimento de um produto



No caso de produtos imobiliários, é significativa a parcela comprometida ainda durante as fases de estudo de massa e estudo preliminar, quando o baixo nível de detalhamento do projeto dificulta estimativas de custo precisas. É neste momento do desenvolvimento de um empreendimento que o negócio é planejado financeiramente. Não conhecer os custos comprometidos pelas decisões até então tomadas é um risco com o qual o incorporador acostumou-se a conviver.

No entanto, a redução do ritmo de crescimento dos preços de venda de unidades imobiliárias, aliada ao aumento dos seus custos de execução vêm reduzindo as margens de lucro dos empreendimentos imobiliários, reduzindo com isso as margens para a "absorção" da diferença entre custos estimados e custos de fato realizados. Neste cenário, o aumento da precisão das estimativas de custo passam a ser urgentes (FERREIRA, 2013).

As metodologias normalmente adotadas para a estimativa de custos na fase inicial dos projetos de empreendimentos imobiliários, sejam elas de composição do custo unitário da construção ou de comparação com projetos de referência, se baseiam na pré-fixação de custos unitários de área construída para cada tipologia. No entanto, a variabilidade dos custos unitários entre diferentes projetos, ainda que enquadrados na mesma tipologia, tem sido observada na prática pelas incorporadoras.

É fácil entender porque isso ocorre quando apropriamos os custos de uma obra separando-os em dois grupos: planos horizontais (lajes, contrapiso, revestimentos de piso, forro, iluminação etc); e planos verticais (paredes de vedação e compartimentação, revestimentos de parede, esquadrias,

tomadas, etc). Estudos apontam que os planos horizontais, que são diretamente proporcionais à área construída, concentram apenas 25% dos custos, enquanto os planos verticais concentram 45% deles (MASCARÓ, 2010), não possuindo estes últimos nenhuma relação com a área construída, mas sim com o perímetro e altura (da edificação e/ou dos compartimentos).

2. A MODELAGEM CUG

A modelagem CUG (Custo Unitário Geométrico) foi desenvolvida em uma pesquisa de mestrado no programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ especificamente para a estimativa de custos na fase inicial do desenvolvimento de produtos imobiliários (LIMA, 2013a). A metodologia é baseada no tratamento estatístico de experiências prévias, adotando como variáveis explicativas do custo unitário parâmetros já definidos na fase inicial e fortemente responsáveis pela variabilidade dos custos unitários de um projeto, tais como: área construída/área privativa (relacionada com a eficiência comercial das plantas); área de parede externa/área privativa (relacionada com a forma e altura da edificação); área de parede interna/área privativa (relacionada com o grau de compartimentação e com a forma e altura dos ambientes); área molhada / área privativa (relacionada com a densidade de áreas molhadas no projeto); área de projeção / área privativa (relacionada com as áreas de fundação e impermeabilizações); entre outros.

Partindo-se de uma base de dados de projetos de referência, constrói-se um modelo matemático que a represente e sirva para a estimativa de custo dos futuros projetos. O estudo utiliza a regressão linear para o tratamento estatístico dos dados da amostra, identificando os parâmetros populacionais das variáveis explicativas e testando o poder de explicação dessas variáveis. A partir do modelo construído, basta que se quantifiquem as variáveis explicativas do projeto em desenvolvimento para, instantaneamente, se conhecer a estimativa de seus custos unitário e total. A utilização da modelagem BIM (*Building Information Modelling*) para o estudo de massa permite que o levantamento dos dados do projeto seja automático e a estimativa ainda mais rápida.

A precisão das estimativas realizadas com modelos CUG entregam redução de risco ao mesmo tempo em que a agilidade garante a competitividade. Além disso, a rastreabilidade do custo dá poder de ação sobre o projeto permitindo a busca de soluções que otimizem a relação custo de execução / preço de venda, essencial para o sucesso de um empreendimento imobiliário.

3. A VARIABILIDADE DE CUSTOS DE PROJETOS DE MESMA TIPOLOGIA - DESAFIO CUG-CUB

A variabilidade de custos que projetos de mesma tipologia podem apresentar em função de suas características geométricas foi verificada em um experimento denominado “Desafio CUG-CUB” (LIMA, 2013b). O experimento foi realizado com dez empreendimentos de tipologia "residencial, 8 pavimentos, padrão normal" segundo a classificação do sistema de informação de custos CUB definido pela Norma NBR 12721 (ABNT, 2006). Os custos foram estimados por meio de um modelo CUG desenvolvido com base nas características geométricas dos projetos e respectivos custos do sistema CUB referentes ao mês de junho de 2013 no Rio de Janeiro. O coeficiente de determinação ajustado do modelo de regressão linear múltipla resultou 0,909979, o que indica que cerca de 91% da variação da variável dependente foi explicada pelo modelo, sendo os restantes 9% atribuídos a outras variáveis menos significativas e a erros de medida, contribuindo ora positiva, ora negativamente na formação do custo.

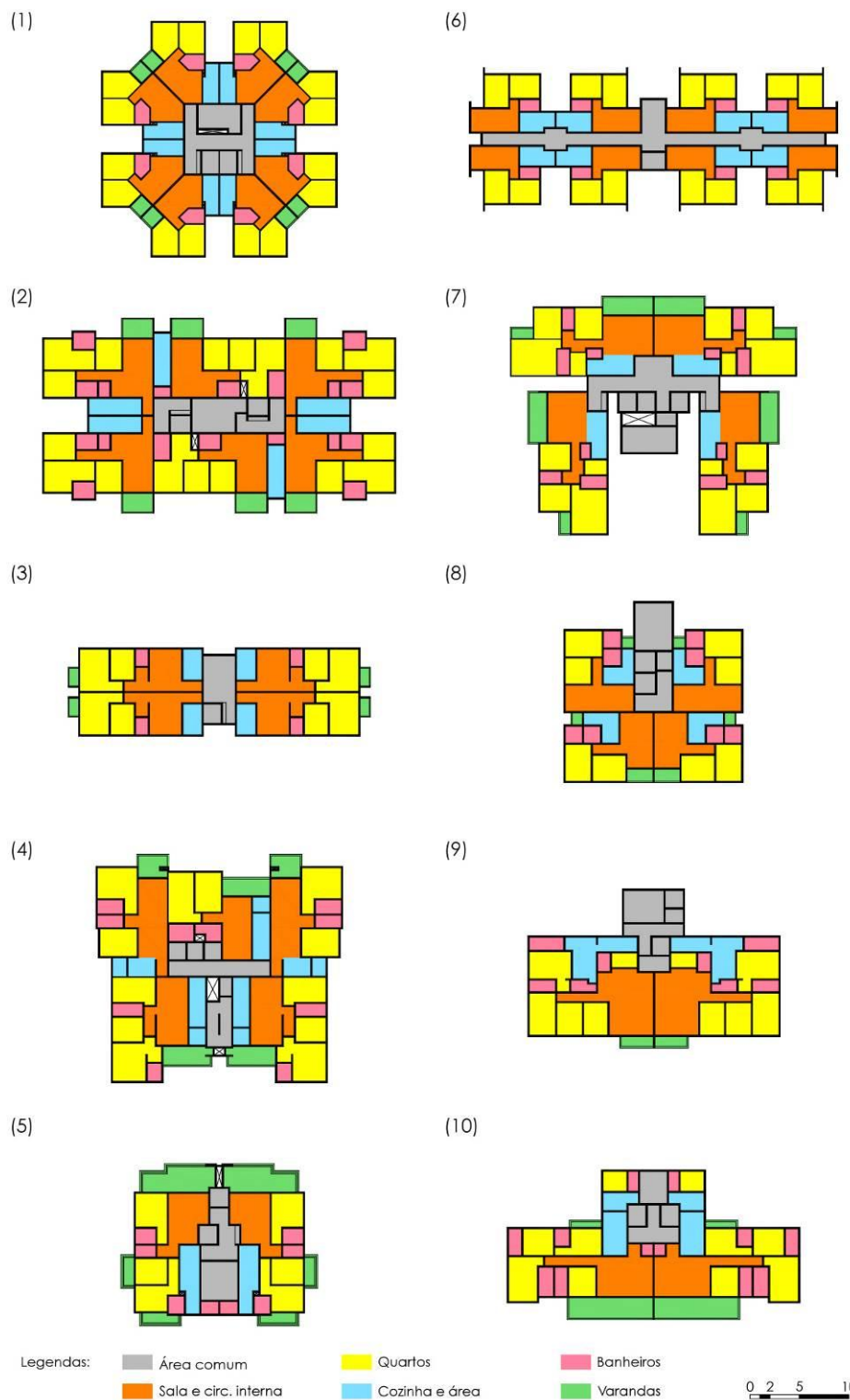
As variáveis explicativas dos custos unitários adotadas no modelo foram:

- Área privativa / Área construída
- Área molhada / Área construída

- Área de parede externa / Área construída
- Área de parede interna / Área construída

Todos os projetos possuem oito pavimentos tipo, representados na Fig. 2, e um pavimento térreo com a mesma área construída do pavimento tipo, sendo apenas a área de circulação comum fechada e o restante aberto (pilotis).

Figura 2: Pavimentos tipo



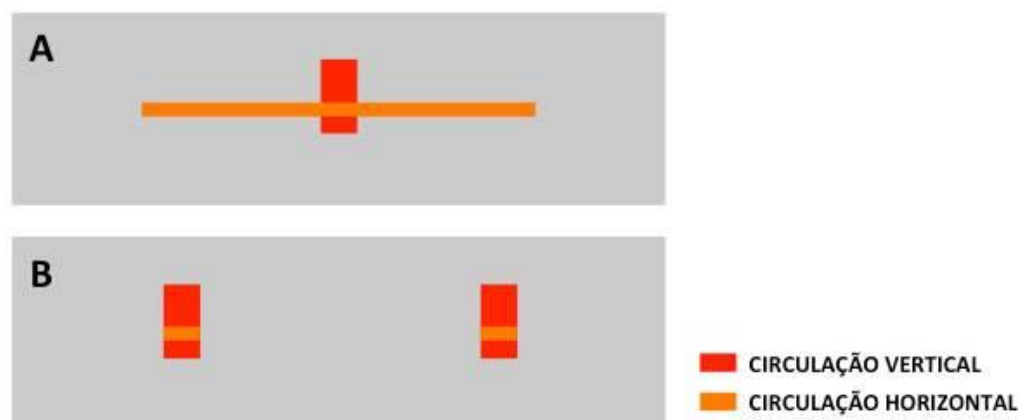
Enquanto pela metodologia de estimativa CUB todos os projetos seriam estimados com os mesmos custos unitários de área equivalente (por serem de mesma tipologia) os custos estimados com o modelo CUG apontaram uma variação de 36% no custo unitário de área construída e de 48% no custo unitário de área privativa, que é a unidade de venda de um empreendimento imobiliário, conforme apresentado na Tab. 1. Conhecer esses custos de forma precisa e ágil ainda na fase inicial do desenvolvimento do produto permite que o incorporador, não só reduza os riscos resultantes de incertezas nas estimativas, mas possa também avaliar os resultados relativos ao custo de cada decisão de projeto, simultaneamente ao seu desenvolvimento.

Tabela 1: Custos estimados

Projeto	Variáveis				Custo Unitário área construída	Custo Total	Custo Unitário área privativa
	Área privativa/AC	Área molhada/AC	Parede ext./AC	Parede int./AC			
1	0,78849808	0,15003304	0,80156169	1,15490404	1.504,84	5.876.008,94	1.908,49
2	0,81922790	0,16095145	0,60204019	1,15271038	1.240,67	6.488.580,03	2.514,44
3	0,80894120	0,11033678	0,78275085	1,06180631	1.448,00	3.365.904,96	1.789,99
4	0,80656577	0,15106566	0,61528317	1,08718538	1.244,26	5.453.255,63	1.542,66
5	0,76965516	0,14964622	0,70711867	0,96693366	1.338,85	3.324.618,93	1.739,55
6	0,75209530	0,15637403	0,92152950	1,13888749	1.689,17	6.018.073,53	2.245,95
7	0,74673179	0,11891647	0,90420956	0,86585175	1.591,42	6.803.750,18	2.131,18
8	0,75726531	0,16149059	0,77410196	1,08151269	1.453,24	3.787.463,15	1.919,06
9	0,76674990	0,17704060	0,67253359	1,12888651	1.327,07	3.571.623,12	1.730,77
10	0,80724573	0,18775429	0,73349409	1,04668803	1.394,45	4.007.607,47	1.727,42

Geralmente uma decisão de projeto traz consigo prós e contras relativos ao custo. Basta imaginar duas opções de circulação para uma planta conforme a ilustração da Fig. 3. A opção A, com uma única circulação vertical é obviamente vantajosa sob a ótica da economia direta de elevadores e escada. No entanto a opção B tem relação entre área privativa e construída mais eficiente, assim como a relação entre perímetro e área das circulações, o que resulta em menos parede interna por área construída e, conseqüentemente, redução no custo. Analisando cada característica isoladamente, um projetista minimamente experiente é capaz de identificar a opção mais vantajosa, mas quando para cada decisão há prós e contras envolvidos, a inexistência de uma ferramenta capaz de quantificá-los impede uma avaliação precisa e, conseqüentemente, uma decisão segura.

Figura 3: Diferentes soluções de circulação para um projeto



4. MODELOS CUG COLETIVOS

O potencial de utilização da metodologia CUG é extenso. A escolha das variáveis explicativas deve ser orientada à atividade fim do modelo, mas é limitada às características e ao tamanho da amostra de dados disponível. A dificuldade para construir modelos com grande número de variáveis, capazes de produzir estimativas com grande precisão, é o tamanho das bases de projetos de referência necessário. No tratamento estatístico por meio de regressão linear múltipla (utilizado na modelagem CUG), a fim de se garantir o pressuposto básico de não micronumerosidade do modelo, há uma quantidade mínima de registros exigidos na amostra, que é função da quantidade de variáveis explicativas adotadas. Uma medida desta quantidade é definida na Norma NBR 14.653-2/2011 (ABNT, 2011) como $3x(K+1)$, onde K é o número de variáveis explicativas. Tal exigência acaba por restringir a capacidade de desenvolver modelos CUG às grandes incorporadoras.

Uma alternativa, porém, é a colaboração entre diversas incorporadoras para o desenvolvimento de um modelo coletivo. O *crowdsourcing* é um modelo de produção baseado na colaboração que utiliza a inteligência e os conhecimentos coletivos para resolver problemas, criar conteúdo, desenvolver tecnologia ou gerar fluxo de informação. Trata-se de uma nova e crescente ferramenta para a inovação que tem potencial para resolver o problema crônico da baixa precisão nas estimativas de custos preliminares de produtos imobiliários.

A possibilidade de trabalhar com grandes bases de dados permite a construção de modelos CUG complexos, capazes de considerar nas suas estimativas os custos decorrentes até mesmo de novas demandas dos produtos, tais como a adequação à nova norma de desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013) ou a obtenção de certificações ambientais, atendendo necessidades urgentes do mercado e tornando o modelo coletivo interessante até mesmo para as grandes incorporadoras que, apesar de possuírem uma extensa base de dados, não contam com número significativo de projetos alinhados com essas demandas recentes.

4.1. Inclusão no modelo de variáveis relacionadas à norma de desempenho e à certificação ambiental

Ao incluir em um modelo CUG variáveis relacionadas à adequação (ou não) dos projetos à nova norma de desempenho ou à obtenção de certificações ambientais, o custo resultante é explicado também por elas. Para tanto, recomenda-se a utilização de variáveis qualitativas dicotômicas (sim/não) para indicar se o projeto está ou não certificado ou adequado à norma. No caso da norma de desempenho, se a considerarmos em sua totalidade, teremos "não" para todos os projetos anteriores à ela, o que não permitirá que a variável participe de um modelo até que se tenha um número mínimo de projetos posteriores à ela na amostra de dados. No entanto, se dissecarmos a adequação à norma em grupos de elementos ou requisitos, teremos diversos "sim", mesmo para projetos pré-norma. Desta forma, é possível modelar estatisticamente a influência da adequação à norma nos custos e assim estimar os custos de um projeto que pretenda estar adequado a ela. Um recorte óbvio para essa análise é utilizar a própria partição da norma:

- Sistemas estruturais;
- Sistemas de piso;
- Sistemas de vedações verticais;
- Sistemas de cobertura;
- Sistemas hidrossanitários.

No entanto, outros recortes são possíveis. A partir do recorte pré-definido, faz-se necessário analisar os projetos que compõem a norma, identificando se atendem ou não aos requisitos mínimos de desempenho em cada uma das partes. Na modelagem, essas informações entram

como variáveis dicotômicas, adotando-se (0) para "não atende à norma" e (1) para "atende à norma". Construído o modelo, basta que se aplique (1) a todas as variáveis do projeto em desenvolvimento para que a estimativa reflita o custo de atender aos requisitos mínimos da norma em sua totalidade. Procedimento similar pode ser adotado para a utilização de variáveis relativas à certificação ambiental.

4.2. Variáveis explicativas para um modelo coletivo

A colaboração de diversas empresas em um modelo coletivo e, conseqüentemente, a possibilidade de trabalhar uma amostra de projetos numerosa, permite a adoção de um grande número de variáveis independentes, capazes de explicar a influência de diversos fatores na composição final do custo unitário conforme sugestão apresentada na Tab. 2.

A utilização de uma amostra de dados heterogênea é sempre possível, desde que haja no modelo variáveis independentes capazes de explicar a sua variabilidade. Por exemplo: ao unir em um mesmo modelo projetos de tipologias variadas, faz-se necessário a existência de variáveis que expliquem a tipologia do projeto. Outra possibilidade é o desenvolvimento do modelo para uma tipologia apenas, reduzindo-se o número de variáveis e, conseqüentemente, o número de dados necessários.

Tabela 2: Variáveis explicativas sugeridas para um modelo CUG Coletivo

	Variável	Influência no custo
1	Área construída	Escala do projeto
2	Área construída/área privativa	Eficiência do projeto
3	Padrão de acabamento geral	Padrão de acabamento do projeto
4	Área construída acabada / área privativa	
5	Área de planos verticais externos / área privativa	Densidade de fachada no projeto
6	Área de esquadria na fachada / área privativa	Densidade de esquadrias no projeto
7	Quantidade de cômodos / área privativa	Compartimentação do projeto
8	Área de planos verticais internos / área privativa	
9	Quantidade de cômodos molhados / área privativa	Densidade de áreas molhadas no projeto
10	Área molhada / área privativa	
11	Área não construída / área privativa	Densidade de áreas de pavimentação/paisagismo no projeto
12	Área de projeção da edificação / área privativa	Densidade de áreas de fundação e coberturas no projeto
13	Profundidade média das estacas / área privativa	Complexidade das fundações do projeto
14	Área de contenção seca / área privativa	Densidade de contenções no projeto
15	Área de contenção imersa / área privativa	
16	Volume de escavação terra / área privativa	Densidade de escavações no projeto
17	Volume de escavação rocha / área privativa	
18	Numero de elevadores x paradas / área privativa	Densidade de elevadores no projeto
19	Volume da ar condicionado / área privativa	Densidade de ar condicionado no projeto
20	Residencial unifamiliar (s/n)	Tipologia
21	Residencial multifamiliar (s/n)	
22	Comercial (s/n)	
23	Shopping (s/n)	
24	Hotel (s/n)	
25	Norma de desempenho "sistemas estruturais" atendida (s/n)	Enquadramento do projeto na nova norma de desempenho
26	Norma de desempenho "sistemas de piso atendida (s/n)	
27	Norma de desempenho "sistemas de vedações verticais" atendida (s/n)	
28	Norma de desempenho "sistemas de cobertura" atendida (s/n)	
29	Norma de desempenho "sistemas hidrossanitários" atendida (s/n)	

30	Certificação LEED Platina (s/n)	Certificação ambiental
31	Certificação LEED Ouro (s/n)	
32	Certificação LEED Prata (s/n)	
33	Certificação LEED (s/n)	
34	Duração da obra	Custos fixos da obra
35	Data	Correção monetária
36	Local	Variação regional do custo de material e mão de obra

No exemplo da Tab. 2, o número de variáveis explicativas ($K=36$), obedecendo o critério $n=3x(K+1)$, exige uma base de no mínimo cento e onze projetos. No entanto, por reunir na base dados empresas com diversas realidades de consumo e produtividade, recomenda-se que a base seja ainda mais ampla.

5. CONCLUSÃO

A construção de modelos próprios para cada empresa com base em seus dados históricos, podem contemplar a sua realidade de consumo, produtividade e desempenho e ainda seus custos fixos diretos e indiretos, resultando estimativas bastante precisas. Já os modelos coletivos tendem a refletir os custos do mercado e suas estimativas podem ser adotadas como padrão de razoabilidade para orçamentos de obras, servindo como ferramenta de controle e fiscalização de empreendimentos públicos ou privados. Enquanto empresas sem histórico poderão utilizar o modelo como ferramenta para estimar os custos das obras com base na experiência coletiva, empresas que possuam um modelo CUG próprio terão a oportunidade de comparar os seus custos com o do mercado, identificando eventuais desvios. Por fim, um modelo coletivo permite um panorama de custos totais realizados e não baseado em um pacote de serviços limitado, podendo gerar um índice de inflação alternativo ao INCC (Índice nacional da Construção Civil), mais aderente à realidade e, dessa forma, mais adequado para o reajuste de contratos.

Para a viabilização de modelos coletivos, uma estruturação do processo de coleta dos dados, modelagem e compartilhamento do modelo resultante se faz necessária. A estrutura vislumbrada para que o princípio colaborativo funcione, prevê a disponibilização do modelo coletivo em uma plataforma online e um sistema de recompensa no qual as empresas possam receber quantidade de acesso à plataforma proporcionalmente à quantidade de dados informados para a formação da base de dados utilizada na construção do modelo.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575*: edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14653-2*: Avaliação de bens - Parte 2: Imóveis urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12721*: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

LIMA, F. *Entenda o Custo Unitário Geométrico*: Nova metodologia considera a variabilidade nos custos unitários de projetos de mesma tipologia e pode aumentar a precisão das estimativas de custo nas fases iniciais do projeto. *Construção Mercado*, n.148, p.22-24. São Paulo: PINI, 2013.

LIMA, F. *Custo Unitário Geométrico*: Uma Proposta de Método de Estimativa de Custos na Fase Preliminar do Projeto de Edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

MASCARÓ, J. *O custo das decisões arquitetônicas*. 5ª ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.

FERREIRA, R. *Como Projetar Custos*: Preço dos imóveis estável e custo de construção em alta pressionam as margens e exigem mais atenção ao orçamento e à negociação com fornecedores. *Construção Mercado*, n.146, p.44-45. São Paulo: PINI, 2013.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.; AMARAL, D. *et al. Gestão de desenvolvimento de produtos*: Uma Referência para a Melhoria do Processo. São Paulo: Saraiva, 2006.