XII SIBRAGEC
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO
MACEIÓ - AL

UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE CUSTO PARA ANÁLISE DE EMPREENDIMENTOS EDIFICAÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL [1]

VIANA, João Victor Lima (1); WEBER, Adriana de Oliveira Santos (2); PHILIPPSEN JUNIOR, Luiz Adalberto (3); WEBER, Ismael (4)

(1) Universidade Federal de Alagoas, jv.limaviana@gmail.com (2) Universidade Federal de Alagoas, os.adriana@gmail.com, (3) Universidade Federal de Alagoas, luiz.philippsen@fau.ufal.br; (4) Universidade Federal de Alagoas, isma.weber@gmail.com

RESUMO

Empreendimentos da construção civil são produtos diretamente avaliados pela relação qualidade-custo. Em ambientes de limitações orçamentárias, como característico de economias de países em desenvolvimento, o conhecimento da influência das múltiplas variáveis relacionadas ao custo final do empreendimento é fundamental para sua viabilidade como produto. Esta pesquisa tem como objetivo compreender como as decisões arquitetônicas e a geometria das edificações podem interferir no custo final das edificações. A unidade de análise constitui-se em seis empreendimentos residenciais de múltiplos pavimentos de construtoras do município de Maceió, Alagoas. Os indicadores considerados na análise dos projetos arquitetônicos foram: índice de compacidade (I_C), densidade de paredes (D_P) e porcentagem da área do pavimento tipo ocupada pela área de circulação (I_A). Para cada indicador foi atribuída uma classe "ruim", "bom" ou "ótimo", em conformidade com o referencial teórico utilizado. O valor médio (VM) do I_C foi de 53,68%, portanto, de classificação "ruim". Para a D_P, os resultados foram satisfatórios ("ótimo") para todos os seis projetos analisados, com VM de 0,1188. O indicador I_A apresentou VM de 11,07%, classificado como "bom". A análise e comparação de projetos de arquitetura a partir de indicadores auxiliam no processo de tomada de decisão de projetistas na busca pela melhor relação qualidade-custo dos empreendimentos de edificações multifamiliares da construção civil.

Palavras chave: *Indicadores de custo, Projeto de arquitetura, Índice de compacidade, Densidade de paredes, Área de circulação.*

ABSTRACT

Civil construction projects are products directly evaluated by the quality-cost relationship. In budget constrained environments, as characteristic of developing country economies, knowledge of the influence of multiple variables related to the final cost of the project is fundamental to its viability as a product. This research aims to understand how architectural decisions and building geometry can interfere with the final cost of buildings. The analysis unit consists of six multi-story residential buildings of construction companies in the city of Maceió, Alagoas. The indicators considered in the analysis of the architectural projects were compactness index (I_C), wall density (D_P) and percentage of the floor area occupied by the circulation area (I_A). For each indicator a "bad", "good" or "excellent" class was assigned, in accordance with the theoretical framework used. The average value (VM) of the I_C was 53.68%, therefore, classified as "bad". For the D_P, the results were satisfactory ("excellent") for all six projects analyzed, with a VM of 0.1188. The I_C indicator showed a VM of 11.07%, classified as "good". The analysis and comparison of architectural projects based on indicators help in the decision-making process of designers in the search for the best cost-quality ratio of the projects.

Keywords: *Cost indicators, Architectural design, Compactness index, Wall density, Circulation area.*

---

[1] VIANA, J. V. L.; WEBER, A. de O. S.; PHILIPPSEN JUNIOR., L.A.; WEBER, I. Utilização de indicadores de custo para análise de empreendimentos edificações da construção civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais**[...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/508. Acesso em: 2 out. 2021.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é classificada como o resultado de uma série de atividades econômicas que acarretam especificidades próprias, que a diferenciam de outras atividades industriais, especialmente aquelas fundamentadas no sistema de produção em massa (FERNÁNDEZ-SOLÍS, 2008). Portanto, no âmbito da construção civil, cada empreendimento é desenvolvido e executado de forma única.

Para a própria análise quanto à viabilidade técnica e econômica de empreendimentos na construção civil, a etapa de projeto é, portanto, fundamental. Essa etapa de projeto, no âmbito da construção civil, é caracterizada pela interlocução do projetista com o cliente, com os demais projetistas, pelas demandas e características de terreno, clima, tecnologia e mão de obra, além das referências arquitetônicas que serão trabalhadas no processo de criação (ALTOUNIAN, 2010; CERON, 2011; GUERRINI; MUSETTI; PHILIPPSEN JR., 2019).

Sendo os empreendimentos da construção civil produtos diretamente avaliados pela relação qualidade-custo e inseridos em um ambiente de limitações orçamentárias, como característico de economias de países em desenvolvimento, o conhecimento da influência das múltiplas variáveis relacionadas ao custo final do empreendimento é fundamental para sua viabilidade como produto.

Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo compreender como as decisões arquitetônicas e a geometria das edificações podem interferir no custo das edificações de empresas da construção civil, a partir da análise de seis diferentes empreendimentos edificações, por meio de três indicadores projetuais específicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O foco no processo de desenvolvimento de projetos do produto edificações ganha relevância no setor privado da construção civil brasileira a partir dos anos de 1980, em parte pelo acirramento da competitividade entre as construtoras e a redução da margem de lucro dos seus produtos (ESCRIVÃO FILHO, 1998; FARAH, 1996; MELHADO, 1994).

O Guia PMBok define o projeto como um esforço temporário empreendido para a criação de um produto ou serviço de caráter único ou exclusivo (PMI, 2008). No âmbito normativo da construção civil, a ABNT NBR 16636:2017 define o projeto como uma representação do conjunto dos elementos conceituais necessária à materialização de uma ideia, realizada por meio de princípios técnicos e científicos, visando a consecução de um objetivo ou meta (ABNT, 2017).

A definição de projeto na bibliografia caracteriza-se, de forma geral, à semântica de procedimento ou prática de projetar (ABNT, 2017; PMI, 2008; ROZENFELD *et al*., 2006). No entanto, Melhado (1994) destaca que outros conceitos mais amplos também compõem o entendimento sobre o projeto, tanto sob a ótica do processo como da informação. De forma geral, identificam-se dois sentidos básicos que caracterizam o projeto no âmbito da arquitetura e das engenharias, conforme Escrivão Filho (1998): (i.) à concepção técnica do produto e ao trabalho dos projetistas e; (ii.) ao processo como planejamento, relacionado ao trabalho gerencial, de administração e controle das atividades intrínsecas, tais como orçamento, prazo, custo etc. No contexto desta pesquisa há, portanto, uma interseção entre esses dois sentidos – a concepção técnica e o controle de atividade, no caso, a análise projetual da forma da edificação visando a redução de custos.

No que diz respeito às possíveis formas das edificações, tem-se que o maior volume contido dentro de determinada superfície geométrica é dado pela esfera, seguido pelo

cilindro e, finalmente, pelo cubo; e que, a medida que se afasta dessas formas básicas, aumenta-se a relação entre superfície exterior e volume (MASCARÓ, 2010; SÁLES *et al*., 2015). Esse aumento da relação entre superfície exterior e volume significa, em diferentes proporções, um aumento do custo final do conjunto edificação. No entanto, Mascaró (2010) destaca que não se deve optar por determinadas formas apenas por serem as mais indicadas economicamente, pois isso traz consequências indesejadas aos projetos de edificações, tanto quanto fazer uso das formas baseadas somente em fatores estéticos.

Tuhus-Dubrow e Krarti (2010) ao investigarem diferentes formas geométricas de edificações residenciais, em uma análise de otimização considerando superfície externa, paredes, cobertura, tipos de fundação, nível de insolação, áreas e ventilação concluem que formas retangulares e trapezoidais apresentam melhores desempenhos (menores custos de produção) em cinco diferentes climas.

Desta forma, sendo os elementos construtivos que compõem uma edificação, tais como superestrutura, vedação e acabamentos, relacionados às características geométricas projetuais, a forma da edificação é também responsável pelos custos de produção associados (CERON, 2011; KERN, 2005; PARISOTTO, 2003; TUHUS-DUBROW; KRARTI, 2010), sendo a justificativa para esta pesquisa.

3 MATERIAL E MÉTODO

A etapa de campo da pesquisa foi fundamentada nos aspectos relacionados ao uso de indicadores na construção civil em grupos ou clubes de *benchmarking* de construtoras, conforme Costa e Formoso (2011).

Como unidade de análise da pesquisa buscou-se empreendimentos edificações habitacionais, do tipo múltiplos pavimentos. Seis construtoras, integrantes de um grupo de *benchmarking*, participaram da pesquisa. Cada construtora forneceu projetos arquitetônicos de um empreendimento, todos localizados no município de Maceió, capital do estado de Alagoas. Um dos empreendimentos analisados possui duas torres com projetos arquitetônicos distintos, obtendo-se, assim, sete amostras de dados coletadas na etapa de campo. A Tabela 1 apresenta os dados gerais quantitativos dos empreendimentos a partir da área (A) e perímetro (P).

Tabela 1 – Dados de Projetos de Maceió – AL

Levantamento de amostras – Maceió/AL								
Amostra	**A pavimento**	**A sacadas/ floreiras**	**A circulação comum**	**P pavimento**	**P paredes externas**	**P paredes internas**	**P paredes**	**A paredes**
A1	1161,3175	87,8915	180,3812	215,9486	213,3088	622,2705	835,5793	125,3368
A2	308,4915	19,9616	37,82	113,96	112,01	112,765	279.775	41,9662
A3	596,19	81,9698	68,5094	163,77	163,77	-	-	71,422
A4-A	1044,0366	118,0736	130,721	273,6303	273,6303	-	-	127,635
A4-B	996,17	173,98	118,62	279,17	279,17	-	-	108,597
A5	745,874	125,741	78,6575	180,46	179,56	399,3946	578,3946	86,8431
A6	321,4025	20,7934	37,77081	85,7198	84,8561	173,3404	258,1965	38,7294

Fonte: dados da pesquisa

Para análise dos projetos arquitetônicos foram definidos três indicadores: índice de compacidade (I_C), densidade de paredes (D_P) e porcentagem da área do pavimento tipo ocupada pela área de circulação (I_A). Esses indicadores foram escolhidos por serem já consolidados pela literatura sobre o tema, tais como Costa *et al*. (2005), Mascaró (2010) e Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

Pelo indicador I_C entende-se como a relação entre o perímetro do elemento analisado e o perímetro de um círculo com a mesma área de projeção. Este índice é útil para avaliar o

quanto o projeto de um espaço pode estar próximo ao perímetro mais econômico, determinado por suas paredes externas. A formulação matemática é dada por (1):

$$I = \frac{2\sqrt{3{,}14\ Apvat}}{Pp}\ x\ 100 \quad (1)$$

Onde,

A_{pavt} = Área real total do pavimento tipo que é a soma das áreas cobertas e descobertas reais de um determinado pavimento, medidas a partir do projeto arquitetônico (ABNT, 2006);
P_p = Perímetro das paredes externas que deve ser medido em planta, no pavimento tipo, pelo eixo das paredes (ABNT, 2006).

O indicador D_P tem o objetivo de verificar o grau de otimização da compartimentação do pavimento tipo. Os planos verticais representam, aproximadamente, 40% do custo das edificações e, com seu peso, podem elevar o custo da estrutura (ALTOUNIAN, 2010; SÁLES *et al*., 2015). A formulação matemática é dada por (2):

$$Dp = \frac{Ap}{Apavt} \quad (2)$$

Onde,

A_p = Área de projeção das paredes externas e internas do pavimento tipo da edificação, ou seja, o perímetro das paredes multiplicado pela espessura da parede, sem descontar os vãos das aberturas de portas e janelas (ABNT, 2006);
A_{pavt} = Área real total do pavimento tipo que é a soma das áreas cobertas e descobertas reais de um determinado pavimento (ABNT, 2006).

O indicador I_A permite verificar a otimização da relação entre a área de circulação e a área do pavimento tipo. Áreas destinadas à circulação de pessoas, tanto vertical como horizontal, costumam apresentar custo de revestimentos próximas às unidades habitacionais sem, contudo, agregarem valor de venda à unidade habitacional (CERON, 2011; KERN, 2005). A formulação matemática é dada por (3):

$$Ia = \frac{Acirc\ x\ 100}{Apavt + Asf} \quad (3)$$

Onde,

A_{circ} = Área de circulação é a soma das áreas do pavimento tipo da edificação destinada ao acesso às unidades autônomas, como elevador, escada, corredor, hall etc. (ABNT, 2006);
A_{pavt} = Área real total do pavimento tipo que é a soma das áreas cobertas e descobertas reais de um determinado pavimento (ABNT, 2006);
A_{sf} = Soma das áreas de sacadas e floreiras do pavimento tipo (ABNT, 2006).

Para melhor caracterização dos resultados obtidos, para cada um dos indicadores foi delimitado uma classe específica, porém comum a todos, como “ruim”, “bom” e “ótimo”. A Tabela 2 apresenta as classes e valores escalares de caracterização.

Tabela 2 – Indicadores por classe

Indicador	Classe	Valor escalar
Índice de compacidade (I_C)	Ruim	< 60%
	Bom	60% a 75%
	Ótimo	> 75%
Densidade de paredes (D_P)	Ruim	> 0,18
	Bom	0,15 a 0,18
	Ótimo	< 0,15
Porcentagem da área do pavimento tipo ocupada pela área de circulação (I_A)	Ruim	> 12%
	Bom	8% a 12%
	Ótimo	< 8%

Fonte: Costa *et al*. (2005) e Oliveira, Lantelme e Formoso (1995).

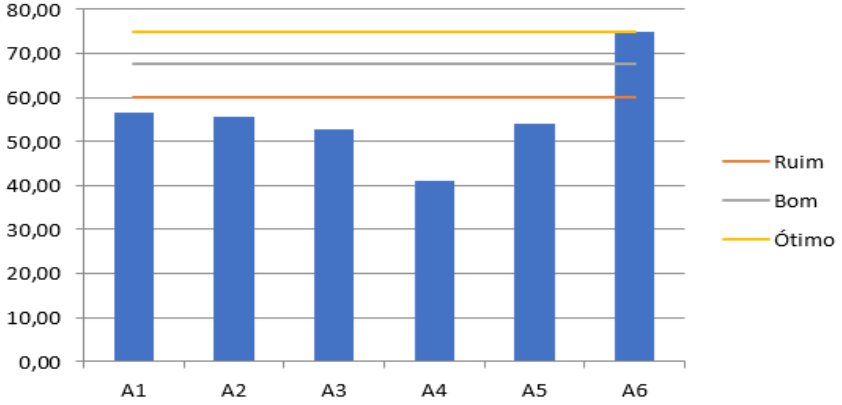
Os projetos arquitetônicos dos empreendimentos analisados foram concebidos por meio do emprego de sistemas construtivos convencionais, com infraestruturas e superestruturas de concreto armado, vedações em alvenaria por meio de blocos cerâmicos e algumas paredes internas em gesso acartonado.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em relação ao I_C, foi verificado valor médio (VM) de 55,79%, com desvio padrão da amostra (S) igual a 10,93. Cinco empreendimentos encontram-se na classe "ruim". Apenas uma das amostras (A6) encontra-se acima da linha considerada "boa", aproximando-se do valor "ótimo" de 75%. Nota-se uma grande variação entre os empreendimentos, principalmente entre os projetos A4 e A6, que são os extremos, com valor de I_C igual a 40,94% e 74,87%, respectivamente.

Observa-se que os empreendimentos com recortes nas fachadas e fachadas circulares apresentaram piores valores de I_C, ocasionando o aumento do perímetro das paredes externas e, dessa forma, aumentando os custos com vedações e demais serviços decorrentes (regularização, pintura e/ou revestimento). O desvio da amostra observado indica certa variação global nas decisões projetuais, com exceção dos empreendimentos A4, de baixo desempenho do I_C, e A6, de alto desempenho do I_C. A Figura 1 apresenta os valores do I_C e sua distância das classes.

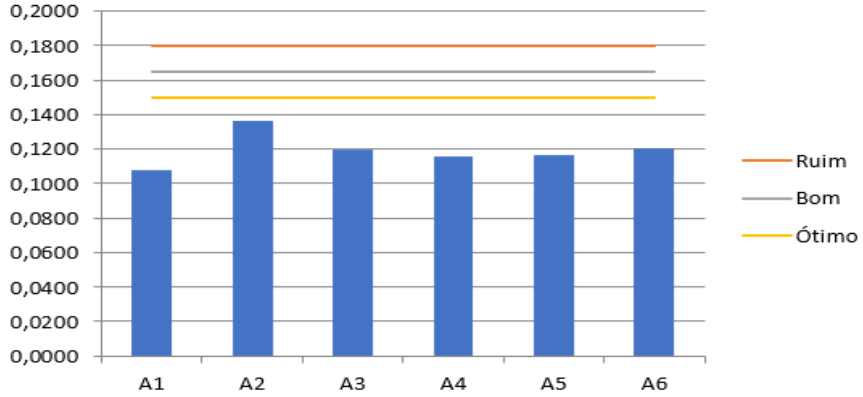
Figura 1 – Valores do I_C por empreendimento e distância das classes



Fonte: dados da pesquisa

Todos os projetos arquitetônicos dos empreendimentos, em relação à D_P, estão inseridos na classe "ótimo", com VM de 0,1194 e S de 0,0093. Trata-se, portanto, de uma amostra homogênea e de processo de tomada de decisão projetual assertivo dos planos verticais, especialmente em relação à redução das cargas permanentes da edificação, contribuindo para a redução dos custos dos sistemas estruturais (infraestrutura e superestrutura). A Figura 2 apresenta os valores da D_P e sua distância das classes.

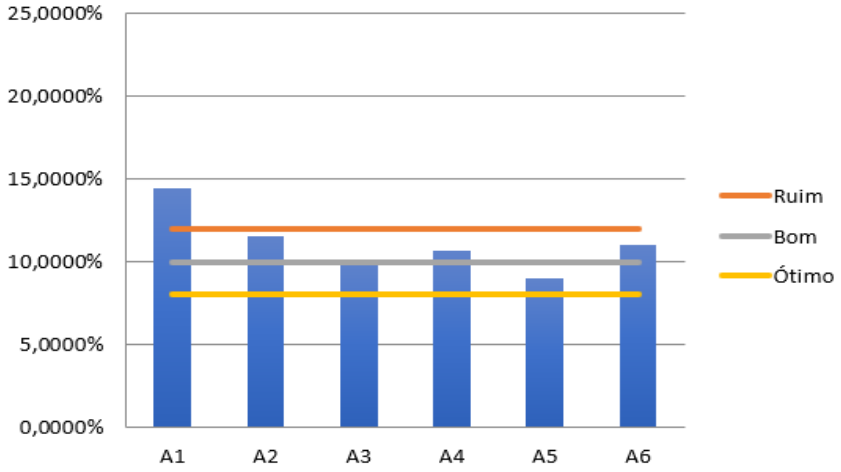
Figura 2 – Valores da D_P por empreendimento e distância das classes



Fonte: dados da pesquisa

Em relação à I_A, cinco empreendimentos encontram-se na classe "bom" e um empreendimento na classe "ruim", com VM 11,13%. O desvio padrão da amostra (S) calculado é de 1,83%, demonstrando uma amostra de projetos arquitetônicas homogênea. A Figura 3 apresenta os valores do I_A e sua distância das classes.

Figura 3 – Valores do I_A por empreendimento e distância das classes



Fonte: dados da pesquisa

Importante destacar que o indicador projetual da I_A apresenta relevância às construtoras, sob o ponto de vista de retorno do investimento, pois as áreas das edificações destinadas à circulação vertical e horizontal apresentam custos do metro quadrado aproximados aos custos do metro quadrado observado nas unidades habitacionais, sem agregar valor final à cada unidade habitacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa mostrou a importância do processo de tomada de decisão em relação aos custos de execução que devem ser analisados nas etapas iniciais dos projetos arquitetônicos, especialmente relacionados à geometria dos empreendimentos edificações de múltiplos pavimentos. Para isso, no âmbito desta pesquisa foram analisados seis empreendimentos por meio dos indicadores de I_C, D_P e I_A.

Os valores individuais e o S observado para o I_C, apontando para uma amostra heterogênea, demonstram a variedade de estratégias projetuais existentes para redução de custos de produção. Considerando que o indicador I_A pouco contribui para o preço de venda da unidade habitacional, ainda que com custo por metro quadrado aproximado, faz-se necessária novas alternativas projetuais de fluxo nos projetos arquitetônicos.

Para aprofundamento das discussões sobre a relação qualidade-custo dos empreendimentos, a partir do projeto arquitetônico, faz-se necessário ampliar os indicadores analisados, permitindo análises mais amplas, fundamentadas em evidência, aos projetistas arquitetos e engenheiros.

Embora o presente artigo tenha fundamentado a pesquisa em parâmetros e indicadores amplamente consolidados pela literatura, como Costa *et al*. (2005), Mascaró (2010) e Oliveira, Lantelme e Formoso (1995), novos estudos podem buscar, por meio de processos de mapeamento sistemático de literatura nas bases de revistas indexadas novas abordagens de pesquisa voltadas à análise de custos de empreendimentos edificações.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: Avaliação de custos unitários de construção para a incorporação imobiliária e outras

disposições para condomínios edifícios – procedimentos. Errata 3:2021. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 16636**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Parte 1: diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro, 2017.

ALTOUNIAN, C. S. **Obras públicas**: licitações, contratos, fiscalização e utilização. Belo Horizonte: Fórum, 2010. 409 p.

CERON, L. **Notas sobre concepções de preço e valor nos custos da arquitetura**. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC/USP, São Carlos.

COSTA, D. B. *et al*. **Sistema de indicadores para *benchmarking* na construção civil**: manual de utilização. Porto Alegre: UFRGS/PPGEC/NORIE, 2005. 91 p. Disponível em: http://www.ufrgs.br/sisind-net/acervo/arquivos-disponiveis/ManualdeUtilizacao_2005.pdf. Acesso em: 18 dez. 2019.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; Fatores chaves de sucesso para sistemas de indicadores de desempenho para *benchmarking* colaborativo entre empresas construtoras. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 143-159, 2011.

ESCRIVÃO FILHO, E. (ed.). **Gerenciamento da construção civil**. São Carlos: EESC/USP, 1998. 256 p.

FARAH, M. F. S. **Processo de trabalho na construção habitacional**: tradição e mudança. São Paulo: Annablume, 1996. 312 p.

FERNÁNDEZ-SOLÍS, J. L. The systemic nature of the construction industry. **Architectural, Engineering and Design Management**, v. 4, p. 31-46, 2008.

GUERRINI, F. M.; MUSETTI, M. A.; PHILIPPSEN JR. L. **Diário de obra**: gestão de projetos, licitações e prática profissional. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019. 224 p.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. Porto Alegre: Masquatro, 2010. 192 p.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Poli/USP, São Paulo.

OLIVEIRA, M; LANTELME, E; FORMOSO, C. T. Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade da Construção Civil: Manual de Utilização. 2ª ed. Porto Alegre. SEBRAE-RS, 1995.

PARISOTTO, J. A. **Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais**: estudo de caso para uma empresa construtora. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos** (guia PMBok). Pensilvânia: PMI, 4a ed., 2008. 337 p.

ROMANO, F. V. **Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis.

ROZENFELD, H. *et al*. **Gestão do desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006. p. 3-102.

SÁLES, J. J. *et al*. **Sistemas estruturais**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 232 p.

TUHUS-DUBROW, D.; KRARTI, M. Genetic-algorithm based approach to optimize building envelope design for residential buildings. **Building and Environment**, v. 45, n. 7, p. 1574-1581, 2010.