

ANÁLISE DE INDICADORES GEOMÉTRICOS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS PARAMÉTRICOS EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DE ENSINO FUNDAMENTAL

TIAGO ALVES CARDOSO^{1*}, RICARDO ROCHA DE OLIVEIRA²; MATHEUS HENRIQUE ANDERLE³;
ADRIANA DE PAULA LACERDA SANTOS⁴;

¹Mestrando em Engenharia de Construção Civil, UFPR, Curitiba-PR, tiagoacard@gmail.com

²Dr. em Engenharia Civil, UNIOESTE, Cascavel-PR, ricardo.oliveira@unioeste.br

³Engenheiro Civil, UNIOESTE, Cascavel-PR, matheusgalego@gmail.com

⁴Dra. em Engenharia Civil, UFPR, Curitiba-PR, adrianapls@ufpr.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Na avaliação de viabilidade de execução de um empreendimento é essencial a estimativa do seu custo através da elaboração de um orçamento. Existem vários tipos de orçamento, e o padrão escolhido depende da finalidade e da disponibilidade de dados. Em estudos de viabilidade, em que há interesse em obter-se uma estimativa rápida ou baseada apenas em um anteprojeto, o tipo mais indicado é o orçamento paramétrico. No entanto, para tal prática torna-se necessário obter indicadores de custos paramétricos. Neste artigo, realizou-se um estudo exploratório, por meio de amostras representativas de edificações escolares públicas de ensino fundamental, com o objetivo de apresentar indicadores geométricos para estimativa de custos neste tipo de construção. Para esta finalidade, utilizou-se o Método de Características Geométricas, em que se apresentou uma exposição de indicadores geométricos para as amostras, tais como índice de compactidade, área de esquadrias externas, proporcionalidade de áreas, índice de paredes externas e internas. O conjunto de parâmetros obtidos pode ser usado como referência em um estudo de viabilidade econômica deste tipo de obra, propiciando o apoio à tomada de decisão no nível de planejamento estratégico, aprimorando assim, a definição da aplicação de recursos públicos.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores geométricos, custos paramétricos, escolas.

ANALYSIS OF GEOMETRIC PARAMETRIC INDICATORS FOR ESTIMATED COSTS IN SCHOOL BUILDINGS BASIC EDUCATION

ABSTRACT: In the evaluation of project implementation feasibility it is essential to estimate its cost by drawing up a budget. There are several types of budget, and the standard chosen depends on the purpose and the availability of data. Feasibility studies, where there is interest in obtaining a rapid estimate or based only on a preliminary plan, the most suitable type is parametric budget. However, for such a practice it becomes necessary to obtain parametric cost indicators. In this paper, there was an exploratory study, using representative samples of public school buildings, with the aim of presenting geometric indicators, to estimate costs in this type of construction. For this purpose, it is used the geometric characteristics method, where in an exposure performed geometric indicators for samples such as compactness index area of external frames, areas of proportionality, external and internal walls index. The set of parameters obtained can be used as reference in a study of the economic viability of this type of project, providing support for decision-making at the strategic planning level, thus improving the definition of the use of public funds.

KEYWORDS: Geometric indicators, parametric costs, schools.

INTRODUÇÃO

O planejamento de um empreendimento requer um estudo de viabilidade econômica, um orçamento detalhado e um rigoroso acompanhamento físico-financeiro da obra. Para se avaliar a viabilidade de um empreendimento, é necessário estimar seu custo, através da elaboração de orçamentos (Andrade e Souza, 2002; Knolseisen, 2003). Existem vários tipos de orçamento, e o

padrão escolhido depende da finalidade da estimativa e da disponibilidade de dados. Se há interesse em obter uma estimativa rápida ou baseada apenas na concepção inicial da obra ou em um anteprojeto, o tipo mais indicado é o orçamento paramétrico. O indicador paramétrico mais utilizado atualmente é o CUB (Custo Unitário Básico), que é obtido através de obras anteriores, ou indicadores, e permite que se faça uma estimativa de custo da obra utilizando somente área ou volume a ser construído. Além do CUB, outros índices ainda são bastante conhecidos no mercado da construção civil, tais como: o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil da Caixa Econômica Federal) e o IPCE (Índice Pini de Custos de Edificações da Editora Pini) (Marchiori, 2009).

Por outro lado, o setor público deve atentar para uma boa gestão, tornando o aparelho estatal mais atualizado aos padrões modernos. Considerando ainda que a educação pública, atualmente tratada como uma prioridade pelas políticas de governo, oferta mais de 24 milhões de matrículas no ensino fundamental, é necessário um planejamento eficaz do investimento na construção de novas unidades escolares (INEP, 2014).

Ante o exposto, esse artigo tem como proposta a obtenção de indicadores paramétricos que representem, com um grau de precisão em níveis aceitáveis, parâmetros para a definição de custo de construção para edificações escolares públicas de ensino fundamental, viabilizando a tomada de decisão mais criteriosa e transparente acerca da execução do empreendimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é classificada como exploratória, uma vez que buscará aprofundar o nível de conhecimento a respeito de um contexto determinado. Segundo Robson (2002), o objetivo da pesquisa exploratória é identificar o que está ocorrendo, especialmente em situações pouco compreendidas, a fim de pesquisar novas introspecções, quando o intuito é fazer perguntas, para gerar ideias e hipóteses para pesquisas futuras.

Preliminarmente, buscaram-se projetos arquitetônicos, memoriais e planilhas orçamentárias em processos licitatórios de edificações escolares públicas de ensino fundamental. Realizou-se contato com os setores de engenharia de 12 prefeituras, nos estados de Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo. Ao final deste processo obteve-se acesso aos projetos de construção de 09 edificações escolares, as quais são identificadas na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação das amostras

Amostra	Estado	Cidade	Área (m ²)
1	São Paulo	Sorocaba	2.792,36
2	Paraná	Cascavel	3.823,90
3		Toledo	774,94
4		Cascavel	2.283,36
5		Cascavel	1.113,95
6		Ponta Grossa	935,21
7		Ponta Grossa	969,12
8		Ponta Grossa	945,78
9		Toledo	320,00

Nesse estudo, utilizou-se o método de estimativa de custos denominado Método das Características Geométricas, em que as informações podem ser obtidas no início da fase de concepção do projeto, uma vez que não exige qualquer tipo de detalhamento. Neste método, após a definição do tipo de obra, padrão de acabamento e capacidade econômica, financeira e operacional do empreendedor, são definidas as características geométricas mais representativas da edificação, de forma a estabelecer relações paramétricas que apresentam indicadores e parâmetros de racionalidade de projeto.

De posse dos projetos arquitetônicos e memoriais, em cada uma das amostras foram definidos os indicadores geométricos apresentados no Quadro 1 e, posteriormente, efetuada uma comparação dos valores encontrados em pesquisas anteriores que são usadas como referência nesse tipo de estudo. Os indicadores analisados foram os seguintes: área média dos compartimentos; índice de compactidade; índice de paredes externas por m² de obra; índice de paredes internas por m² de obra; área de aberturas externas por m² de obra.

Quadro 1. Indicadores Geométricos

Indicadores Geométricos		
Indicadores	Definição	Autores
Área média dos compartimentos	Este parâmetro trata-se de uma média da área dos compartimentos de uma edificação	Losso (1995)
Índice de compacidade (IC)	Este parâmetro baseia-se na relação percentual que existe entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro das paredes externas do pavimento.	Mascaro (2004) e Oliveira (1995)
Área de paredes externas (APE)	Relação da área de paredes externas e a área do pavimento. Almeja obter um coeficiente referente a área de fachada.	Losso (1995)
Área de paredes internas (API)	Relação da área de paredes internas e a área do pavimento. Almeja obter um coeficiente referente a área de alvenaria interna por pavimento.	Losso (1995)
Área de aberturas externas (AAE)	Relação da área de aberturas externas e área do pavimento. Almeja obter a área de aberturas externas por pavimento.	Losso (1995)

Fonte: Adaptado de Losso (1995), Mascaró (2004) e Oliveira (1995)

Como exemplo de obtenção desses indicadores, apresenta-se a determinação do índice de compacidade, definindo-se os valores e a média em relação aos resultados obtidos nas amostras. Nas unidades escolares compostas por blocos distintos, ou com mais de um pavimento não idêntico, foi calculado o índice de compacidade para cada bloco/pavimento em separado e depois determinado a média ponderada dos valores. Na sequência à obtenção do índice, produziu-se um gráfico, para evidenciar os resultados obtidos e um esboço do perímetro das edificações foi elaborado com o auxílio de *software* de desenhos. Para os indicadores de paredes externas, paredes internas e aberturas externas, os mesmos procedimentos do índice de compacidade foram efetuados, com seus respectivos cálculos, os quais foram agrupados em tabelas para realização de análises.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise das áreas das edificações, dividiram-se as unidades em 05 setores: Administração/Direção, Pedagógico, Vivência, Serviços e Circulação. A Tabela 2 revela a relevância de cada setor nas amostras estudadas, com a indicação dos valores individuais de áreas de cada unidade, com destaques para os valores médios, menor e maior.

Ainda, é possível comparar-se os valores obtidos com os padrões identificados pelo FDE (2012), que especifica a proporcionalidade entre os setores de um projeto padrão de uma escola. Os índices denominados “maior” e “menor” são os maiores e menores percentuais encontrados nas 07 amostras, em relação a cada setor, respectivamente.

Tabela 2. Proporção das áreas

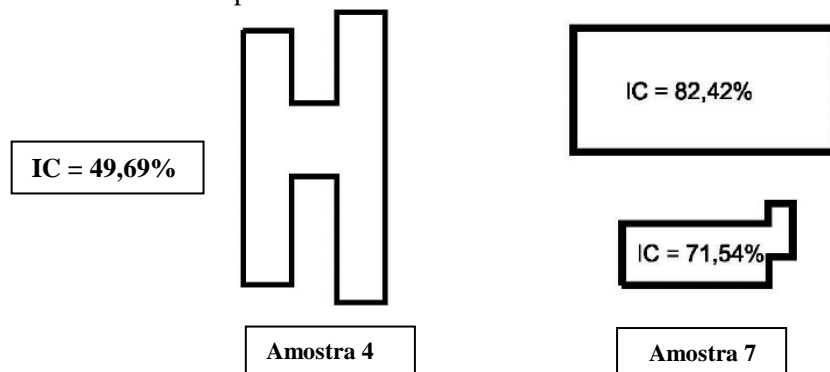
Amostra Setor	Índice das amostras (%)										Padrão	Média	Maior	Menor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
Direção/Admin.	5,8	3,5	9,0	4,6	9,4	6,2	6,2	5,7	7,1	8,5	6,4	9,4	3,5	
Pedagógico	45,4	55,9	42,9	46,4	44,0	40,2	49,2	38,5	58,4	50,0	46,8	58,4	38,5	
Vivência	18,6	18,6	22,0	16,4	17,7	17,8	20,4	28,1	23,2	16,5	20,3	28,1	16,4	
Serviços	2,0	1,5	6,3	3,2	2,6	6,7	3,7	4,6	7,2	2,0	4,2	7,2	1,5	
Circulação	28,2	20,4	19,8	29,4	26,3	29,1	20,6	23,2	4,1	23,0	22,3	29,4	4,1	

Comparando-se os valores obtidos nas amostras detecta-se que, com exceção da amostra 09, todas as outras escolas apresentam a divisão de áreas seguindo uma tendência do padrão estabelecido na literatura. Devido ao fato de tratar-se de uma escola de pequeno porte, essa amostra apresentou poucas áreas de circulação, maximizando as áreas do setor pedagógico, resultando assim, em valores discrepantes em relação às outras unidades. Destaca-se ainda a amostra 02, a qual teve menor área

reservada a atividades administrativas, que corrobora com o pressuposto de que escolas maiores possuem maior número de salas de aula e não necessariamente precisam ampliar proporcionalmente sua área administrativa.

A Figura 1 apresenta as amostras que obtiveram o menor e o maior valor de Índice de Compacidade (IC) encontrados. Apesar de não estarem em escala, as representações evidenciam o propósito principal do indicador, ou seja, a relação entre o perímetro e a área da figura.

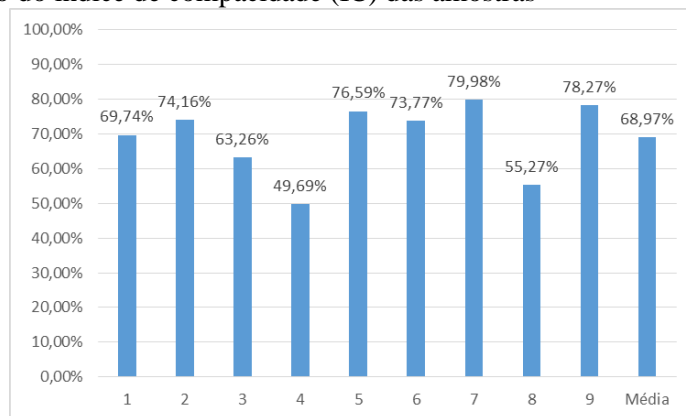
Figura 1. Índice de compacidade das amostras 4 e 7: menor e maior valor de IC



Observa-se que a amostra 7 é a figura mais compacta, com a forma mais próxima a de um quadrado, e apresenta o maior índice de compacidade dentre todas as amostras. A amostra 4, por sua vez, apresenta um formato que se assemelha a letra “H”, com peças mais parecidas com retângulos, com valores baixos resultantes da relação base/altura, sendo então a amostra com o menor índice.

O gráfico da Figura 2 retrata uma comparação entre os índices das amostras com a de um quadrado, a forma a qual a literatura expõe como a de melhor aproveitamento do espaço.

Figura 2. Comparação do índice de compacidade (IC) das amostras



A Tabela 3 apresenta uma compilação dos dados obtidos pelos índices geométricos das amostras desse estudo.

Tabela 3. Comparação dos índices geométricos

Amostra	Área	IC	APE	API	AAE
1	2.792,36	69,74	0,36	0,50	0,04
2	3.823,90	74,16	0,33	0,51	0,08
3	774,94	63,29	0,49	0,63	0,09
4	2.283,36	49,69	0,6	0,46	0,17
5	1.113,95	76,59	0,55	0,62	0,14
6	935,21	73,77	0,36	0,76	0,11
7	969,12	79,98	0,46	0,59	0,13
8	945,78	55,27	0,48	0,64	0,15
9	320,00	78,27	0,58	0,83	0,18
Média	---	68,97	0,47	0,62	0,12

Observa-se que há pouca diferença na proporção de áreas. A discrepância de áreas entre mesmos setores em unidades diferentes ocorre devido às particularidades do programa de necessidades de cada uma, destacando-se o número de salas de aula e a necessidade de circulação.

Em relação à APE, há uma grande variação entre as amostras, sendo a oscilação nos valores de pé-direito, quantidade de aberturas externas e disposição da edificação (compacidade), os fatores mais relevantes para definição desse índice.

Os índices de API retrataram valores maiores em relação aos de APE, visto que existem muitas subdivisões dentro de uma unidade (salas de aula, banheiros, biblioteca, etc.). Já os índices de AAE expressaram uma grande variação, com as amostras 04 e 09 com altos índices de aberturas externas, diretamente proporcional a APE, e as amostras 01, 02, 03 e 06 com os menores índices de AAE e APE.

CONCLUSÕES

Contatou-se que, em relação à divisão de áreas, as escolas seguem um padrão. Ainda, a pesquisa possibilitou, por meio da obtenção dos indicadores geométricos, constatar que as unidades que apresentaram menor índice de compacidade foram também as que revelaram elevados índices de Área de Paredes Externas (APE) e Área de Aberturas Externas (AAE), expondo assim uma tendência entre as amostras.

Em vista disso, os indicadores geométricos obtidos podem ser utilizados como referência em estudos de viabilidade econômica para a construção de novas escolas públicas de ensino fundamental. Além disso, diante da crescente demanda de construção de edificações escolares públicas em todo o país, torna-se imprescindível a adoção de procedimentos que amparem o processo de tomada de decisão, visando o aprimoramento do processo planejamento, buscando garantir a aplicação do volume de recursos disponíveis com a máxima eficiência.

Assim sendo, os indicadores geométricos, associados aos orçamentos paramétricos, mostram-se como importantes ferramentas para o estudo inicial de viabilidade em um empreendimento. Apesar de não ter sido o escopo do presente trabalho, seria importante buscar referências para os setores de engenharia de prefeituras, para associar relações entre os índices geométricos e níveis de custos de construção adotados em projetos padrões de escolas. Neste sentido, recomenda-se que seja abordada em futuros trabalhos a relação entre os parâmetros geométricos e os custos envolvidos no processo de construção.

REFERÊNCIAS

- Andrade, A; Souza, U. Diferentes abordagens quanto ao orçamento de obras habitacionais: aplicação ao caso do assentamento da alvenaria. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Meio Ambiente Construído – Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.
- FDE - FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. Catálogo de Ambientes – Especificações da Edificação Escolar. Governo Estadual de São Paulo, 2012.
- INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo Escolar da Educação Básica 2013: Um resumo técnico. Brasília: O Instituto, 2014
- Knolseisen, P. C. Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003
- Losso, I. R. Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custos: Estudo de caso em uma empresa de construção. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- Mascaró, Juan Luís. O Custo das Decisões Arquitetônicas. 3.ed. Porto Alegre: JLM, 2004. 180p.
- Marchiori, F. F. Desenvolvimento de um Método para Elaboração de Redes de Composições de Custos para Orçamentação de Obras de Edificações. 2009. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009
- Oliveira, M. Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade da Construção Civil: Manual de Utilização. 2ª Ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995.
- Robson, C. Real world research - a resource for social scientists and practioner researchers, Blackwell Publishers, 2002.