



COMPARAÇÃO DE CUSTO ENTRE ESTRUTURA CONVENCIONAL EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO PARA EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CUIABÁ-MT

Claudio Cruz Nunes (1) e Elisabeth Junges (2)

(1) Prof. D.Sc. do Depto. de Engenharia Civil da Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil - e-mail: ccnunes@ufmt.br

(2) Engenheira Civil pela Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil - e-mail: bethjunges@hotmail.com

RESUMO

A construção civil no Brasil vive um momento de renovação técnica e de introdução de métodos construtivos capazes de aumentar a produtividade, reduzirem os custos e favorecer o gerenciamento de obras. A escolha do sistema estrutural de um edifício, em geral, é influenciada por imposições arquitetônicas, por rotinas construtivas ou ainda pela infra-estrutura da região. É dever do engenheiro de estruturas buscar, entre todas as possibilidades, a estruturação mais econômica para o seu projeto. Com este trabalho pretende-se realizar uma comparação de custo na cidade de Cuiabá de dois tipos estruturais, a alvenaria estrutural em blocos de concreto e a estrutura convencional em concreto armado com a finalidade de contribuir com dados e parâmetros que possam servir de referencial ao se fazer um anteprojeto para o padrão de edificação em estudo. O objeto de estudo foi um edifício residencial voltado para o público de baixa e média renda. No levantamento dos custos foram considerados materiais, mão-de-obra e equipamentos, englobando os serviços referentes à estrutura e também os serviços de acabamento das paredes. Não foi considerado o tempo de execução, tendo como iguais para os dois sistemas.

Palavras-chave: Sistema estrutural. Alvenaria estrutural. Estrutura convencional. Custo.

ABSTRACT

The civil construction in Brazil lives a moment of renewal technique and introduction of constructive methods capable to increase the productivity, to reduce the costs and to favor the management of workmanships. The choice of the structural system of a building, in general, is influenced by impositions architectural, constructive routines or still by the infrastructure of the region. It is to have of the engineer of structures to search, between all the possibilities, the option most economic for its project. With this work it is intended to carry through a comparison of cost in the city of Cuiabá of two structural types, the structural masonry block-type of concrete and the conventional structure in armed concrete with the purpose to contribute with data and parameters that can serve of reference to if making a first draft for the standard of construction in study. The study object was a residential building directed toward the public of low and measured income. In the survey of the costs, were considered material, man power and equipment, quantifying the referring services to the structure and also the services of finishing of the walls. The execution time was not considered, having as equal for the two systems.

Keywords: Structural system. Structural masonry. Conventional structure. Cost.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil vive um momento de renovação técnica e de introdução de métodos construtivos capazes de aumentar a produtividade, reduzirem os custos e favorecer o gerenciamento de obras.

De acordo com Costa (apud ALBUQUERQUE, 1999), a evolução do processo construtivo começa pela qualidade dos projetos, e entre os projetos elaborados para a construção civil, destaca-se o estrutural. O projeto estrutural, individualmente, responde pela etapa de maior representatividade no custo total da construção (15% a 25% do custo total). Justifica-se então um estudo prévio para a escolha do sistema estrutural a ser adotado, pois se sabe que uma redução de 10% no custo da estrutura pode representar, no custo total, uma diminuição de 2%.

Segundo Albuquerque (1999), ao fazer a concepção estrutural, o engenheiro tem de ter em mente vários aspectos, tais como: manter a estética e a funcionalidade do projeto arquitetônico, idéia aproximada dos esforços atuantes na estrutura, métodos construtivos e custos. A escolha do sistema estrutural de um edifício, em geral, é influenciada por imposições arquitetônicas, por rotinas construtivas ou ainda pela infra-estrutura da região. Mesmo assim, o engenheiro de estruturas tem de buscar, entre todas as possibilidades, a estruturação mais econômica para o seu projeto.

Essa busca por redução de custos e eficiência, tem levado ao surgimento de estudos comparativos dos métodos construtivos. Mas ainda há carência de estudos voltados para a comparação de custo, que sirvam de subsídio para profissionais e meio acadêmico para uma análise prévia do tipo estrutural a ser adotado.

Diante disso, este artigo vem para contribuir com dados e parâmetros que possam servir de referencial ao se fazer um anteprojeto. O objetivo não é apresentar uma solução geral, mas apresentar resultados para uma determinada edificação.

A comparação de custos foi feita entre os sistemas estruturais de alvenaria estrutural em blocos de concreto e estrutura convencional em concreto armado para um edifício residencial para a região de Cuiabá. O objeto de estudo foi um edifício residencial voltado para o público de baixa e média renda, pela preocupação em atender essa classe com habitações com menor custo possível sem deixar de atender à qualidade e segurança da edificação. No levantamento dos custos foram considerados materiais, mão-de-obra e equipamentos, englobando os serviços referentes à estrutura e também os serviços de acabamento das paredes. Não foi considerado o tempo de execução, tendo como iguais para os dois sistemas. Também foi considerado que os dois sistemas possuem laje do tipo treliçada, não acarretando grandes diferenças de custo entre os dois sistemas.

A alvenaria estrutural já é bastante difundida nas regiões sul e sudeste do país, em construções de prédios, principalmente de apartamentos de até quatro pisos, que objetivam a solução habitacional no país do tipo popular (COÊLHO, 1998). A construção civil de Cuiabá pouco tem utilizado o sistema de alvenaria estrutural em edifícios residenciais, seja por falta de conhecimento do sistema ou por fatores culturais, onde a estrutura em concreto armado é adotada em quase todos os casos. Então, buscando-se um sistema construtivo alternativo que seja racional e possa apresentar vantagens sobre o convencional, principalmente em termos de custo, foi escolhida a solução de alvenaria estrutural em blocos de concreto para realizar a comparação de custo com o sistema estrutural mais difundido.

1.1 Alvenaria estrutural de blocos de concreto

A alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos portantes compostos por unidades de alvenaria, unidos por juntas de argamassa capazes de resistirem a outras cargas além de seu peso próprio (PRUDÊNCIO; OLIVEIRA; BEDIN, 2002).

As principais vantagens do sistema segundo Corrêa; Ramalho (2003), em comparação com o sistema convencional de concreto armado estão apresentadas a seguir:

- a. **Economia de formas:** ausência da utilização de formas, restringindo-as a concretagem das lajes.
- b. **Redução dos revestimentos:** devido ao maior controle na execução da alvenaria e qualidade dos blocos utilizados a espessura do revestimento é significativamente reduzida.
- c. **Redução dos desperdícios de material:** a eliminação da possibilidade da realização de rasgos na alvenaria para a execução das instalações elétricas e hidráulicas, leva a diminuição dos desperdícios com material na obra.
- d. **Redução do número de especialistas:** profissionais como armadores e carpinteiros não são necessários neste sistema.
- e. **Flexibilidade no ritmo de execução da obra:** se as lajes forem pré-moldadas, o ritmo da obra estará desvinculado do tempo de cura que deve ser respeitado no caso das peças de concreto armado.

Além das vantagens, devem-se apresentar algumas das desvantagens do sistema, que são listadas a seguir segundo Corrêa; Ramalho (2003):

- a. **Dificuldade de rearranjo arquitetônico:** como as paredes fazem parte da estrutura, elas não podem ser removidas, o que impossibilita reformas significativas que buscam um novo layout para a edificação. Essa limitação é um grande inibidor de vendas e até mesmo um fator que pode comprometer a segurança de uma edificação durante a sua vida útil. Mas, essa limitação está sendo suavizada por novas soluções arquitetônicas e estruturais, em que algumas paredes não são portantes.
- b. **Interferência entre projetos de arquitetura, estruturas e instalações:** a interferência entre os projetos é muito grande, a manutenção do módulo (dimensões da unidade) afeta de forma direta o projeto arquitetônico, e a impossibilidade de se furar paredes, sem um controle cuidadoso desses furos, condiciona de forma marcante os projetos de instalações hidráulicas e elétricas.
- c. **Necessidade de mão-de-obra qualificada:** a alvenaria estrutural exige uma mão-de-obra qualificada e apta a fazer uso de instrumentos adequados para a sua execução. Isso significa um treinamento prévio da equipe contratada para sua execução, caso contrário, os riscos de falhas crescem e comprometem a segurança, qualidade e economia da construção.

1.2 Estrutura convencional em concreto armado

Entende-se como estrutura convencional aquela em que as lajes se apóiam em vigas (tipo laje-viga-pilar), ou seja, a estrutura é formada fundamentalmente por lajes, vigas e pilares (ALBUQUERQUE, 1999). É o sistema construtivo mais difundido no Brasil.

As principais vantagens do sistema convencional são:

- a. **Mão-de-obra treinada:** como foi e ainda é o sistema mais utilizado há abundância de mão-de-obra qualificada.
- b. **Maior rigidez:** a existência de muitas vigas forma muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura de contraventamento (ALBUQUERQUE, 1999).
- c. **Rearranjo arquitetônico:** possibilidade de alterações no layout já que as paredes têm função apenas de vedação.

As principais desvantagens do sistema são:

- a. **Cronograma de construção associado à cura do concreto:** O cronograma da construção está ligado a curra do concreto para poder-se trabalhar sobre o pavimento recém concretado e para o levantamento da alvenaria de vedação.
- b. **Perda de material e geração de entulho:** o sistema não pode ser considerado racional pelo alto índice de perda de material durante o processo construtivo, como por exemplo, a necessidade de realizar rasgos nas paredes para a instalação de tubulações hidráulicas e elétricas.

- c. **Recortes na estrutura:** a presença de grande número de vigas além de causar alto consumo de formas, não favorece o reaproveitamento de formas e diminui a produtividade da construção.

2 OBJETIVO

Comparar o custo dos dois sistemas estruturais: estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural de blocos de concreto, para edifício residencial em Cuiabá.

3 METODOLOGIA

O projeto arquitetônico e o projeto de alvenaria estrutural de blocos de concreto foram fornecidos por uma construtora da região. O projeto de estrutura convencional foi concebido com auxílio de um software, respeitando as exigências de segurança e qualidade impostas pelas normas vigentes.

Neste artigo foi levado em consideração o custo unitário dos serviços, ou seja, materiais, equipamentos e mão-de-obra, incluindo os encargos sociais. Foram quantificados os serviços referentes à estrutura, vedação com tijolos cerâmicos (estrutura convencional), acabamento das paredes, e também foi feita a comparação de custos entre as fundações dos dois sistemas. A composição dos serviços foi obtida por meio de consulta a TCPO - Tabela de Composição de Preços para Orçamento, livro muito utilizado pelos profissionais da área.

Neste artigo não foi considerado o tempo de execução, tendo como iguais para os dois sistemas. Também não foram consideradas características particulares que levem as diferenças entre os dois sistemas, como: flexibilidade de utilização, layout variados, diferenciação na execução de outros serviços como instalações elétricas. Em relação às instalações elétrica e hidráulica, será levado em consideração no sistema de estrutura convencional a execução e enchimento de rasgos, pois é um ponto que onera grande diferença construtiva e, portanto de custos entre os dois sistemas.

Para a comparação dos custos foi feita uma pesquisa de preços no mercado de Cuiabá, consultando os principais fornecedores de materiais, serviços e equipamentos. O preço da mão-de-obra considerado foi o preço mínimo tabelado para a região de Cuiabá. Os encargos sociais foram calculados por meio da taxa de leis sociais e riscos do trabalho fornecida pela TCPO.

3.1 Apresentação do edifício exemplo

O projeto arquitetônico do edifício-exemplo foi cedido por uma construtora da região. Trata-se de um edifício residencial multi-familiar construído em alvenaria estrutural de blocos de concreto na cidade de Cuiabá.

O edifício é composto por térreo e três pavimentos tipos, cada pavimento dividido em dois patamares, e acima do último pavimento tem-se o barrillete e a caixa d'água. Cada pavimento tipo possui quatro apartamentos, com exceção do pavimento térreo, que apresenta no espaço de um apartamento uma sala de jogos. A área útil de um apartamento soma 58,74 m², com um quarto, uma suíte, sala, sacada, cozinha e área de serviço, como pode ser visto na Figura 1. A área de circulação é de 12,12 m², composta de escada e patamar. A altura de piso a piso é 2,92m e a altura total do edifício é 16,24m.

3.2 Projeto de Alvenaria Estrutural

O projeto de alvenaria estrutural do edifício exemplo foi fornecido juntamente com o projeto arquitetônico por uma construtora da região. A fundação adotada foi do tipo tubulão, foi usado concreto com resistência de 25MPa até uma profundidade igual ao diâmetro do fuste, e no restante do tubulão concreto com resistência de 15 MPa. Foi utilizado grauteamento e barras de aço em alguns

pontos da estrutura caracterizando alvenaria estrutural parcialmente armada. A resistência dos blocos utilizados na edificação é de 4,5 MPa (resistência mínima exigida no projeto). Utilizou-se estrutura convencional para a transição do pavimento térreo para o primeiro pavimento na área do salão de jogos, já que nesta área não há paredes internas. O tipo de laje utilizada foi a treliçada armada em uma direção, com enchimento de lajota cerâmica. As paredes que aparecem no pavimento tipo da Figura 1 foram utilizadas como paredes estruturais, com exceção das paredes onde aparecem os aparelhos sanitários e portas dos banheiros e a parede de 55 cm entre a cozinha e área de serviço que são paredes hidráulicas.

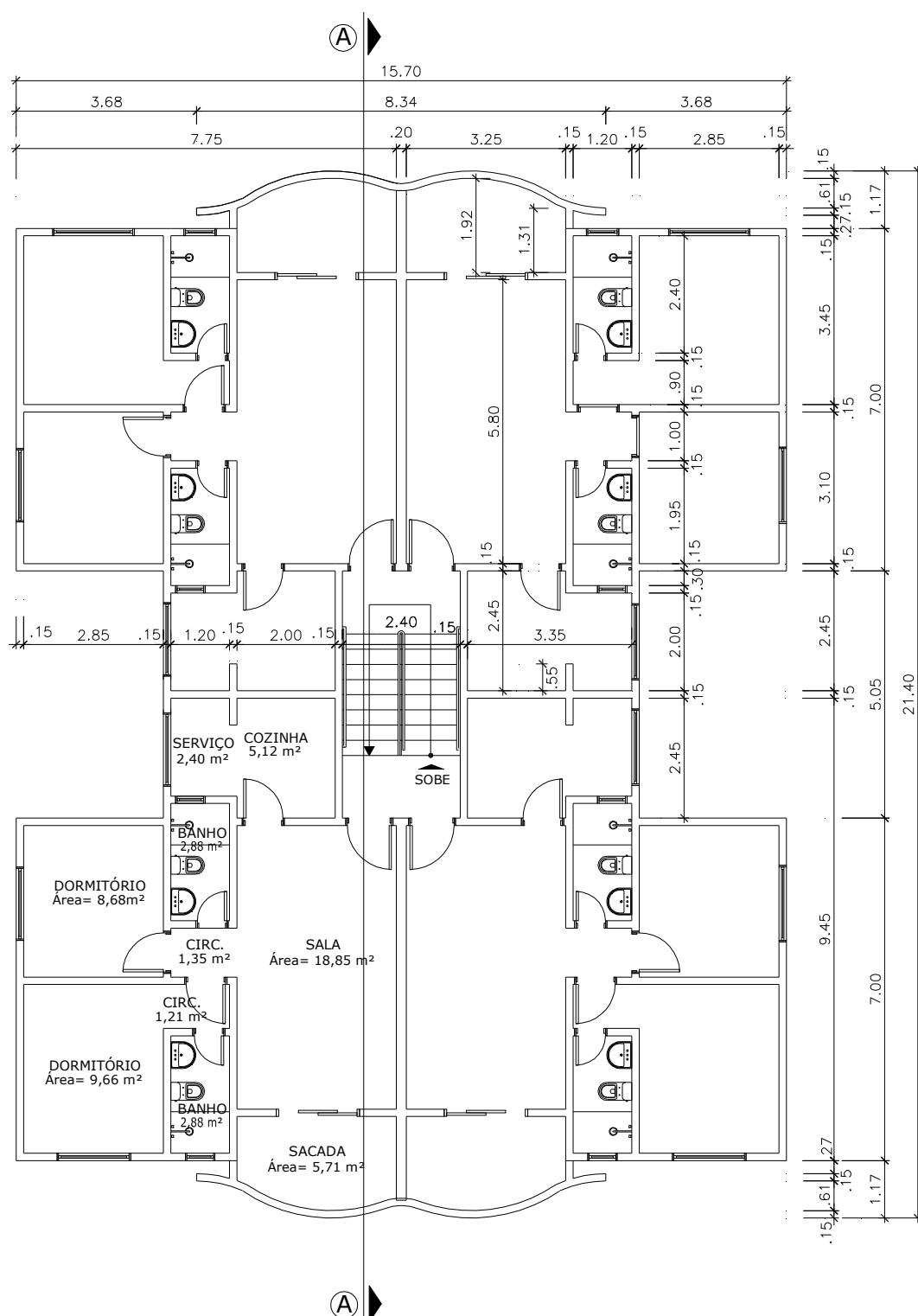


Figura 1 - Planta baixa do pavimento tipo (medidas em m)

3.3 Projeto da estrutura convencional em concreto armado

Para a análise estrutural foram consideradas todas as ações que poderiam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura a ser analisada, levando-se em conta os possíveis estados limites últimos e os de serviço, conforme recomenda a NBR 6118 (2003). O tipo de laje utilizada foi a treliçada armada em uma direção, com enchimento de lajota cerâmica.

Para a elaboração da estrutura foram seguidas as seguintes etapas, chegando-se na planta de forma da Figura 2 para os pavimentos tipos:

- Concepção da estrutura;
- Carregamento da estrutura;
- Pré-dimensionamento;
- Verificação da estabilidade da estrutura;
- Detalhamento do projeto;
- Verificação dos consumos.

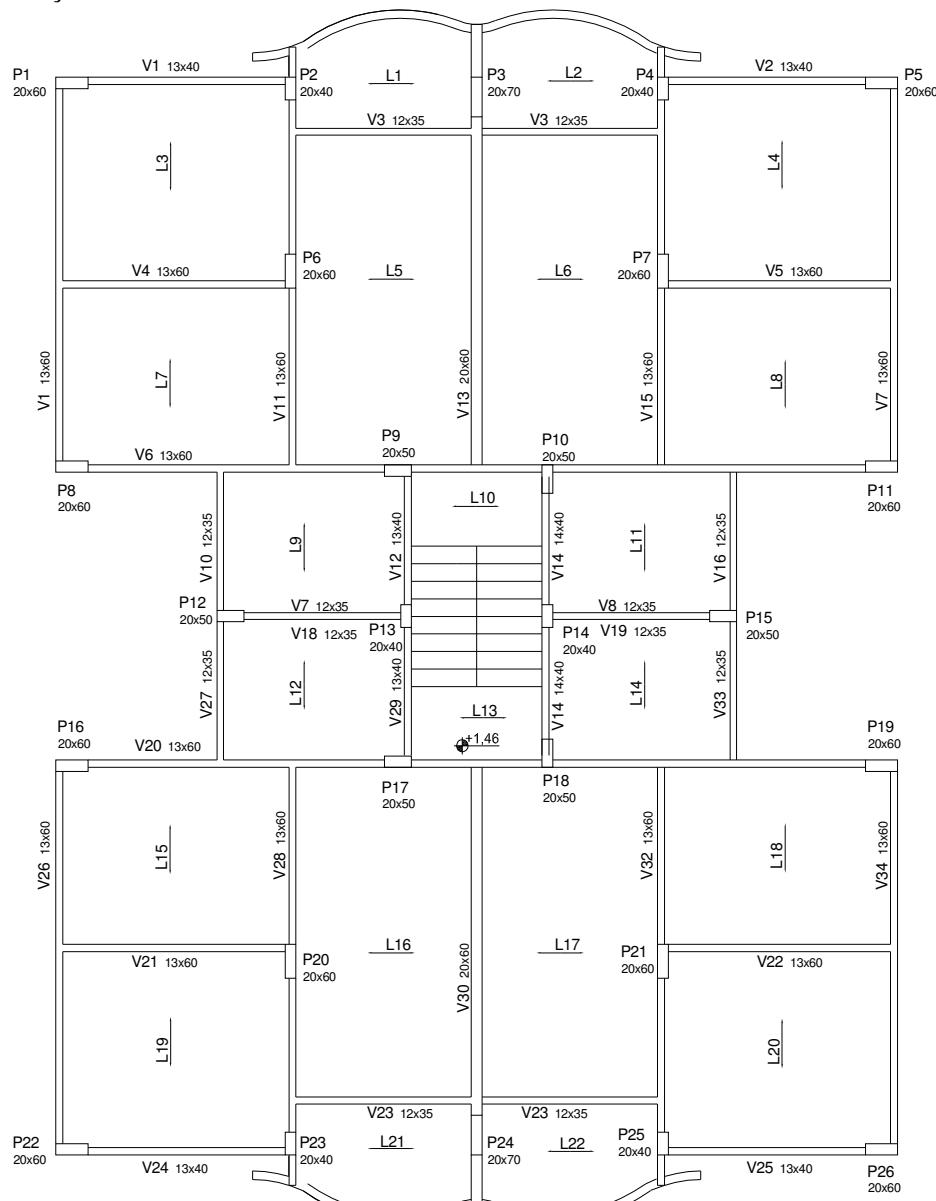


Figura 2 – Planta de forma do pavimento tipo para estrutura convencional em concreto armado

Foi adotado concreto de 25 MPa da caixa d'água até os tubulões a uma profundidade igual ao diâmetro do fuste, e no restante dos tubulões concreto com resistência de 15 MPa.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Além da estrutura, foram quantificados os serviços referentes ao revestimento das paredes e fundação, devido a significativa diferença entre os sistemas nessas etapas.

Os serviços referentes à execução de alvenaria de vedação com tijolo cerâmico foram incluídos no custo total da estrutura convencional, pois no sistema de alvenaria estrutural a alvenaria tem dupla função de estrutura e vedação, compatibilizando-se assim a comparação. O custo referente à laje, foi considerado igual para os dois sistemas, pelo motivo de em ambos os projetos os painéis de lajes treliçadas formados terem sidos os mesmos, e também para simplificar a comparação, observando que o objetivo é comparar o restante da estrutura, onde estão presentes as diferenças entre os dois sistemas.

Como já exposto anteriormente, uma das grandes vantagens do sistema de alvenaria estrutural é a diminuição da espessura dos revestimentos e consequentemente dos custos. Por este motivo, percebeu-se a necessidade de comparar os custos dos dois sistemas na etapa de revestimento das paredes para se fazer uma comparação mais completa.

Para a quantificação dos custos de revestimento da estrutura convencional com alvenaria de vedação de tijolos cerâmicos foi adotado o revestimento padrão usado para este tipo de alvenaria. Para o revestimento interno, consideraram-se os serviços de chapisco, emboço, emassamento e pintura com tinta látex PVA. Nas áreas molhadas, que compreendem a cozinha, área de serviço e banheiros, foi adotado o assentamento de azulejo em toda a área de paredes. Para o revestimento externo consideraram-se os serviços de chapisco, emboço, emassamento e pintura com tinta latex acrílica.

Os tipos de revestimento adotados para as paredes do sistema de alvenaria estrutural foram os mais utilizados por construtoras que adotam o sistema, são considerados os mais econômicos e que mais aproveitam a qualidade da parede em alvenaria de blocos de concreto. Para o revestimento externo, adotou-se a aplicação de textura acrílica diretamente sobre a parede. Nas paredes internas foi considerado revestimento de gesso e pintura látex PVA, e nas áreas molhadas o assentamento de azulejo diretamente sobre a parede de bloco de concreto.

Para tornar este artigo mais completo, resolveu-se fazer a comparação entre os projetos de fundações dos dois sistemas. Para tornar isto possível, projetaram-se as fundações da estrutura convencional e de posse do projeto de fundações da alvenaria estrutural foi possível fazer a comparação.

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os resultados do levantamento de custos referentes a execução da estrutura, revestimento e fundação dos dois sistemas. Nas Figuras 3 e 4 tem-se as comparações percentuais por etapas de cada sistema e na Figura 5 tem-se a comparação global dos dois sistemas.

Tabela 1 - Custo unitário

	Estrutura Custo/m ² (R\$)	Revestimento Custo/m ² (R\$)	Fundação Custo/m ³ (R\$)
Estrutura convencional e alvenaria de tijolos cerâmicos	231,20	23,26	386,25
Alvenaria estrutural	170,21	11,71	369,68

Tabela 2 - Comparação global dos custos

	Estrutura (R\$)	Revestimento (R\$)	Fundação (R\$)	Total (R\$)
Estrutura convencional e alvenaria de tijolos cerâmicos	254312,31	105886,87	17404,43	377603,61
Alvenaria estrutural	187235,63	53579,12	24560,32	265375,07
Diferença (R\$)	67076,68	52307,75	-7155,89	112228,54
Diferença (%)	26,38	49,40	-29,14	29,72
Diferença Total (%) = 29,72				

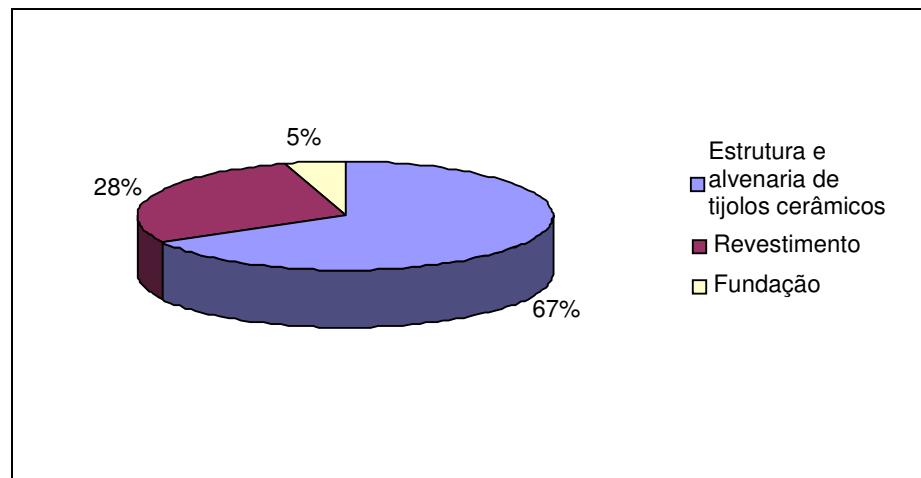


Figura 3 - Custo percentual por etapa da estrutura convencional

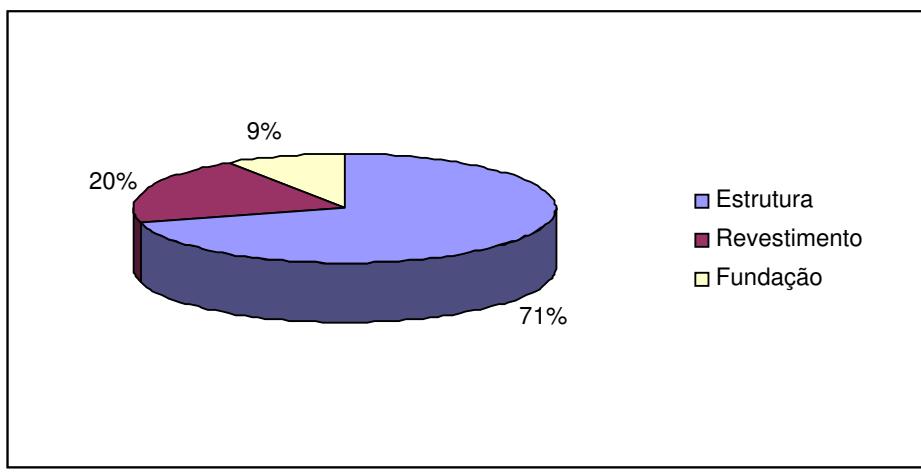


Figura 4 - Custo percentual por etapa da alvenaria estrutural

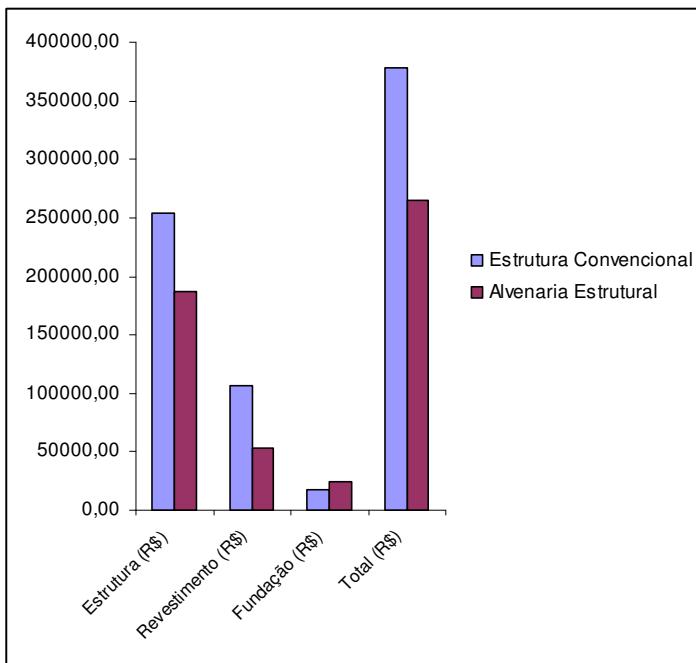


Figura 5 - Comparação global dos custos: Estrutura Convencional e Alvenaria Estrutural

O resultado demonstra uma grande diferença de custo entre os dois sistemas. A execução da estrutura representa uma diferença de 26,38% favorecendo a alvenaria estrutural.

O revestimento da alvenaria estrutural chega a ser 49,4% mais econômica que a alternativa convencional. Esta diferença é justificada pela eliminação de etapas como chapisco e emassamento no revestimento das paredes de blocos de concreto.

Percebe-se que o projeto de fundação da estrutura convencional teve seu custo 29,14% mais econômico que o de alvenaria estrutural. Isto deve principalmente a diferença do número de fundações de um projeto pra outro, enquanto que na estrutura convencional são 26 tubulões, no projeto de fundação do sistema alvenaria estrutural são 44 tubulões.

Na estrutura convencional a estrutura incluindo a alvenaria de vedação representou 67% dos custos englobando o revestimento das paredes e fundações. Já na alvenaria estrutural a percentagem da estrutura é 71% dos custos.

Ao se comparar os custos dos dois sistemas englobando a estrutura, revestimento das paredes e fundações chegou-se ao resultado de que o sistema de alvenaria estrutural apresenta seu custo 29,72% inferior ao sistema de estrutura convencional com alvenaria de vedação de tijolos cerâmicos. Este número é bastante expressivo e deve-se a racionalização do sistema que exclui a necessidade do uso de formas, diminui o consumo de aço e concreto, apresenta menor diversidade de mão-de-obra, menor desperdício de material e espessura dos revestimentos.

Segundo Wendler (2001), a economia de uma obra em alvenaria estrutural pode variar entre 15 e 20% do custo total da obra. Considerando-se que a estrutura e vedação de um edifício desse formato construído em estrutura convencional representem 30% do custo da obra, a fundação nesse caso representa 2,05% e o revestimento 12,50%, então a diferença de custo entre os dois sistemas representa uma economia de 13,24% no custo total da obra para o edifício estudado. Considerando-se apenas a estrutura e vedação essa diferença cai para 8%. Em um orçamento comparativo feito por Tateoka (2003) para um edifício de 15 andares construído no estado de São Paulo, a diferença entre os dois sistemas quanto a estrutura e vedação, considerando-se que esta parte representa 30% do custo total da obra, chegou a uma economia de 11% da alvenaria estrutural em relação à estrutura convencional.

Portanto, a alvenaria estrutural é a melhor opção estrutural em termos de custo para o edifício estudado para a região de Cuiabá.

É importante salientar que este artigo não vem com o intuito de generalizar um resultado, mas de fornecer dados de referência para uma melhor escolha do sistema estrutural em termos de custo para edifícios semelhantes ao exemplo adotado.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. T. Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado. 1999. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- ARAÚJO, M. J. Projeto estrutural de edifícios de concreto armado. Rio Grande-RS: Dunas, 2004, 1 ed.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Avaliação de desempenho térmico de edificação habitacional térrea com paredes em alvenaria de blocos de concreto na cidade de Brasília. São Paulo, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Avaliação de desempenho térmico de edificação habitacional térrea com paredes em alvenaria de blocos cerâmicos na cidade de Brasília. São Paulo, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- COÊLHO, R. S. A. Alvenaria estrutural. São Luís: UEMA, 1998.
- NAKAMURA, J. A redescoberta da alvenaria estrutural. Revista Téchne, nº 75, p. 38-43, 2003.
- PINHEIRO, L. M.; MUZANDO C.; SANTOS S. Estruturas de concreto. USP - EESC - Dep. de Eng. de Estruturas, São Paulo, 2004.
- PRUDÊNCIO JUNIOR, L. R.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C.A. Alvenaria estrutural de blocos de concreto. Florianópolis: Pallotti, 2002.
- RAMALHO, M. A.; CORREA, R. S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. 1 ed. São Paulo: Pini, 2003.
- TCPO: Tabelas de composições de preços para orçamento. 12 ed. São Paulo: Pini, 2003.
- TATEOKA, T. Custo comparativo: alvenaria estrutural x concreto armado e blocos cerâmicos. Revista Construção e Mercado, n 26, set. 2003.
- WENDLER, A. Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto. ABCP, São Paulo, 2001.