

UTILIZAÇÃO DO SISTEMA BUBBLEDECK EM EDIFÍCIOS

USING BUBBLEDECK SYSTEM IN BUILDINGS

MÁRCIO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

Engenheiro Civil - Universidade Estadual de Goiás
marcio_alves5@hotmail.com

NAYANE FERREIRA DE MELO

Engenheiro Civil - Universidade Estadual de Goiás
nayanefmelo@gmail.com

FRANCIELLY DJANIRA DE OLIVEIRA

Engenheiro Civil - Universidade Estadual de Goiás
franciellyoliveira@hotmail.com

JULIANO RODRIGUES DA SILVA

Professor Doutor em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília
Engenharia Civil - Campus Henrique Santillo, Anápolis (GO)
julianorodriguessilva@gmail.com

Resumo: A utilização de sistemas construtivos inovadores no Brasil é um desafio, principalmente pela falta de material didático para apoio e utilização na construção civil. Um destes Sistemas Construtivos é a laje Bubbledeck, que apresenta como principais vantagens a redução do volume de concreto e do tempo de execução, aumento dos vãos e maior liberdade arquitetônica. Sendo assim, nesta pesquisa foram verificados dois métodos de dimensionamento de lajes de acordo com a NBR 6118 (2014) e através de software comercial. Por fim, os resultados obtidos através dessas duas formas de cálculo foram comparados por quesitos como: armadura, volume de concreto e viabilidade econômica. Além de um comparativo entre o sistema Bubbledeck e as lajes convencionais: maciça e pré-moldada com EPS treliçada e pré-moldada protendida com EPS. A laje mais viável para o caso analisado é a laje pré-moldada protendida com EPS que apresentou melhor desempenho e menor custo tanto de concreto quanto de aço para o caso analisado através dos métodos de cálculo analítico e o software comercial.

Palavras-Chave: Bubbledeck. Edifícios. Estrutura. Sistema.

Abstract: The use of innovative building systems in Brazil is a challenge, especially for the lack of teaching material to support and use in construction. One of these is the Building Systems Bubbledeck slab, which has as main advantages to reduce the volume of concrete and runtime, increased spans and greater architectural freedom. Therefore, in this study it was verified two slabs sizing methods according to NBR 6118 (2014) and using commercial software. Finally, the results obtained by these two forms of calculation were compared by questions like: armor, concrete volume and economic viability. In addition to a comparison between Bubbledeck system and conventional slabs: Massive and pre-shaped lattice with EPS and precast prestressed with EPS. The most viable slab to the case analyzed is the precast prestressed slab with EPS which showed better performance and lower cost as much concrete as steel for the case analyzed by the analytical calculation methods and commercial software.

Keywords: Bubbledeck. Buildings. Structure. System.

Introdução

Segundo Mendonça; Batalha, da Revista do Instituto Politécnico da Bahia (2015, p. 22), partindo do princípio da consciência ecológica, uma construção sustentável é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, atendendo as necessidades da edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais. Com a preocupação de gerar construções ligadas à sustentabilidade vêm surgindo inovações tecnológicas. O sistema de lajes Bubbledeck é um destes modelos.

Bubbledeck é um sistema construtivo inovador, de origem dinamarquesa, composto pela incorporação de esferas plásticas nas lajes de concreto, uniformemente espaçadas entre duas telas metálicas soldadas (BUBBLEDECK, 2013). O sistema pode ser visualizado na figura 1.



Figura 01- Sistema Bubbledeck

Fonte: Bubbledeck, 2013

De acordo com o fabricante, Bubbledeck (2013), o sistema apresenta uma redução de até 35% no peso próprio da laje, devido as esferas ou bolhas (bubble) que são introduzidas na região inferior da laje, região da laje que não desempenha função estrutural. Esta economia de material acarreta uma redução significativa do impacto ambiental além de criar um processo industrializado de lajes. Assim como lajes tradicionais o sistema garante execução de grandes vãos, balanços consideráveis e formas arredondadas, facilitando a execução de um projeto de arquitetura. Ainda aponta que o sistema visa substituir métodos mais rústicos como, por exemplo, lajes maciças. A tecnologia Bubbledeck oferece menor consumo de concreto, melhor isolamento acústico, economia de fôrmas, sendo estes os principais atrativos em sua utilização.

De acordo com Calin; Voai (2009, p.1), as esferas são feitas pela incorporação de polipropileno de alta densidade, material este que não reage quimicamente com o concreto ou

reforço e não tem porosidade. Porém apresentam suficiente resistência e rigidez quando organizadas de acordo com o projeto e colocadas entre as malhas de reforço.

De acordo com Duarte (2014, p.3), a cada metro quadrado construído de laje Bubbledeck (para uma laje de 23 cm) são retirados 1 Kg de plástico do meio ambiente. Para cada um milhão de metros quadrados fabricados com laje maciça há uma economia de 24,4 mil m³ de concreto com a tecnologia. O futuro caminha para processos industrializados e com a maior economia, dando mais credibilidade para ideias verdes.

Segundo Parcianello (2014, p. 13) as lajes podem ser usadas em vãos com mais de 6 metros e em diversos tipos de edificações, porém por ser uma técnica recente e inovadora, é normal ocorrer uma resistência inicial devido a carência de bibliografia e de construções em números suficientes. Nesse sentido surgem questionamentos como: o sistema de lajes Bubbledeck será capaz de superar lacunas de qualidade, custo e segurança das lajes tradicionais?

Concepção estrutural do edifício

- **Disposições Gerais**

Trata-se do dimensionamento de lajes de um edifício comercial com o sistema *Bubbledeck*.

No estudo será adotado lajes *Bubbledeck* de acordo com as especificações técnicas do fabricante no dimensionamento de um edifício fictício.

As lajes *Bubbledeck* são comercializadas em tipos que apresentam variação na espessura da laje, vãos alcançados, carga, volume de concreto. Desse modo é possível verificar a correta utilização, já especificado pelo fabricante. Pode-se verificar os tipos de lajes *Bubbledeck* na tabela 1.

Tabela 01 - Tipos de lajes comercializadas

| Tipo | Espessura da laje (mm) | Diâmetro das esferas (mm) | Vão (m) | Carga (kN/m ²) | Concreto (m ³ /m ²) |
|-------|------------------------|---------------------------|---------|----------------------------|--|
| BD230 | 230 | 180 | 7 a 10 | 3,70 | 0,15 |
| BD280 | 280 | 225 | 8 a 12 | 4,60 | 0,19 |
| BD340 | 340 | 270 | 9 a 14 | 5,50 | 0,23 |
| BD390 | 390 | 315 | 10 a 16 | 6,40 | 0,25 |
| BD450 | 450 | 360 | 11 a 18 | 7,30 | 0,31 |

Fonte: *Bubbledeck*, 2013

A tabela 2 apresenta as sobrecargas utilizadas para o cálculo das lajes.

Tabela 02 - Cargas utilizadas

| Tipo | Peso Próprio (kN/m ²) | Carga acidental (kN/m ²) | Sobrecarga (kN/m ²) |
|-------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| BD230 | 3,70 | 2,00 | 0,80 |
| BD280 | 4,60 | 2,00 | 0,80 |
| BD340 | 5,50 | 2,00 | 0,80 |
| BD390 | 6,40 | 2,00 | 0,80 |
| BD450 | 7,30 | 2,00 | 0,80 |

Fonte: Autores, 2016

- **Arquitetura do edifício**

A planta do pavimento tipo possui quatro salas comerciais por andar. Cada sala possui uma área de 16,00 m², simétricas. Para efeito de simplificação foram desconsideradas a existência de escadas e reservatório. A Figura 2 ilustra a planta baixa da edificação.

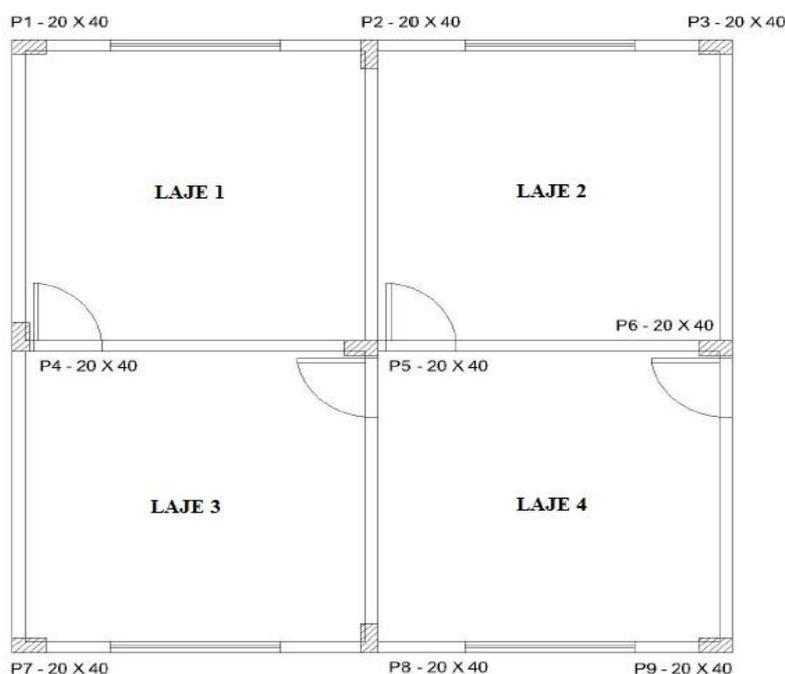


Figura 02 – Definição das lajes, editada
Fonte: Cappellesso, 2014

Os pilares considerados possuem seção transversal de 20 cm x 40 cm e o pé direito do edifício é de 2,80 m de altura.

• **Dimensionamento**

A laje Bubbledeck usa o conceito de lajes cogumelo o qual os elementos de viga são eliminados. Será dimensionado um módulo padrão de dimensões 4,0 m x 4,0 m. O carregamento considerado pela tabela 2 é uniforme para toda a laje.

Para este vão foi escolhida a laje Bubbledeck BD230, com espessura de 23 cm, devido as indicações do fabricante que indica a BD230 para vãos de até 10,0 metros, conforme verificado na tabela 1.

O projeto será realizado para os quatro modelos de lajes primeiramente por processos analíticos, de acordo com cálculos da NBR 6118 (2014) e em seguida verificado e comparado com os cálculos do software Cypecad.

Para a laje maciça são apresentados dados obtidos através do cálculo analítico de uma laje maciça com altura necessária para vencer o vão de projeto, através da tabela dos momentos de Bares.

Para as lajes pré-moldadas são apresentados dados obtidos através do cálculo analítico de uma vigota de acordo com a sobrecarga adotada.

Como a laje Bubbledeck é um sistema inovador e não possui norma específica para cálculo, desse modo o dimensionamento realizado segue o tópico referente a laje lisa da NBR 6118 (2014) que determina a necessidade de capitel, armadura de punção e armadura contra colapso progressivo, e referente a laje maciça da NBR 6118 (2014) que determina as armaduras de ligações dos painéis e armadura de distribuição.

Na Tabela 3 são apresentados coeficientes comparativos de cálculo fornecidos pelo fabricante em relação a laje maciça equivalente, o fator para cortante 0,60 foi utilizado para reduzir a tensão de cisalhamento resistente na laje Bubbledeck.

Tabela 03 – Coeficientes de cálculo da laje Bubbledeck

| | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Diâmetro da Esfera [cm] | 18,00 | 22,50 | 27,00 | 31,50 | 36,00 | 40,50 | 45,00 |
| Mínimo Intereixo das Esferas [cm] | 20,00 | 25,00 | 30,00 | 35,00 | 40,00 | 45,00 | 50,00 |
| Máximo Número de Esferas [1/m ²] | 25,00 | 16,00 | 11,00 | 8,16 | 6,25 | 4,94 | 4,00 |
| Espessura Mínima da Laje [cm] | 23,00 | 28,00 | 34,00 | 40,00 | 45,00 | 52,00 | 58,00 |
| Redução de Carga Por Esfera [kN] | 0,08 | 0,15 | 0,26 | 0,41 | 0,61 | 0,87 | 1,19 |
| Redução Máx. de Carga /m ² [kN/m ²] | 1,91 | 2,39 | 2,86 | 3,34 | 3,82 | 4,29 | 4,77 |
| Fator para Rigidez [-] | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,88 | 0,87 | 0,88 | 0,88 |
| Fator para o Cortante [-] | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Fator para o Peso [-] | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,67 | 0,66 | 0,67 | 0,67 |

Fonte: Bubbledeck, 2013

- **Tabela de custos**

A tabela 4 apresenta os custos dos materiais utilizados para comparativos entre as lajes tendo como referência a tabela de insumos da SINAPI 2016, Goiás.

Tabela 04 – Tabela insumos

| Código | ITEM | Unidade | Preço (USD) | Preço (BRL) |
|----------|-----------------------------------|----------------|-------------|-------------|
| 00000032 | Aço CA-50, 6,3 mm, Vergalhão | kg | 1,30 | 4,70 |
| 00000033 | Aço CA-50, 8,0 mm, Vergalhão | kg | 1,46 | 5,28 |
| 00000034 | Aço CA-50, 10,0 mm, Vergalhão | kg | 1,24 | 4,49 |
| 00000035 | Concreto usinado bombeável - C25 | m ³ | 69,07 | 250,03 |
| 00000036 | Aço CA-50, 4,2 mm, Vergalhão | kg | 1,23 | 4,45 |
| 00034344 | Aço para protensão, CP150RB, 8 mm | kg | 1,93 | 6,99 |
| 00034851 | Concreto usinado bombeável - C45 | m ³ | 100,69 | 364,49 |

Fonte: SINAPI, 2016

Apresentação dos resultados

- **Análise Analítica**

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados o volume de concreto e as armaduras através do cálculo analítico das lajes, possibilitando uma comparação entre os quatro modelos apresentados.

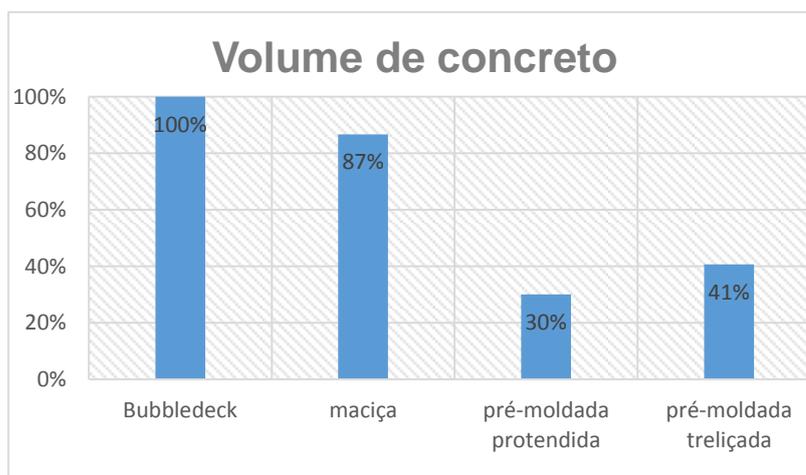


Figura 03– Volume de concreto das lajes, analítico

Fonte: Autores, 2016

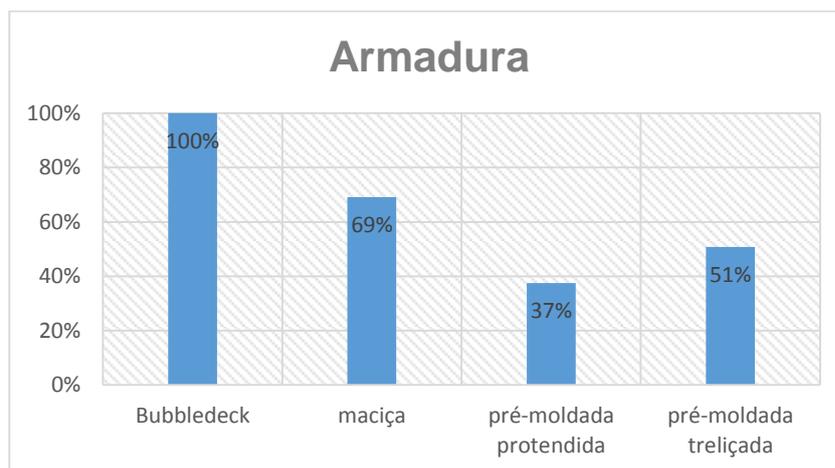


Figura 04 – Armadura das lajes, analítico

Fonte: Autores, 2016

A laje *Bubbledeck* por possuir a espessura de 23 cm é considerada de grande espessura para um vão de 4 metros, conseqüentemente utilizando mais aço e concreto do que as outras lajes do comparativo. Observa-se que tanto no concreto quanto nas armaduras as lajes pré-moldadas possuem uma grande economia, além das pré-moldadas protendidas não necessitarem de escoramento para vãos de até 3,20 metros.

Porém é necessário lembrar que a laje *Bubbledeck* não possui vigas, ao contrário das outras lajes. Desse modo, no cálculo realizado pelo *software* tem-se uma relação do custo benefício incluindo as vigas para análise.

- **Análise Computacional**

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados o volume de concreto e as armaduras através do cálculo pelo *software*, considerando apenas os dados das lajes.

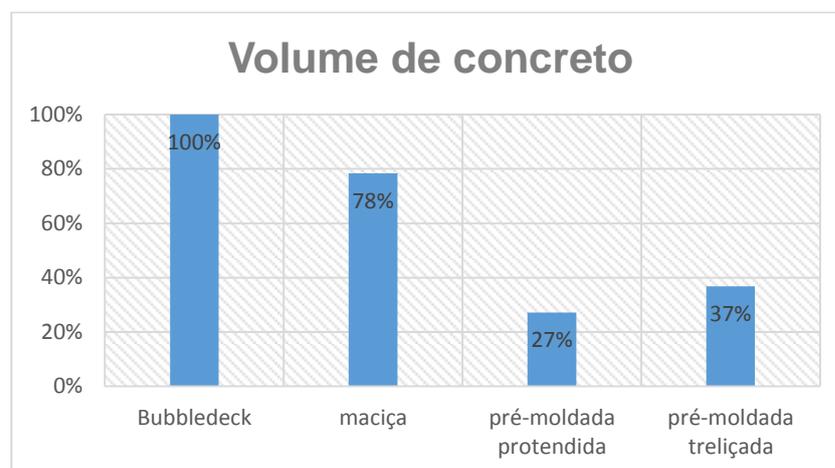


Figura 05 – Volume de concreto das lajes, *software*

Fonte: Autores, 2016

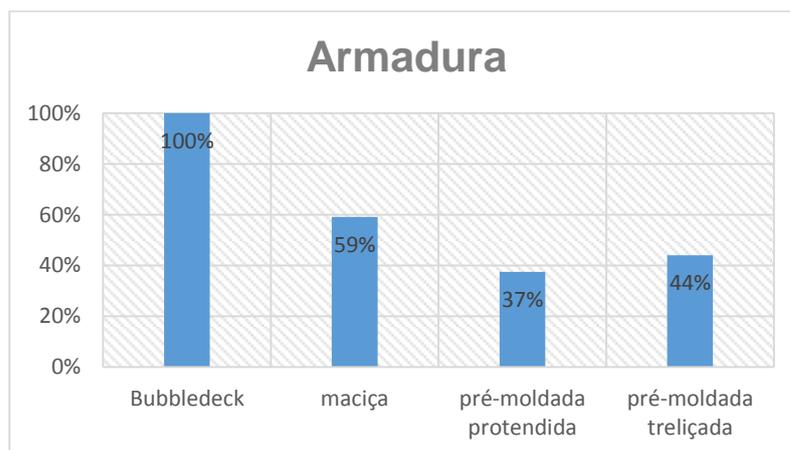


Figura 06 –Armadura das lajes, *software*
Fonte: Autores, 2016

Analisando os dados obtidos pelo software confirmamos os resultados obtidos pelo cálculo analítico, pois ambos são próximos.

Nas Figuras 7 e 8 são apresentados o volume de concreto e as armaduras através do cálculo pelo software, considerando uma comparação mais ideal de modo a considerar as lajes e as vigas. De modo que a laje Bubbledeck tenha melhor competitividade por não possuir vigas.

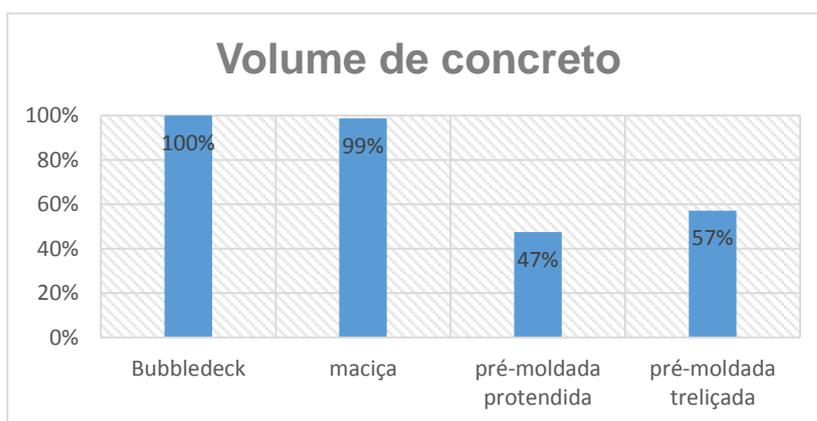


Figura 07 – Volume de concreto das vigas e lajes, *software*
Fonte: Autores, 2016

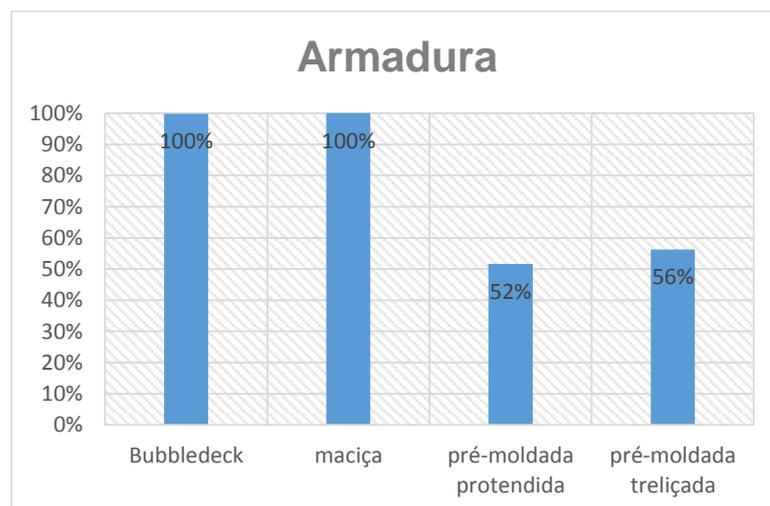


Figura 08 – Armadura das vigas e lajes, software

Fonte: Autores, 2016

Através das figuras 7 e 8 é possível analisar que a laje Bubbledeck torna-se bastante interessante, considerando o consumo de concreto e aço das vigas somados com os das lajes. Seu desempenho é próximo ao da laje maciça. Porém as lajes pré-moldadas consomem cerca de 50% a menos no caso em estudo.

- **Comparativo**

Nas Figuras 9 e 10 são apresentados a relação do cálculo analítico com o cálculo no software, a partir dos dados obtidos das lajes.

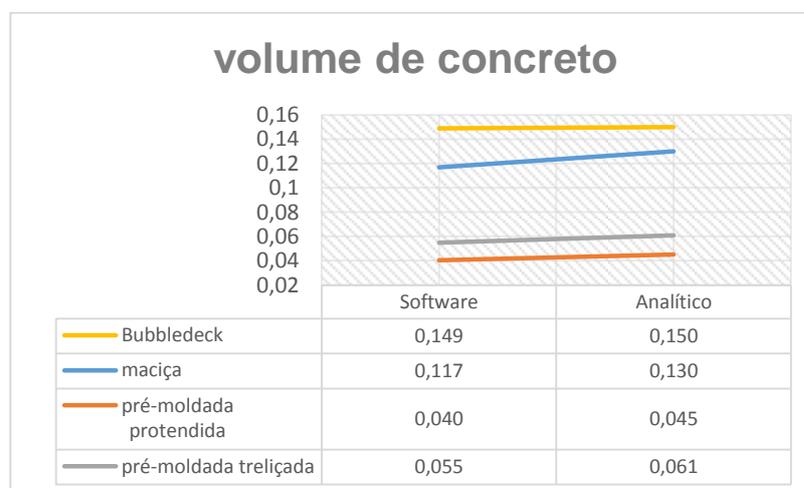


Figura 09 – Comparativo do volume de concreto

Fonte: Autores, 2016

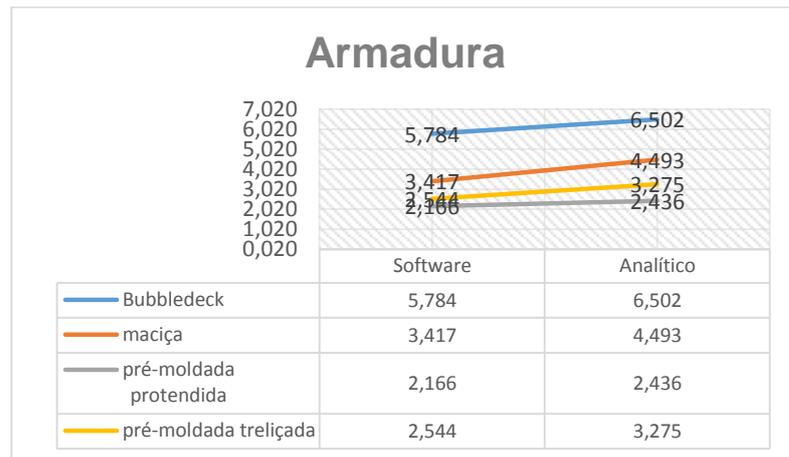


Figura 10 – Comparativo da armadura
Fonte: Autores, 2016

Pode-se observar que os dados manuais sempre tiveram um percentual maior, a favor da segurança e por ser um método aproximado de acordo com a NBR 6118 (2014).

O volume de concreto calculado analiticamente é praticamente o mesmo do software. Já a armadura observa-se uma leve diminuição pelo dimensionamento realizado pelo programa.

- **Análise Financeira**

Neste tópico são apresentados a relação dos custos em real e dólar de aço e concreto, além do comparativo isolado e total das lajes, através de gráficos que possibilitam melhor entendimento e visualização.

A figura 11 apresenta o comparativo do custo do concreto entre lajes através do cálculo analítico e pelo software, dados em reais.

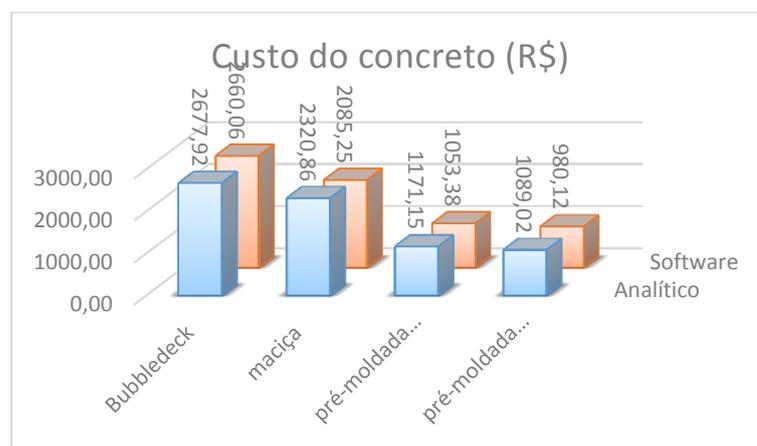


Figura 11 – Comparativo de custo de concreto
Fonte: Autores, 2016

Pode-se observar que as lajes, maciça e Bubbledeck, estão no mesmo nível em relação ao custo de concreto e ambas as lajes pré-moldadas se equivalem. Para o vão de 4 metros as lajes pré-moldadas possuem um custo aproximadamente 50% menor, comparadas as lajes maciça e Bubbledeck.

Por mais que as lajes protendidas de acordo com o fabricante utilize um concreto com $f_{ck} = 45$ MPa, por ser um volume muito menor é mais viável financeiramente. Ao contrário das outras lajes que, conforme o projeto, utilizam um concreto com $f_{ck} = 25$ MPa.

A discrepância entre o analítico e o software se encontra devido ao cálculo pelo software considerar o concreto das vigas, logo possibilita uma comparação mais exata.

A figura 12 apresenta o comparativo do custo do aço entre lajes através do cálculo analítico e pelo software, dados em reais.

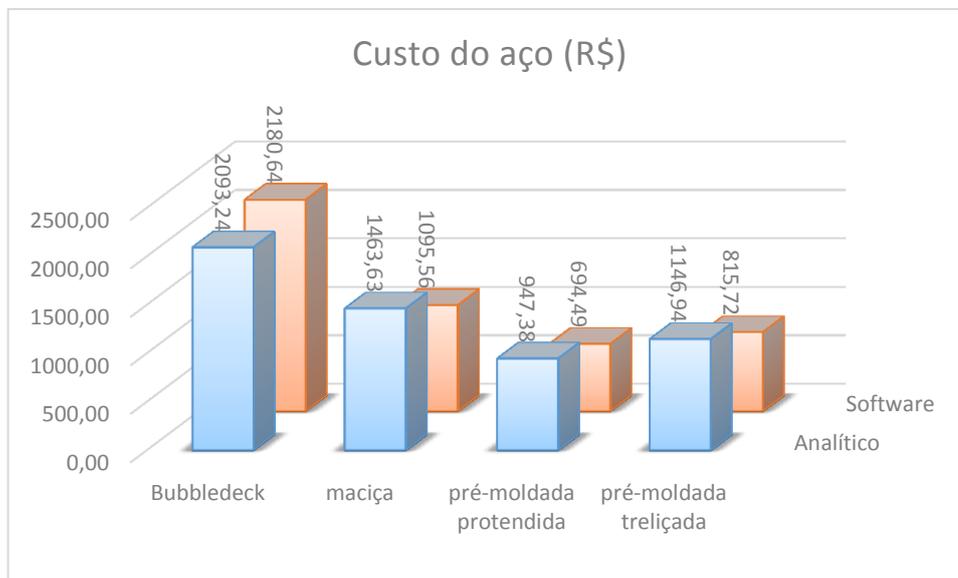


Figura 12 – Comparativo de custo de aço
Fonte: Autores, 2016

Pode-se observar que a variação entre o analítico e o calculado a partir do software ficaram com variações menores que 15%. A laje *Bubbledeck* possui um gasto um pouco maior em relação ao custo de aço, ambas as lajes pré-moldadas se equivalem novamente. Para o vão de 4 metros as lajes pré-moldadas possuem um custo aproximadamente 50% menor, comparadas às lajes maciça e *Bubbledeck*.

A figura 13 exhibe o comparativo total entre lajes dados em reais.

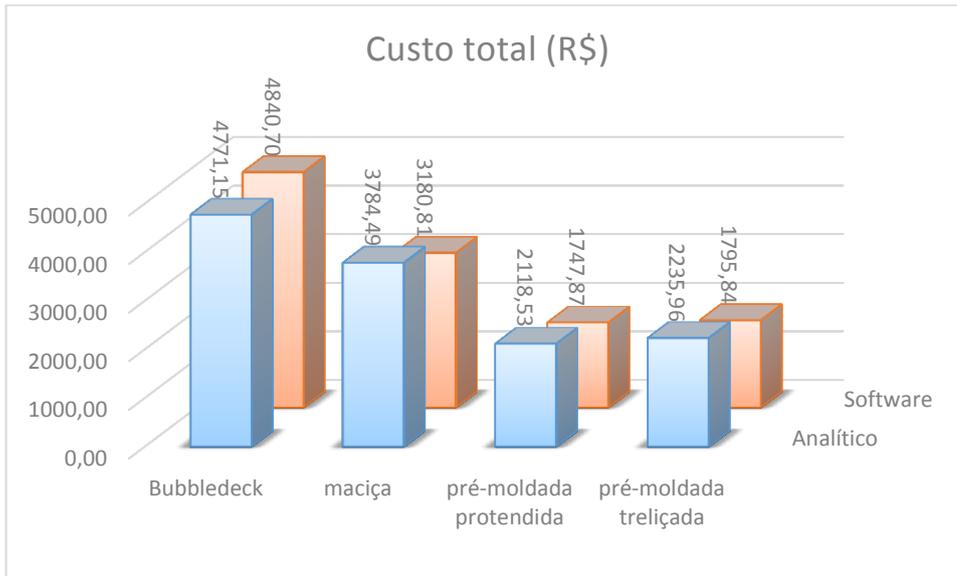


Figura 13 – Comparativo total em reais
Fonte: Autores, 2016

A figura 14 exibe o comparativo total entre lajes dados em dólar. Cotação: \$1,00=R\$3,62, Data: 30/03/2016.

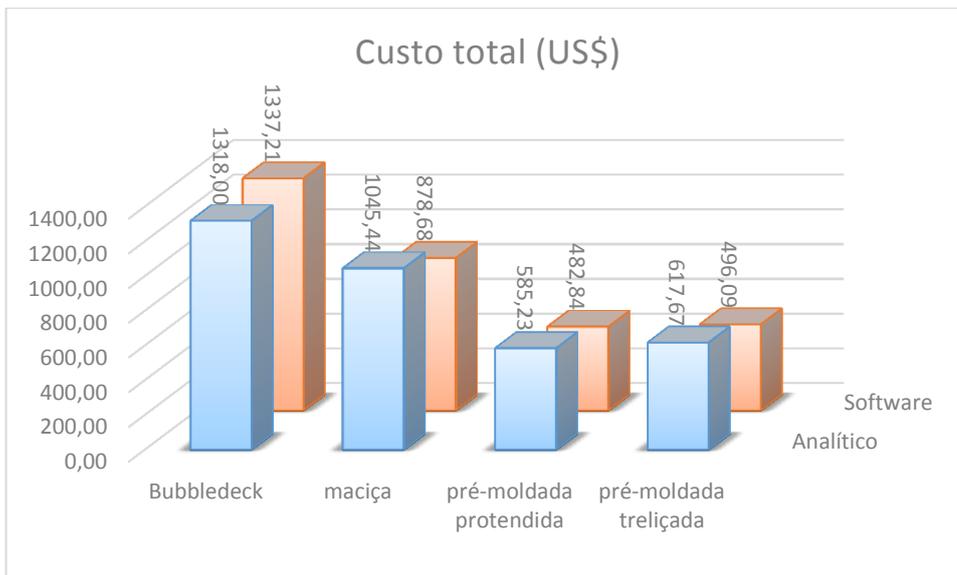


Figura 14 – Comparativo total em dólar
Fonte: Autores, 2016

As Figuras 15 e 16 exibem os custos por metro quadrados de aço e concreto das lajes.

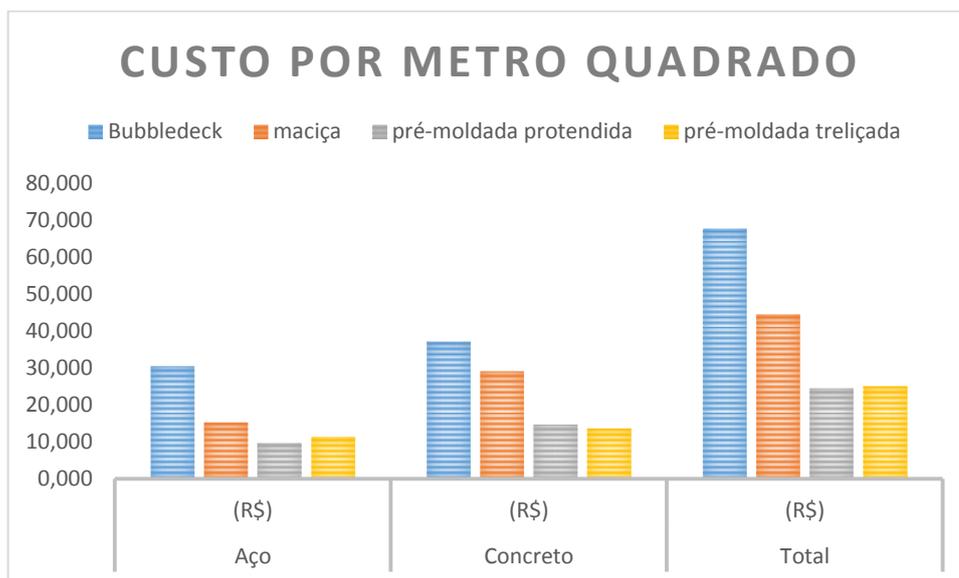


Figura 15 – Análise dos custos por metro, software

Fonte: Autores, 2016

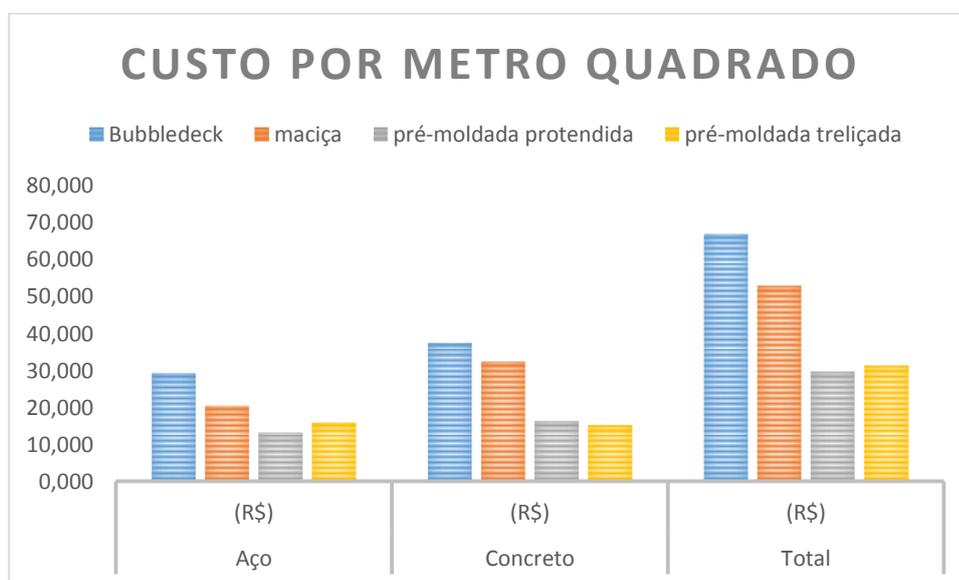


Figura 16 – Análise dos custos por metro, analítico

Fonte: Autores, 2016

Através dos gráficos e da tabela nota-se a economia que se obtêm na utilização das lajes pré-moldadas. A laje Bubbledeck para o vão que é considerado pequeno é inviável. A laje maciça tem um custo moderado. Outros aspectos devem ser considerados para a escolha da laje a ser utilizada, dependendo de cada caso. Considerações financeiras: escoramento, EPS, tempo disponível, condições de travamento.

Conclusão

Este trabalho foi realizado com o objetivo de fazer uma análise do sistema Bubbledeck através de comparativos dos volumes de concreto, aço e dos custos com as lajes mais conhecidas e utilizadas, maciça e pré-moldadas.

Através da NBR 6118 (2014) que nos fornece métodos aproximados para que se possa realizar o cálculo estrutural de lajes de concreto armado foi possível chegar a resultados próximos dos verificados pelo software Cypecad. Considerando a verificação da força cortante reduzida para 0,60 de acordo com a tabela 3 fornecida pelo fabricante.

Por outro lado, os programas computacionais para o cálculo estrutural analisam as estruturas de forma completa, como conjunto de pórticos, o que se aproxima da realidade, porque consideram as interações entre os diferentes elementos da edificação. Desse modo o cálculo passa a ser mais realista e seguro, representando o comportamento real da edificação, além da facilidade em utilizar programas.

Em relação ao comparativo das lajes, a laje Bubbledeck para o caso analisado, foi a laje com maior gasto de concreto e de aço, e conseqüentemente maior custo. As lajes pré-moldadas tiveram os custos mais baixos tanto no concreto quanto no aço, tendo um custo final cerca de 50% menor. Lembrando que apesar de não possuir norma específica, as aproximações feitas na NBR 6118 (2014) obtiveram um resultado satisfatório.

A laje pré-moldada com vigota protendida obteve a melhor economia em todos os aspectos, sem contar que dispensa escoras até 3,20 metros. É outro modelo que torna as construções com vãos menores ainda mais econômicas e ágeis. Porém para vãos maiores a tendência das lajes pré-moldadas é ficarem mais inviáveis, como o estudo realizado foi para um vão padrão de 4,00 x 4,00 metros, a escolha mais adequada é a laje pré-moldada com vigota protendida.

A laje Bubbledeck tem um público restrito. Nesta pesquisa observamos que não existe mão de obra especializada e torna-se inviável para construções com vãos menores. Durante a realização deste trabalho não foi possível verificar fisicamente uma obra realizada com o sistema Bubbledeck, pois não estava sendo realizada nenhuma obra no momento, segundo a Empresa Bubbledeck Brasil e também não foi possível conseguir preços referentes aos módulos comercializados.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6118 (2014) – **Projeto de estruturas de concreto** – procedimento. ABNT, 2014.

ABNT NBR 6120 (1980) – **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. ABNT, 1980.

BUBBLEDECK CATÁLOGO. **Conceito e vantagens** - Bubbledeck Brasil, 2013.

CALIN, S.; VOAIE, C. A. **Method for bubbledeck concrete slab with gaps**. Buletinul institutului politehnic din ias, i, 2009.

CAPPELLESSO, J. S., Neto. **Estudo analítico e computacional de pilares de concreto armado**. Monografia, Universidade Estadual de Goiás, 2014.

DUARTE, O. F., Jr. **Laje Bubbledeck Características Gerais E Viabilidade Executiva**. Revista On-Line Especialize, 2014.

PARCIANELLO, A. T. **Planejamento e execução de lajes Bubbledeck na obra**. Monografia, UniCEUB - Centro Universitário de Brasília, 2014.

REVISTA DO INSTITUTO POLITÉCNICO DA BAHIA. **Avaliação Da Sustentabilidade Nas Lajes Do Tipo Bubbledeck** - Ano 8 Edição Trimestral março de 2015.

SINAPI – **Relatório de Insumos Janeiro/2016** – Caixa Econômica Federal – 2016.