ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

# Aspectos técnico-construtivos de sistemas modulares com elementos pré-fabricados e por montagem

## Technical-constructive aspects of modular systems with prefabricated and assembled elements

**Rebeca Lísia Bento Germano**
Universidade Federal de Alagoas| Maceió | Brasil | rebeca.germano@ctec.ufal.br
**Karoline Alves de Melo Moraes**
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | kamm@ctec.ufal.br
**Juan Victorio Lima Montenegro da Silva**
Universidade Federal de Alagoas |Maceió | Brasil |juan.montenegro@ctec.ufal.br
**Mylena Maria Salgueiro de Lima**
Universidade Federal de Alagoas |Maceió | Brasil |mylena.lima@ctec.ufal.br
**Nívea Karoline da Silva Lima**
Universidade Federal de São Carlos |São Carlos | Brasil |nivea.lima@estudante.ufscar.br

**Resumo**

É evidente que a indústria da construção civil tem tido uma alta competitividade, impulsionada pelas demandas por rapidez, excelência e eficiência econômica. Dentro desse contexto, a construção modular emerge como uma estratégia inovadora na área da construção civil, oferecendo oportunidades para aprimorar os processos. O presente trabalho tem como objetivo realizar considerações sobre os aspectos técnicos-construtivos dos módulos empregados em dois tipos de sistemas construtivos modulares distintos, através de três estudos de caso. Assim, foram analisadas as especificidades da execução dos módulos, da logística de transporte, do tempo necessário para montagem e dos orçamentos das suas etapas construtivas. Deste modo, foram analisadas as etapas dos sistemas construtivos modulares que se distinguem do método construtivo convencional, de modo a elencar as vantagens e desvantagens de cada um. Assim, observou-se uma quantidade considerável de variáveis positivas no sistema construtivo por montagem, através de encaixes sucessivos, em relação aos sistemas construtivos com recursos à elementos pré-fabricados.

Palavras-chave: Construção modular. Sistemas construtivos. Modulação.

**Abstract**

*It is evident that the construction industry has experienced high competitiveness driven by demands for speed, excellence, and economic efficiency. Within this context, modular*

Como citar:
GERMANO, et. al. Aspectos técnico-construtivos de sistemas modulares com recurso a elementos pré-fabricados e por montagem com encaixes sucessivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

*construction emerges as an innovative strategy in the construction field, offering opportunities to enhance processes. This work aims to consider the technical-constructive aspects of modules used in two distinct types of modular construction systems through three case studies. The specifics of module execution, transportation logistics, assembly time, and budgets for their construction stages were analyzed. Thus, the stages of modular construction systems that differ from the conventional construction method were examined to list the advantages and disadvantages of each. Consequently, a considerable number of positive variables were observed in the construction system by assembly, through successive fittings, compared to construction systems using prefabricated elements.*

*Keywords: Modular construction. Construction systems. Modulation.*

## INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO

No contexto da atualidade, é notória a crescente demanda do mercado da construção civil por obras que minimizem o tempo de execução, que promovam uma menor geração de resíduos e que mantenham o desempenho final das edificações. Entretanto, ainda é observada a predominância do processo construtivo convencional, que é marcado por altos custos, baixos níveis de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdício, incidência de manifestações patológicas e baixo desempenho ambiental [1].

A utilização de sistemas construtivos convencionais depende de variáveis que podem gerar uma série de problemas para as edificações. Neste sentido, a adoção de sistemas construtivos racionalizados apresenta-se como uma solução importante e capaz de possibilitar o atendimento aos parâmetros de desempenho requeridos para as edificações. Desta forma, a construção modular pode conferir à construção civil vantagens presentes em outras indústrias.

O estudo sobre o emprego da construção modular é de extrema importância, tendo em vista todas as vantagens que ela pode trazer para as obras de construção civil. Entretanto, deve-se ponderar sobre os pontos de melhoria que podem ser trabalhados neste sistema construtivo que tem sido bastante utilizado na atualidade. Desta forma, este artigo teve como objetivo analisar os aspectos técnico-construtivos dos sistemas modulares utilizados na construção de creches, por meio de três estudos de caso, de maneira a elencar as vantagens e desvantagens do emprego de cada um deles.

## MÉTODO

Para a realização deste artigo foram adotadas as etapas descritas a seguir.

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi realizada através de estudo detalhado de artigos científicos, monografias e dissertações sobre construção modular, sistemas construtivos modulares, planejamento e orçamento de obras.

### SELEÇÃO DAS OBRAS

A escolha das obras foi realizada, considerando-se os parâmetros:

- Localização geográfica mais próxima entre as obras;
- Data do início da construção;
- Etapa da obra.

### CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS MODULARES

Os sistemas modulares foram classificados de acordo com [2]:

- Sistemas de construção com recurso a elementos pré-fabricados;
- Sistemas de construção por montagem, através de encaixes sucessivos.

### OBTENÇÃO DOS DADOS PARA OS ESTUDOS DE CASO

Foram obtidos os dados para a realização dos estudos de caso, sendo eles: projetos executivos, relatórios fotográficos, planilhas orçamentárias e diários de obra. Desta forma, objetivou-se a realização de análises específicas dos sistemas construtivos modulares, excluindo as etapas que seguem um processo semelhante à construção convencional.

### DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DOS SISTEMAS MODULARES

Foram classificados e analisados os tipos de sistemas construtivos modulares empregados em cada construção, considerando as especificidades de cada sistema. Desta forma, foram considerados para análise o tipo de módulo utilizado para a construção, a estrutura, a ligação entre módulos e estrutura, modo de passagem das instalações elétricas e hidrossanitárias e o modo de instalação de esquadrias.

### ANÁLISE DA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE DOS MÓDULOS UTILIZADOS NOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES

Foi analisada a logística de transporte realizada em cada obra, de forma a averiguar a configuração adotada, os cuidados durante o transporte e a distância da fábrica dos módulos empregados nos sistemas construtivos modulares ao local da obra. Além disso, também foi considerada a probabilidade de o método de transporte gerar danos aos módulos dos sistemas construtivos. Para esta etapa foram analisados relatórios fotográficos e relatos de engenheiros fiscais.

### ANÁLISE DO TEMPO DE EXECUÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES

Através dos diários de obra, foram analisados o tempo de execução das etapas da estrutura e vedações verticais de cada sistema construtivo modular. Foi analisada a quantidade de dias de serviço de forma consecutiva.

### ANÁLISE DOS ORÇAMENTOS DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES

Foi realizada a análise dos orçamentos, com enfoque nas composições de preço unitárias referentes às vedações verticais e estruturas dos sistemas construtivos.

### ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS

Através das variáveis supracitadas, foi montada uma relação de vantagens e desvantagens intrínsecas à utilização de cada módulo nos sistemas construtivos analisados.

- Características do módulo:
    - Núcleo;
    - Revestimento externo.
- Ligações entre módulo-módulo e módulo-estrutura;
- Modo de abertura de vãos de esquadria e de passagem das instalações hidrossanitárias e elétricas;
- Logística de transporte;
- Tempo de execução;
- Orçamento.

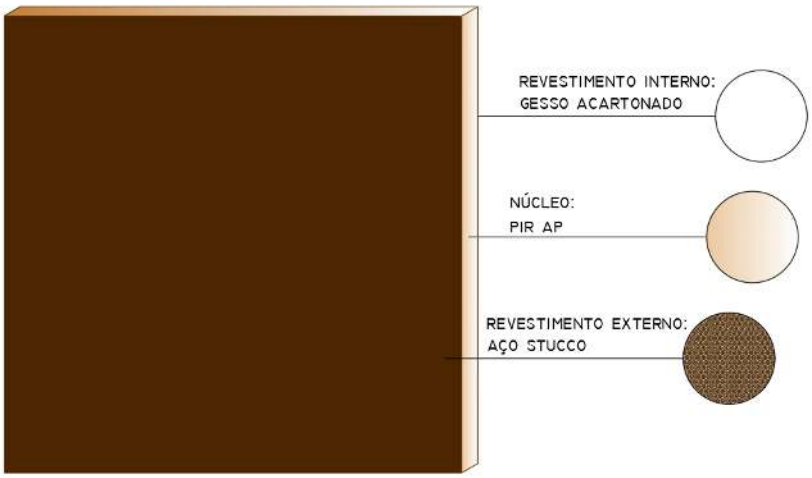
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### OBRA A

A Obra A está localizada no município de Pindoba/AL e pode ser classificada como um sistema construtivo com recurso a elementos pré-fabricados. De acordo com os projetos executivos e visitas à obra, a estrutura metálica foi escolhida para constituir a malha do sistema modular em questão. As vedações verticais podem ser divididas em internas e externas.

As vedações verticais do sistema modular da obra são feitas com painéis sanduíche e sistemas de *drywall* utilizando chapas de gesso acartonado. A face externa dos painéis é revestida com aço *stucco* e a interna com gesso acartonado. O núcleo dos painéis é de espuma rígida de poliisocianurato (PIR AP), que oferece alta resistência à umidade, alto isolamento e baixa condutividade térmica. A Figura 1 mostra as camadas dos painéis sanduíche usados na Obra A.

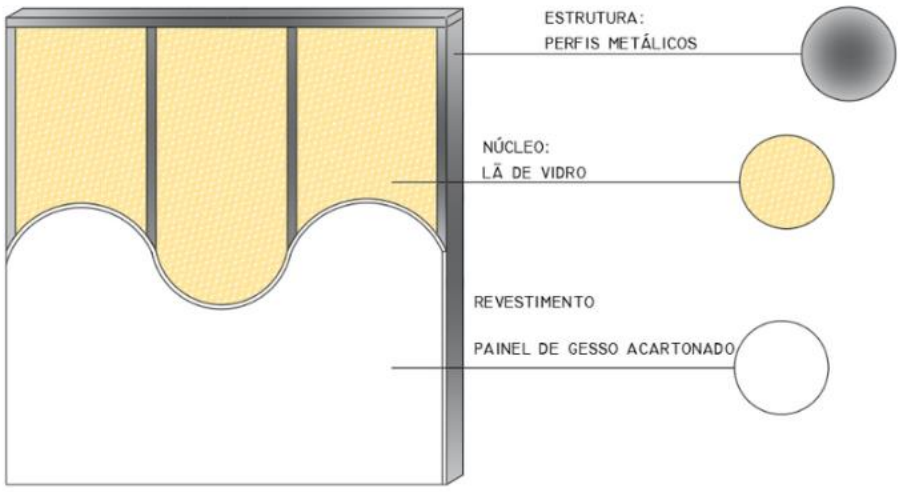
**Figura 1: Estrutura do painel sanduíche empregado na Obra A**




Fonte: os autores.

Externamente são utilizados os painéis sanduíche, pois apresentam maior resistência à umidade, devido a utilização da PIR AP. Já nas divisórias internas e no sistema de forros são utilizadas as chapas de gesso acartonado, com estrutura de perfis metálicos, com utilização de lã de vidro em seu núcleo, que é um material altamente resistente contra umidade, fogo, proliferação de bactérias e mofos [3]. As chapas de gesso acartonado estruturadas por perfis metálicos compõem o sistema de *drywall*, como observa-se na Figura 2.

**Figura 2: Estrutura do sistema de *drywall* empregado na Obra A**



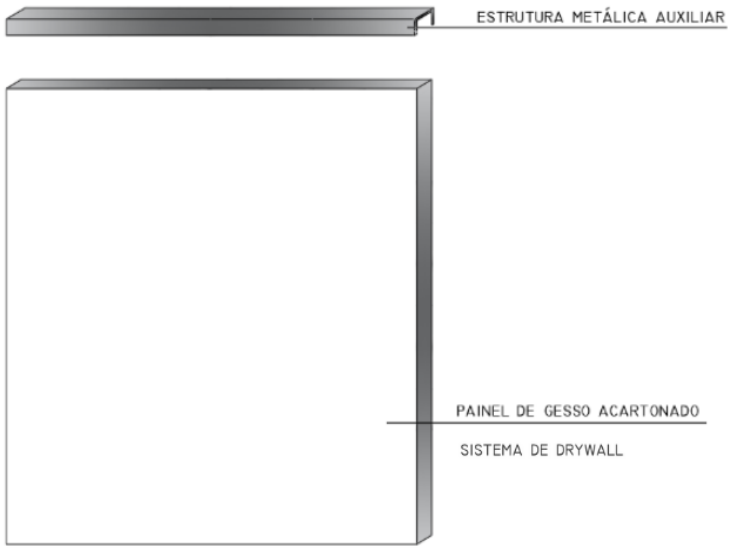

Fonte: os autores.

Com relação aos painéis sanduíche, observou-se que a ligação módulo-estrutura é feita por parafusos. Além disso, a junção entre módulos é realizada através de encaixe e para promover a estanqueidade é aplicada uma massa para tratamento de juntas, com aplicação de fita de papel microperfurada. Notou-se também que é necessário o rasgo dos painéis sanduíche para a instalação das esquadrias, pois com base em estudos

anteriores do fabricante, a sua execução de fábrica elevaria consideravelmente o tempo de produção do módulo.

A ligação módulo-módulo no sistema de *drywall* ocorre através da junção dos perfis metálicos que sustentam os módulos, que são as chapas de gesso acartonado. Enquanto para a junção módulo-estrutura é executada uma estrutura metálica auxiliar para encaixe do sistema de *drywall*, como pode ser observado na Figura 3. Já a junção do painel sanduíche com o sistema de *drywall* é realizada através de uma tela de poliéster posicionada ao longo de toda a ligação.

**Figura 3: Ligação entre o sistema de *drywall* com a estrutura da Obra A**




Fonte: os autores.

Os sistemas de instalações são executados dentro das divisórias, sem necessidade de cortes. Em áreas internas molhadas, usou-se chapas de gesso acartonado resistentes à umidade no sistema de *drywall*. Para abertura dos vãos de esquadrias, foi necessário o corte do módulo, no caso dos painéis sanduíche, pois estudos do fabricante mostraram que realizar esta etapa de produção na fábrica aumentava o tempo de produção. Devido à falta de fábricas locais que produzissem os painéis, foi necessário adquirir os painéis sanduíche de uma empresa a 291 km da Obra A, com um tempo de transporte de 4h e 26min. Esta empresa possui um manual de instalação dos painéis. Outrossim, para os fins deste trabalho, foi adotado que o transporte dos painéis de gesso acartonado foi realizado de acordo com o Manual de Projeto de Sistemas de *Drywall* [4].

Pode-se observar na Tabela 1, a quantidade de dias necessários para a execução das etapas de produção analisadas.

**Tabela 1: Tempo de execução das etapas de produção analisadas pela quantidade de dias da Obra A**

| Tempo de execução | Quantidade de dias |
|---|---|
| Vedações verticais | 32 |
| Estrutura | 03 |
| Total | 35 |

Fonte: os autores.

Na Tabela 2 observa-se a composição de preços das etapas de produção das vedações verticais, estrutura da edificação e o valor total da Obra A.

**Tabela 2: Orçamento das etapas de vedação vertical e estrutura da edificação do sistema construtivo modular da Obra A**

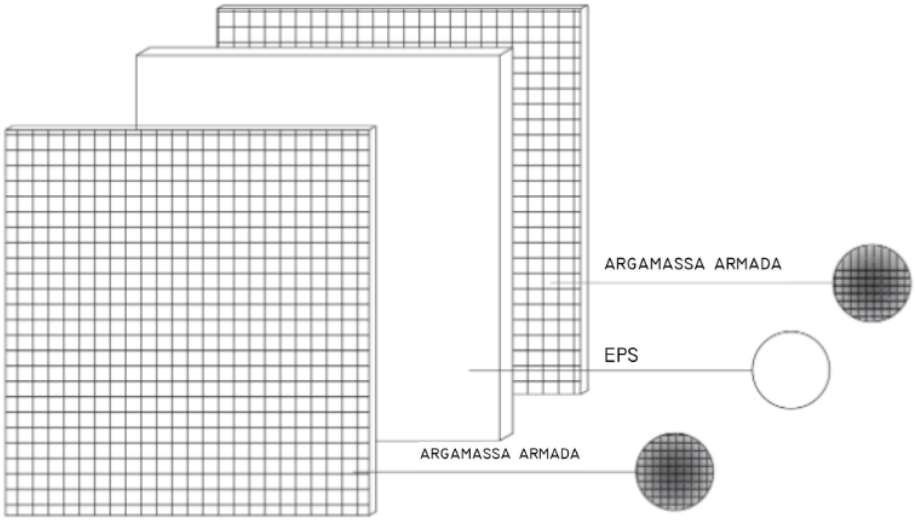
| Etapa | Valor total | Impacto no valor total da obra |
|---|---|---|
| Vedação vertical e estrutura da edificação | R$ 1.734.786,84 | 38,90% |
| Total obra | R$ 4.459.172,17 | |

Fonte: os autores.

## OBRA B

A Obra B está localizada no município de Penedo/AL e pode ser classificada como um sistema construtivo com recurso a elementos pré-fabricados. Os módulos utilizados no processo construtivo da Obra B, são compostos por painéis de poliestireno expandido (EPS) com revestimento de argamassa armada, como pode ser observado na Figura 4. Estes módulos não necessitam de execução de estrutura, pois apresentam função estrutural, não apenas de vedação.

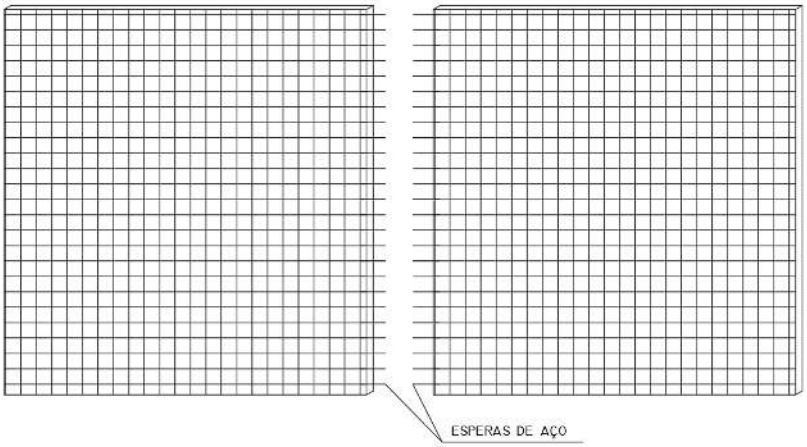
**Figura 4: Painel de EPS com revestimento de argamassa armada da Obra B**




Fonte: os autores.

É importante ressaltar que a interação entre módulos é obtida através da solda das telas, utilizadas como esperas de aço entre duas unidades, como observa-se na Figura 5. Assim, após a soldagem das esperas constituídas pelas telas de aço entre dois módulos, é feita a aplicação de adesivo estrutural de base epóxi para aumentar a resistência da ligação e tela de poliéster, para promover a impermeabilização da ligação dos módulos.

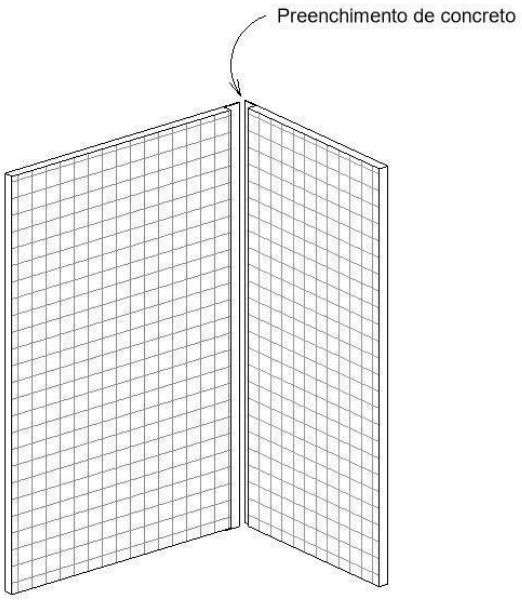
**Figura 5: Ligação entre módulos da Obra B**




Fonte: os autores.

O vão formado pela junção das vedações de canto é preenchido por concreto, com a utilização de fôrmas de madeira, como pode ser observado na Figura 6.

**Figura 6: Detalhe da ligação entre vedações de canto da Obra B**




Fonte: os autores.

As instalações hidráulicas e elétricas e a execução dos vãos de esquadria são executadas através de rasgos nos módulos, já que em estudos anteriores feitos pelo fabricante, a execução destas etapas de produção na fábrica elevaria consideravelmente o tempo de produção dos módulos.

O transporte dos módulos da fábrica até a obra ocorreu por meio de caminhões ou carretas. A distância, por malha rodoviária, da obra em questão para a fábrica foi de 136 km, totalizando, em média, 2h e 18 min de tempo de transporte.

Diferentemente da logística de transporte adotada pela Obra A, não existe um manual de recomendações de transporte para os módulos empregados na construção da Obra

B. Entretanto, através dos diários de obra, foi possível observar que os módulos são posicionados no local com o uso de guindaste.

Pode-se observar na Tabela 3, a quantidade de dias necessários para a execução da etapa construtiva analisada. Como os módulos do sistema construtivo não tem função apenas de vedação, mas também estrutural, não houve o período de execução da estrutura da obra.

**Tabela 3: Tempo de execução das etapas de produção analisadas pela quantidade de dias da Obra B**

| Tempo de execução | Quantidade de dias |
|---|---|
| Vedações verticais | 22 |
| Total | 22 |

Fonte: os autores.

Na Tabela 4 são observadas as composições de preços das etapas de produção das vedações verticais e estrutura da Obra B.

**Tabela 4: Orçamento das etapas de vedações verticais e estrutura da edificação do sistema construtivo modular da Obra B**

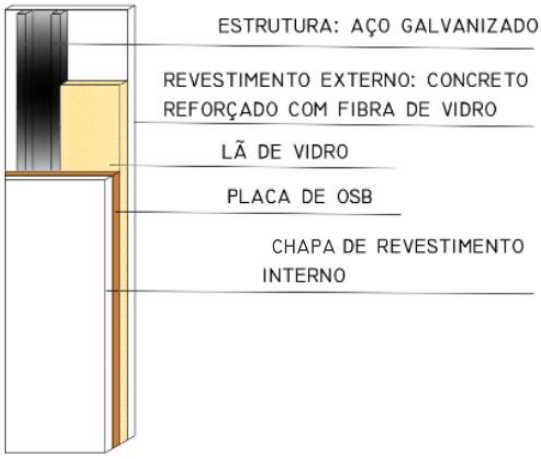
| Etapa | Valor total | Impacto no valor total da obra |
|---|---|---|
| Vedação vertical | R$ 1.693.043,22 | 37,97% |
| Total obra | R$ 4.459.172,17 | |

Fonte: os autores.

## OBRA C

A Obra C, localizada em Jacaré dos Homens/AL, utiliza um sistema construtivo de montagem com encaixes sucessivos, composto por módulos de ambientes fabricados fora do canteiro. Os módulos têm uma camada externa de concreto reforçado com fibra de vidro, estrutura interna de aço galvanizado, e isolamento térmico e acústico com lã de vidro. As paredes dos módulos incluem placas de OSB para alta resistência e, na face interna, uma chapa de revestimento com camada impermeabilizante em áreas molhadas para garantir a estanqueidade. A Figura 7 mostra a estrutura interna dos módulos usados na Obra C.

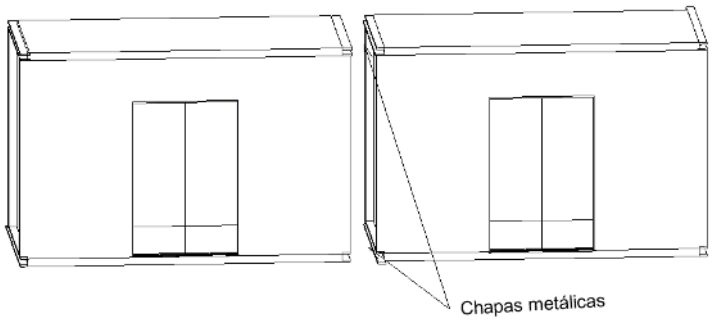
**Figura 7: Estrutura interna dos módulos empregados na Obra C**




Fonte: os autores.

Os módulos são posicionados no local por meio de um guindaste e as aberturas para vãos de esquadrias e as instalações hidráulicas vêm executadas de fábrica. Ademais, a junção entre módulos neste sistema construtivo é executada por meio de solda de chapas metálicas entre eles, com posterior aplicação de uma camada de selante de poliuretano, como pode ser observado na Figura 8.

**Figura 8: Ligação entre módulos da Obra C**




Fonte: os autores.

A distância até a fábrica dos módulos é de 189 km, com um tempo de transporte de 3h e 9min. Os módulos foram transportados embalados em plástico e amarrados com cordas, depois posicionados no local com um guindaste. Não há manual de transporte para os módulos, assim como na Obra B. Na Obra C, foi observada a etapa de fabricação dos módulos, que não consta nos diários das Obras A e B. Essa etapa inclui execução da estrutura, instalação dos módulos, instalações elétricas e hidráulicas. Os módulos incluem vedações verticais, horizontais e estrutura. A fabricação dos módulos ocorreu simultaneamente a outros serviços *in loco*. A Tabela 5 mostra o tempo de execução das etapas de produção analisadas.

**Tabela 5: Tempo de execução das etapas de produção analisadas pela quantidade de dias da Obra C**

| Tempo de execução | Quantidade de dias |
|---|---|
| Fabricação dos módulos | 59 |
| Montagem dos módulos | 07 |
| Total | 66 |

Fonte: os autores.

Na Tabela 6 é possível observar as composições de preços das etapas de produção da fabricação e montagem dos módulos da Obra C.

**Tabela 6: Orçamento das etapas de fabricação e montagem dos módulos da edificação do sistema construtivo modular da Obra C**

| Etapa | Valor total | Impacto no valor total da obra |
|---|---|---|
| Fabricação e montagem dos módulos da edificação | R$ 1.875.478,76 | 39,57% |
| Total obra | R$ 4.740.000,00 | |

Fonte: os autores.

## DISCUSSÕES

### VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS

Acerca das características dos módulos utilizados, observou-se em todas as obras a presença de materiais de isolamento térmico no núcleo e foi notada a presença de materiais de alta resistência no revestimento dos módulos externos, caracterizando-se como pontos positivos para o sistema construtivo.

### VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS LIGAÇÕES ENTRE MÓDULO-MÓDULO E MÓDULO-ESTRUTURA

Com relação às ligações módulo-módulo e módulo-estrutura, nas ligações módulo-módulo da Obra A, observou-se que a utilização de materiais para tratamento de juntas confere uma maior resistência e estanqueidade para as ligações. Já nas ligações módulo-estrutura, observa-se que a utilização de ligações parafusadas confere maior resistência, entretanto, não proporciona estanqueidade. Já para as ligações módulo-módulo da Obra B, a utilização de telas de poliéster tem o potencial de dissipar as tensões e evitar fissuras provenientes da junção dos módulos, enquanto os adesivos estruturais proporcionam uma maior resistência às ligações, já o uso de selantes de poliuretano confere estanqueidade às ligações. Na Obra C, a execução de soldas de chapas metálicas confere resistência à ligação, enquanto a aplicação da camada de selante de poliuretano proporciona estanqueidade às ligações. Deste modo, as ligações módulo-módulo e módulo-estrutura das Obras A, B e C podem ser consideradas vantajosas para o desempenho dos sistemas construtivos.

### VANTAGENS DE DESVANTAGENS DOS MODOS DE ABERTURA DOS VÃOS DE ESQUADRIA E DE PASSAGEM DAS INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS E ELÉTRICAS

Na Obra B, a execução de rasgos nos módulos para instalações e esquadrias é um ponto negativo. Na Obra A, embora não sejam necessários rasgos para instalações elétricas e hidrossanitárias, são precisos para esquadrias. A execução dessas instalações na fábrica na Obra C é considerada um ponto positivo.

### VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS LOGÍSTICAS DE TRANSPORTE

Com relação à logística de transporte, observou-se que as fábricas dos módulos utilizados nas construções estão distantes dos locais de execução, o que elevou o tempo de deslocamento, sobretudo para a Obra A. Desta forma, a logística de transporte das Obras A, B e C pode ser considerada uma desvantagem para o processo construtivo.

### VANTAGENS E DESVANTAGENS DO TEMPO DE EXECUÇÃO

Na Obra A, a execução da estrutura metálica teve pouco impacto no tempo de construção. Na Obra C, o sistema de montagem por encaixes sucessivos aumentou o tempo de execução, mas muitas etapas foram feitas na fábrica, tornando-o vantajoso. A Obra A possuiu um tempo de execução mais elevado que a Obra B, ambas usando elementos pré-fabricados, fazendo do tempo de execução da Obra A uma

desvantagem e da Obra B uma vantagem.

### VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ORÇAMENTOS

Também foi possível ser observado que, nas etapas construtivas analisadas, o sistema de construção por montagem, através de encaixes sucessivos da Obra C apresentou o orçamento mais caro, sendo considerado uma desvantagem. Enquanto o método construtivo utilizando módulos de EPS com revestimento de argamassa armada presente na Obra B apresentou o menor orçamento entre os demais, considerando-se uma vantagem.

### ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS

Através da descrição e análise de todas as etapas analisadas nas Obras A, B e C, foi possível montar o Quadro 1, contendo a relação de vantagens e desvantagens observadas com relação às variáveis descritas na metodologia. A legenda do Quadro 1 demonstra que a cor azul indica vantagens presentes no sistema construtivo, enquanto a cor bege representa desvantagens.

**Quadro 1: Relação de vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos das Obras A, B e C**

| Obra A | Obra B | Obra C |
|---|---|---|
| Características do módulo | Características do módulo | Características do módulo |
| Encontro módulo-módulo ou/ou módulo/estrutura | Encontro módulo-módulo ou/ou módulo/estrutura | Encontro módulo-módulo ou/ou módulo/estrutura |
| Modo de abertura de vãos de esquadria e de passagem de instalações hidrossanitárias e elétricas | Modo de abertura de vãos de esquadria e de passagem de instalações hidrossanitárias e elétricas | Modo de abertura de vãos de esquadria e de passagem de instalações hidrossanitárias e elétricas |
| Logística de transporte | Logística de transporte | Logística de transporte |
| Tempo de execução | Tempo de execução | Tempo de execução |
| Orçamento | Orçamento | Orçamento |

| | |
|---|---|
| Vantagem | |
| Desvantagem | |

Fonte: os autores.

## CONCLUSÃO

Ao observar o panorama da modulação, desde meados do século XIX, nota-se que a construção modular tem se caracterizado como um instrumento de melhoria no processo construtivo. Observou-se neste trabalho que a distância da fábrica até o local de construção é um fator importante a ser considerado, já que o tempo de construção da Obra A foi o maior entre os demais e sua fábrica a mais distante entre as obras analisadas. Ademais, o sistema de construção por montagem por montagem, através de encaixes sucessivos, empregado na Obra C, apresentou o maior orçamento entre os sistemas construtivos analisados.

Além disso, observou-se que o sistema construtivo presente na Obra C, apresentou a menor quantidade de pontos para melhoria. Enquanto os sistemas construtivos com

recurso a elementos pré-fabricados, presentes nas construções das Obras A e B apresentaram mais pontos para melhoria. Assim, foi possível observar que a utilização de sistemas construtivos modulares é uma opção não apenas viável, mas que apresenta vantagens significativas.

## AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Estado da Educação de Alagoas.

## REFERÊNCIAS

[1] JORGE, L. P.; RAVACHE, R. L. **Construção modular pré-fabricada - o futuro da arquitetura no Brasil.** Revista eletrônica do UNIVAG. Várzea Grande, 2021.

[2] FREITAS, F, M, C. **Construção modular sustentável – Propostas de um projeto tipo.** Dissertação (Mestrado em Construções Civis – Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, 2016.

[3] YONG, C. de A.; MIRANDA, W. P.; PINHEIRO, E. C. N. M. **The use of *drywall* partitions as a constructive solution for a commercial work in the city of Manaus - AM: case study.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.8, n.5, p. 42228-42254, 2022.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE CHAPAS PARA *DRYWALL*. **Manual de Projeto de Sistemas *Drywall* – paredes, forros e revestimentos.** 2006.