

Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Escola de Engenharia
Engenharia Civil

**MÉTODO EXECUTIVO E VIABILIDADE DE PAINÉIS
SANDUÍCHE: ESTUDO DE CASO**

PAULO AUGUSTO ALVES FERRAZ

Goiânia
2023

PAULO AUGUSTO ALVES FERRAZ

**MÉTODO EXECUTIVO E VIABILIDADE DE PAINEÍIS
SANDUÍCHE: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil sob orientação da Prof.^a Me. Tatiana Renata Pereira Jucá.

Banca Examinadora:

Prof. Me. Priscilla Borges de F. Rodrigues

Prof. Me. Janaína das Graças Araújo

PAULO AUGUSTO ALVES FERRAZ

**MÉTODO EXECUTIVO E VIABILIDADE DE PAINEÍIS
SANDUÍCHE: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em sua forma final pela Escola Politécnica e de Artes, da Pontifca Universidade Católica de Goiás, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, em ____/____/____.

Orientador(a): Prof.^a Me. Tatiana Renata Pereira Jucá.

Prof. Me. Janaína das Graças Araújo

Prof. Dr. Luiz Álvaro de Oliveira Júnior

**GOIÂNIA
2023**

RESUMO

O estudo abordou a implementação de um projeto de construção que originalmente foi concebido para vedações em blocos de concreto, mas foi adaptado para o uso do blocom®. A transição apresentou desafios significativos, incluindo a necessidade de resolver várias questões no canteiro de obras devido à falta de informações adequadas para a implementação do blocom®. A marcação de alvenaria, uma etapa crucial na construção, foi realizada com precisão para garantir a qualidade e a segurança do vedado. O processo de assentamento dos painéis, embora simples, inicialmente causou receio nos profissionais devido ao tamanho e peso das peças. No entanto, a preparação adequada da argamassa, seguindo as diretrizes do fabricante, facilitou o processo. As instalações elétricas e hidráulicas foram eficientemente incorporadas ao sistema construtivo de painéis em EPS. A abordagem usual para a tubulação hidrossanitária envolveu o uso de uma serra marmore ou fresadora para realizar cortes precisos onde a tubulação seria instalada. A avaliação da velocidade de execução com os painéis em EPS mostrou superioridade significativa em comparação com o sistema de alvenaria de blocos de concreto. Além disso, o a estrutura do sistema construtivo resultou em benefícios diretos no dimensionamento das estruturas de fundação e na economia de materiais, pois o custo do blocom® foi de aproximadamente R\$ 142,90/m². O estudo demonstrou que, apesar dos desafios iniciais, a transição para o uso do blocom® na construção apresenta várias vantagens, incluindo eficiência na instalação, redução de peso e economia de custos. No entanto, é crucial garantir a adequação do projeto e a preparação adequada para superar os desafios associados à implementação do blocom®.

Palavras-Chave: Alvenaria em bloco de concreto, estudo de viabilidade, blocom®, painel tipo sanduiche.

ABSTRACT

The study looked at the implementation of a construction project that was originally designed for concrete block fencing, but was adapted for the use of blocom®. The transition presented significant challenges, including the need to resolve several issues on the construction site due to the lack of adequate information for the implementation of blocom®. Masonry marking, a crucial stage in construction, was carried out with precision to ensure the quality and safety of the work. The process of laying the panels, although simple, initially caused fear among the professionals due to the size and weight of the pieces. However, the proper preparation of the mortar, following the manufacturer's guidelines, made the process easier. The electrical and plumbing installations were efficiently incorporated into the EPS panel construction system. The usual approach for the plumbing involved using a marble saw or milling machine to make precise cuts where the pipes would be installed. The evaluation of the speed of execution with the EPS panels showed significant superiority compared to the concrete block masonry system. In addition, the structure of the construction system resulted in direct benefits in the sizing of the foundation structures and in savings on materials, as the cost of the block was approximately R\$ 142.90/m². The study showed that, despite the initial challenges, the transition to the use of blocom® in building.

Keywords: Concrete block masonry; feasibility study.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Objetivos	8
1.2	Justificativa	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	História e Evolução dos Painéis Tipo Sanduíche	9
2.2	Painéis Sanduíche	9
2.3	Configuração dos materiais do núcleo	10
2.4	Requisitos dos Painéis Sanduíche para a construção de edifícios	11
2.5	Requisitos do Material das Placas	11
2.6	Materiais e Processos de Fabricação dos Painéis Tipo Sanduíche na Construção Civil	12
2.7	Aplicações dos Painéis Tipo Sanduíche na Construção Civil	13
2.8	Desafios	14
2.9	Comparação entre Painéis Tipo Sanduíche e Blocos de Concreto Convencionais na Construção Civil	14
2.10	Normas para Painéis Tipo Sanduíche na Construção Civil no Brasil	15
2.11	Instalações Elétricas e Hidráulicas em Painéis Tipo Sanduíche	15
2.12	Instalações Elétricas	16
2.13	Instalações hidráulicas	16
2.14	Instalações de Sistemas Elétricos e Hidráulicos em Painéis Tipo Sanduíche: Técnicas e Vantagens	16
2.15	Origem da Utilização do Isopor (EPS) na Construção Civil	17
3	METODOLOGIA	19
	20	
3.1	Características do painel sanduíche usado na pesquisa	20
3.2	Avaliação das necessidades de adequação de projeto para aplicação do bloco sanduíche quando comparado às vedações verticais em bloco de concreto	21
3.3	Caracterização do método executivo dos sistema de vedação em painéis sanduíche	21
3.4	Avaliação da viabilidade do sistema de vedação vertical com bloco sanduíche em relação ao de blocos de concreto	21
4	RESULTADOS	22
4.1	Necessidade de adequação do projeto	22
4.2	Caracterização do método construtivo	22
4.2.1	Marcação	23
4.2.2	Elevação do vedo	24
4.2.3	Instalações Elétricas e Hidráulicas	28
4.3	Avaliação da viabilidade	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um campo que tem sido transformado continuamente pela inovação tecnológica. Ao longo dos séculos, os materiais e as técnicas construtivas evoluíram para melhorar a eficiência, a durabilidade e a sustentabilidade dos edifícios. No centro dessa evolução está a busca contínua por materiais que combinem resistência, durabilidade, leveza, eficiência energética e facilidade de utilização. Uma dessas inovações é o painel tipo sanduíche, um produto de construção que tem revolucionado o modo como os edifícios são projetados e construídos

Os painéis tipo sanduíche são estruturas compostas por três camadas: duas camadas de revestimento externo rígido e uma camada interna composta por material isolante. Esta configuração, análoga a um sanduíche, daí o nome, proporciona uma combinação de resistência e isolamento térmico que é difícil de alcançar com materiais de construção tradicionais. Além disso, os painéis tipo sanduíche são leves e fáceis de instalar, o que os torna uma opção atraente para uma variedade de aplicações de construção (BITZER, 1997).

A concepção dos painéis tipo sanduíche remete ao início do século XX, quando começaram a ser utilizados na indústria aeroespacial. Com o passar dos anos, o seu uso foi estendido para outras indústrias, incluindo a construção civil, na qual têm sido amplamente aplicados devido às suas propriedades únicas. A sua capacidade de fornecer uma barreira eficaz contra a transferência de calor os torna especialmente úteis em climas extremos, em que o controle eficaz da temperatura interna é um desafio (CARLSSO, 2019).

A escolha dos materiais utilizados na fabricação de painéis tipo sanduíche pode variar significativamente dependendo das necessidades específicas do projeto de construção. Os materiais comumente utilizados para as camadas de revestimento externo incluem aço, alumínio, e compósitos, enquanto o núcleo isolante pode ser composto de uma variedade de materiais, incluindo espumas de poliuretano, poliestireno ou lã mineral (THOMSEN, 2005).

À medida em que os desafios apresentados pelas mudanças climáticas e pela necessidade de construção sustentável são enfrentados, é provável que os painéis tipo sanduíche desempenhem um papel cada vez mais importante na indústria da construção. No entanto, tal como acontece com qualquer material de construção, eles não estão isentos de desafios. As questões de resistência ao fogo e durabilidade, por exemplo, são áreas de pesquisa em avanço, com esforços contínuos para melhorar as propriedades destes painéis (GIBSON, 2012).

1.1 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o uso dos painéis sanduíche em um estudo de caso cujo uso pretendido é residencial. De forma específica, tem-se como objetivos:

- Avaliar as necessidades de adequação de projeto para aplicação do bloco sanduíche quando comparado às vedações verticais em bloco de concreto;
- Caracterizar o método executivo do sistema de vedação em painéis sanduíche;
- Avaliar a viabilidade do sistema de vedação vertical com bloco sanduíche em relação ao sistema de alvenaria em blocos de concreto;

1.2 Justificativa

A crescente necessidade de por produtividade, redução de peso nas fundações, associada a sistemas que garantam mais conforto térmico aos usuários, e eficiência energética é o que torna atrativo o uso dos painéis do tipo sanduíche na construção civil. No entanto, a falta de informações técnicas de qualidade sobre o assunto torna seu uso ainda escasso, já que não há premissas de projeto de alvenaria em bloco de concreto tipo sanduíche, ou mesmo normas que indiquem necessidades especiais ou mesmo restrições de uso. Desta forma, os avanços sobre o tema são uma necessidade não apenas do setor produtivo, como também da sociedade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História e Evolução dos Painéis Tipo Sanduíche

A história dos painéis tipo sanduíche é tanto uma história de inovação tecnológica quanto uma resposta às demandas e desafios emergentes da indústria aeroespacial e da construção civil. A concepção desses painéis remonta ao início do século XX, uma época de rápido progresso tecnológico, particularmente no campo da aviação (BITZER, 1997).

A necessidade de construir aeronaves mais leves e ao mesmo tempo mais resistentes levou à invenção dos painéis tipo sanduíche. A estrutura única desses painéis - com uma camada interna de material leve e isolante entre duas camadas externas de material resistente - provou ser ideal para a construção de aeronaves. Esses painéis ofereciam resistência estrutural, isolamento térmico e acústico e, mais importante, uma relação resistência-peso excepcional (CARLSSON, 2019).

As técnicas e materiais utilizados na fabricação de painéis tipo sanduíche também evoluíram ao longo dos anos. Os primeiros painéis tipo sanduíche eram frequentemente feitos com revestimentos de alumínio e um núcleo de favo de mel de alumínio ou papel. Hoje, uma ampla variedade de materiais são utilizados, dependendo das necessidades específicas do projeto. As faces do painel podem ser feitas de aço, alumínio, enquanto os núcleos podem ser compostos de materiais como poliuretano, poliestireno, PVC, lã mineral, entre outros (THOMSEN, 2005).

As técnicas de fabricação também se tornaram mais sofisticadas, com o desenvolvimento de métodos para garantir uma adesão mais forte entre as camadas do painel e para melhorar a resistência ao fogo e a durabilidade dos painéis. Além disso, o design dos painéis tipo sanduíche tem se diversificado para incluir uma gama de estilos e acabamentos, tornando-os adequados para a variedade de aplicações arquitetônicas (GIBSON, 2012).

Considerando as perspectivas futuras, torna-se evidente a importância dos painéis tipo sanduíche têm um papel importante a desempenhar na indústria da construção. Com o enfrentamento dos desafios trazidos pelas mudanças climáticas e pela necessidade de construção sustentável, é provável que a demanda por materiais de construção eficientes em termos de energia, como os painéis tipo sanduíche, continue a crescer.

2.2 Painéis Sanduíche

Os painéis sanduíche têm se destacado como produtos de alta resistência, ao mesmo tempo em que apresentam uma redução significativa de peso, competindo e até mesmo superando materiais sólidos isolados (FARIA, 2014)

Faria (2014) afirma que na maioria das vezes, os painéis sanduíche seguem um padrão de três camadas. Essas camadas são compostas por duas placas de revestimento superficial feitas de

material denso, que são finas e resistentes, e um núcleo intermediário feito de uma camada de material de baixa densidade, que pode ser menos resistente e rígida. O painel sanduíche final é formado quando essas três camadas são unidas por um adesivo.

Os painéis sanduíche podem ser usados em uma variedade de setores devido à sua versatilidade, de acordo com Faria (2014). No entanto, cada setor requer estruturas específicas. Essas estruturas podem ser alcançadas por meio da combinação de vários materiais que são usados nas placas e no núcleo. Embora a variedade de materiais e configurações disponíveis para painéis sanduíche já seja extensa, novos materiais e combinações são constantemente sugeridos e implementados.

Como resultado, Faria (2014) afirma que os painéis sanduíche, que oferecem resistência e redução de peso, são uma solução estrutural atraente para o setor de construção. Esses painéis continuarão a evoluir e encontrar aplicações em vários setores industriais como resultado do desenvolvimento contínuo de novos materiais e combinações.

2.3 Configuração dos materiais do núcleo

Os painéis tipo sanduíche são compostos por duas faces ou "peles" que envolvem um material de núcleo, que proporciona resistência e rigidez ao painel. A escolha do material do núcleo é uma decisão crítica que pode afetar uma série de propriedades do painel, incluindo sua resistência térmica, resistência ao fogo, peso e custo (BERGE, 2009).

Os materiais mais comuns usados no núcleo de painéis tipo sanduíche incluem:

1. Espumas Rígidas: espumas de poliuretano (PUR) e poliisocianurato (PIR) são comumente usadas devido à sua alta resistência térmica e leveza. No entanto, essas espumas são inflamáveis e podem emitir gases tóxicos quando queimadas (EGGER ET AL., 2009).

2. Lã de Rocha: é um material de núcleo resistente ao fogo que também oferece bom desempenho térmico e acústico. É mais pesada do que as espumas e pode absorver água, o que pode ser uma desvantagem em certas aplicações (ZHOU E ZHAO, 2016).

3. Poliestireno Expandido (EPS): é um material de núcleo leve e econômico com uma resistência térmica moderada. No entanto, é inflamável e deve ser tratado com retardadores de chama para uso em aplicações de construção (ARDENTE ET AL., 2011).

A configuração do núcleo dos painéis tipo sanduíche deve ser escolhida com base nas necessidades específicas do projeto. Além disso, a escolha do material do núcleo pode ser influenciada por regulamentações locais de construção, que podem exigir certas características de resistência ao fogo ou desempenho térmico (BERGE, 2009).

2.4 Requisitos dos Painéis Sanduíche para a construção de edifícios

Devido à variedade de tipos de construção disponíveis do mercado, a relação custo/performance no setor de construção está mais importante do que nas aplicações em aeronaves e automóveis (FARIA, 2014). Em tal situação, estabelecer os requisitos essenciais para a construção de painéis é essencial.

Durante a fabricação, transporte, montagem e utilização, os painéis devem apresentar estabilidade para garantir a segurança do trabalho e a segurança de seus componentes (FARIA, 2014).

Além disso, devem ser capazes de suportar as tensões causadas pela temperatura, principalmente quando expostos à radiação solar. Em tal situação, a resistência ao fogo também é essencial, especialmente quando se trata de componentes para construção residencial, já que tem que atender às normas técnicas do Corpo de Bombeiros e a NBR 15575 (ABNT, 2013).

A fim de atender às necessidades de uso, os painéis devem ter impermeabilidade adequada à água, neve, ar e pó tanto em sua superfície quanto nas junções entre eles, além de garantir um bom isolamento acústico e térmico. No que diz respeito à durabilidade, os painéis devem ser capazes de resistir à degradação do material do núcleo e de sua ligação às placas, bem como à corrosão em ambientes adversos (FARIA, 2014).

Em termos de estética, os painéis devem evitar alterações de cor causadas por fatores externos e minimizar deformações geométricas, como o achatamento das placas (FARIA, 2014).

É fundamental pensar em medidas adicionais além desses requisitos de construção de painéis. As fixações para as estruturas de suporte devem ser seguras e visualmente aceitáveis, enquanto as articulações entre os elementos devem ser projetadas para facilitar e acelerar o manuseio. Contar com equipamentos de elevação adequados e um transporte eficiente dos painéis é essencial. Por fim, os acabamentos e ajustes que possam ser feitos nos painéis devem ser simples de fazer usando ferramentas de corte comuns em obras (FARIA, 2014).

No entanto, é importante lembrar que deve haver circunstâncias em que não seja possível cumprir todos esses requisitos ao mesmo tempo. Nesses casos, deve-se tentar satisfazer o maior número possível de necessidades desejáveis, sempre mantendo um custo razoável (FARIA, 2014).

2.5 Requisitos do Material das Placas

As placas, também conhecidas como "peles" ou "faces", são elementos cruciais na estrutura dos painéis tipo sanduíche. Elas proporcionam resistência estrutural e protegem o material de núcleo contra danos físicos e ambientais. O material da placa deve ser cuidadosamente selecionado para atender a uma série de requisitos, dependendo das especificidades da aplicação

(Zhou e Zhao, 2016).

Os materiais mais comuns para as placas de painéis tipo sanduíche incluem aço, alumínio, madeira e vários tipos de plástico. Cada um desses materiais tem suas próprias vantagens e desvantagens em termos de resistência, durabilidade, peso, aparência, custo e impacto ambiental (Ardente et al., 2011).

Vários requisitos devem ser considerados na escolha do material da placa, incluindo:

1. Resistência e Rigidez: as placas devem ser suficientemente resistentes e rígidas para suportar as cargas aplicadas à estrutura do painel, que podem incluir cargas de vento, cargas de neve e o peso dos ocupantes e mobiliários do edifício (HEGGER ET AL., 2009).

2. Durabilidade: devem ser duráveis e capazes de resistir à degradação ambiental, incluindo exposição à luz solar, chuva, vento, e variações de temperatura (BERGE, 2009).

3. Resistência ao Fogo: em muitas aplicações de construção, as placas devem ter um certo grau de resistência ao fogo para atender aos regulamentos locais de construção (ZHOU E ZHAO, 2016).

4. Desempenho Térmico: embora o material do núcleo seja o principal determinante do desempenho térmico de um painel tipo sanduíche, as placas também podem desempenhar um papel, especialmente se forem feitas de um material altamente condutivo (ARDENT ET AL., 2011).

2.6 Materiais e Processos de Fabricação dos Painéis Tipo Sanduíche na Construção Civil

Os painéis tipo sanduíche são uma construção de camada tripla, que inclui duas camadas externas de material rígido e uma camada interna isolante. A escolha de materiais para cada uma dessas camadas é influenciada por uma série de fatores, incluindo o uso pretendido do painel, requisitos de resistência, requisitos de isolamento térmico e acústico, e restrições orçamentárias (THOMSEN, 2005).

As camadas externas, ou faces, dos painéis tipo sanduíche são geralmente feitas de um material resistente e durável para fornecer resistência estrutural. Aço e alumínio são comumente utilizados devido à sua resistência e durabilidade. No entanto, compósitos como fibra de vidro reforçada com plástico (FRP) também são usados, particularmente em aplicações nas quais a resistência à corrosão ou o peso leve são prioritários (BITZER, 1997).

A camada interna, ou núcleo, é geralmente composta de um material leve e isolante. O poliuretano e o poliestireno são materiais comuns para esta camada devido às suas propriedades isolantes. No entanto, outros materiais, como a lã mineral ou a espuma de poliisocianurato, também são utilizados, dependendo das propriedades de isolamento desejadas e das considerações

de resistência ao fogo (CARLSSON, 2019).

Uma vez que o núcleo isolante é aplicado, as camadas de revestimento externo são pressionadas juntas para formar um vínculo com o núcleo. Este processo pode envolver o uso de calor e/ou adesivos para assegurar uma ligação forte e durável entre as camadas do painel. Finalmente, os painéis são cortados no tamanho desejado e inspecionados para garantir que atendam aos padrões de qualidade (GIBSON, 2012).

2.7 Aplicações dos Painéis Tipo Sanduíche na Construção Civil

Os painéis tipo sanduíche encontraram uma variedade de aplicações na construção civil devido aos benefícios envolvidos (BITZER, 1997). Eles são comumente usados em paredes, tetos e pisos de edifícios comerciais e industriais, como armazéns, supermercados, escritórios e unidades de produção. Além disso, devido à sua resistência às intempéries e isolamento eficiente, eles também são frequentemente usados em aplicações externas, como revestimentos de fachadas e telhados.

Em termos de benefícios, o que mais se destaca é a sua eficiência energética. A sua estrutura única, que combina um núcleo isolante com revestimentos exteriores duráveis, proporciona um excelente isolamento térmico. Isto pode significar uma redução significativa nos custos de aquecimento e refrigeração de um edifício, tornando-os uma escolha atraente do ponto de vista da sustentabilidade (CARLSSON, 2019).

Outra grande vantagem dos painéis tipo sanduíche é a sua leveza em comparação com a sua resistência. A combinação de materiais leves e fortes significa que eles podem proporcionar uma resistência estrutural considerável sem adicionar muito peso à construção. Isso não apenas facilita o transporte e a instalação, mas também pode permitir uma maior flexibilidade no design do edifício (THOMSEN, 2005).

A durabilidade é outra vantagem chave dos painéis tipo sanduíche. A resistência à umidade, ao vento e à corrosão dos materiais utilizados na sua fabricação significa que eles podem ter uma longa vida útil com pouca necessidade de manutenção. Além disso, muitos painéis tipo sanduíche são também resistentes ao fogo, o que pode aumentar a segurança do edifício.

A velocidade e facilidade de instalação também são pontos fortes dos painéis tipo sanduíche. Como eles são pré-fabricados para se ajustarem às especificações do projeto, eles podem ser rapidamente e facilmente instalados no local. Isto pode reduzir significativamente os prazos de construção, bem como os custos de mão de obra (GIBSON, 2012).

2.8 Desafios

Apesar das muitas vantagens dos painéis tipo sanduíche, existem também alguns desafios significativos associados ao seu uso. Um desafio importante é a seleção de materiais adequados para o núcleo e as camadas de revestimento. A escolha do material do núcleo, por exemplo, deve equilibrar as propriedades de isolamento, a resistência à compressão e a densidade. Além disso, as camadas de revestimento devem ser capazes de resistir às cargas aplicadas sem flambagem ou falha, e devem também ser capazes de aderir de forma segura ao núcleo (THOMSEN, 2005).

2.9 Comparação entre Painéis Tipo Sanduíche e Blocos de Concreto Convencionais na Construção Civil

Blocos de concreto e painéis tipo sanduíche são ambos materiais de construção populares, cada um com suas próprias vantagens e desvantagens. A escolha entre eles dependerá em grande parte das necessidades específicas do projeto (FARNAM ET AL., 2016).

Blocos de concreto são conhecidos por sua durabilidade e resistência. Eles são capazes de suportar cargas pesadas e condições climáticas extremas, tornando-os adequados para uma ampla gama de aplicações na construção civil. Além disso, eles são inerentemente resistentes ao fogo, uma propriedade importante para a segurança dos edifícios (NEVILLE, 2011).

No entanto, os blocos de concreto são relativamente pesados, o que pode dificultar o transporte e a instalação. Além disso, eles não possuem um bom desempenho de isolamento térmico, o que pode levar a maiores custos de aquecimento e refrigeração ao longo do tempo. Finalmente, a produção de blocos de concreto tem um alto impacto ambiental, principalmente devido à quantidade de energia necessária para sua fabricação e ao CO₂ emitido durante o processo (MEYER, 2009).

Por outro lado, os painéis tipo sanduíche oferecem excelente isolamento térmico devido ao núcleo isolante, que pode levar a economias significativas de energia ao longo do tempo. Eles também são mais leves que os blocos de concreto, facilitando o transporte e a instalação (CARLSSON, 2019).

Em termos de impacto ambiental, os painéis tipo sanduíche podem ser mais sustentáveis que os blocos de concreto, especialmente se forem fabricados a partir de materiais reciclados ou de fontes sustentáveis. No entanto, o processo de fabricação ainda requer energia, e alguns materiais do núcleo podem ter impactos ambientais próprios (GIBSON, 2012).

2.10 Normas para Painéis Tipo Sanduíche na Construção Civil no Brasil

As normas técnicas para a construção civil no Brasil são estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). No Brasil não há norma específica para painéis tipo sanduíche para uso em habitações residenciais. No entanto, estes produtos devem cumprir uma série de normas gerais de desempenho e materiais.

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) - Desempenho de Edificações Habitacionais, por exemplo, define os parâmetros de desempenho para edificações habitacionais. Entre outros aspectos, elas abrangem requisitos para:

- Segurança estrutural: as vedações devem ser capazes de suportar as cargas estruturais especificadas no projeto sem falhar ou deformar excessivamente (ABNT, 2013).

- Segurança contra incêndio: dependendo do material do núcleo e das camadas de revestimento, os painéis tipo sanduíche devem atender aos requisitos de resistência ao fogo definidos pela norma (ABNT, 2013).

- Estanqueidade: as vedações devem impedir a penetração de água e umidade nas edificações, garantindo a sua durabilidade e a saúde dos ocupantes (ABNT, 2013).

- Desempenho térmico e acústico: os painéis tipo sanduíche, devido ao seu núcleo isolante, devem contribuir para o desempenho térmico das edificações, ajudando a manter uma temperatura interior confortável e reduzindo o uso de energia para aquecimento e refrigeração e também colaborar com o desempenho acústico (ABNT, 2013).

A NBR 8094 - Corrosão por umidade – Determinação da resistência de superfícies de aço zincada: se o revestimento dos painéis tipo sanduíche for feito incluindo telas de aço galvanizado ou fibras metálicas, ele deve atender aos requisitos desta norma, que define a resistência à corrosão por umidade de produtos de aço revestidos por zinco por imersão a quente (ABNT, 1983).

Além destas, outras normas podem se aplicar dependendo dos materiais específicos usados nos painéis tipo sanduíche e em sua instalação. Por exemplo, as normas relativas ao concreto (NBR 6118) e aos materiais de isolamento podem ser relevantes.

2.11 Instalações Elétricas e Hidráulicas em Painéis Tipo Sanduíche

A construção modular e pré-fabricada, como a que utiliza painéis tipo sanduíche, apresenta desafios e oportunidades únicos quando se trata de instalações elétricas e hidráulicas. Esse sistema construtivo deve ser escolhido na etapa de projeto para garantir a funcionalidade e a segurança da edificação.

2.12 Instalações Elétricas

A instalação elétrica em painéis tipo sanduíche requer uma abordagem cuidadosa para garantir a segurança e a conformidade com as normas. A NBR 5410 especifica as regras para instalações elétricas de baixa tensão e deve ser seguida (ABNT, 2004).

O projeto deve considerar a localização das tomadas, interruptores, luminárias e outros componentes elétricos. Os condutores elétricos podem ser alojados em conduítes embutidos nos painéis durante a fabricação, ou instalados em canaletas após a montagem dos painéis. Em qualquer caso, deve-se tomar cuidado para proteger os cabos elétricos e evitar o risco de incêndio.

Uma consideração importante é a necessidade de isolar adequadamente os componentes elétricos do material de enchimento presente no núcleo dos painéis tipo sanduíche. Muitos materiais de enchimento são inflamáveis e podem representar um risco de incêndio se não forem adequadamente separados das instalações elétricas.

2.13 Instalações hidráulicas

As instalações hidráulicas devem ser planejadas com cuidado ao utilizar painéis tipo sanduíche. As tubulações de água e esgoto podem ser embutidas nos painéis ou instaladas externamente, dependendo do projeto. A norma NBR 5626, que trata do sistema predial de água fria, fornece diretrizes relevantes para esta parte do projeto (ABNT, 1998).

A escolha do material para as tubulações é um fator importante a considerar. Os materiais comuns incluem PVC, cobre e PEX (polietileno reticulado). Cada um tem suas vantagens e desvantagens em termos de custo, facilidade de instalação e resistência à corrosão.

Uma preocupação particular com as instalações hidráulicas em painéis tipo sanduíche é a prevenção de vazamentos. Qualquer vazamento pode danificar o material de isolamento e comprometer a integridade estrutural do painel. Portanto, todas as juntas e conexões devem ser cuidadosamente seladas, e o sistema deve ser testado quanto a vazamentos antes da finalização da construção.

2.14 Instalações de Sistemas Elétricos e Hidráulicos em Painéis Tipo Sanduíche: Técnicas e Vantagens

A instalação de condutores de água e esgoto em painéis tipo sanduíche pode ser mais desafiadora do que a instalação elétrica, devido à necessidade de garantir a estanqueidade e prevenir vazamentos.

Uma opção é instalar a tubulação de água e esgoto fora do painel, em um espaço

especialmente projetado para este fim. Este espaço pode ser criado com o uso de painéis de fechamento adicionais, ou através da disposição dos painéis tipo sanduíche de maneira a criar um espaço interno para as instalações (STEINEMANN, 2018).

Para Zwerger (2012), assim como nas instalações elétricas os eletrodutos podem ser embutidos no núcleo isolante do painel durante a fabricação. No entanto, este procedimento requer uma coordenação cuidadosa entre o projeto hidráulico e o projeto e fabricação dos painéis, além de medidas especiais para garantir a estanqueidade.

Na tarefa complexa de instalar sistemas elétricos e hidráulicos em painéis tipo sanduíche, a pesquisa de Favetti (2022) fornece uma visão notável. Em um esforço para melhorar a eficiência e a sustentabilidade do setor da construção, os profissionais estão buscando maneiras de reduzir a energia e o desperdício gerados pelo processo de construção convencional.

Um aspecto particularmente promissor da abordagem de painéis tipo sanduíche é a forma como os sistemas elétricos e hidráulicos são instalados. De acordo com Macabú (2021), um dos principais diferenciais em relação à construção convencional é a forma de instalação dos eletrodutos e seus dispositivos. Em vez de cortar ou quebrar os painéis para instalar esses componentes, o material do núcleo (normalmente feito de poliestireno expandido, ou EPS) é derretido, evitando a perda de materiais.

Este método é semelhante à forma como as instalações hidráulicas são realizadas. Em vez de quebrar as peças, o EPS é derretido, eliminando o desperdício de material e permitindo que os resíduos de EPS sejam devolvidos à fábrica para serem transformados em novos blocos ou formas (NAHB Research Center, 1997, *apud* Junior, 2018). A instalação de armaduras de aço para o sistema estrutural é feita de maneira semelhante. O EPS é derretido ao longo do comprimento do painel usando maçaricos fornecidos pela fábrica (FAVETTI, 2022).

Infelizmente, um aspecto negativo deste método é que os resíduos de EPS gerados pelo derretimento não são reciclados, mas são descartados como entulho. Este é um ponto merecedor de atenção a fim de aumentar ainda mais a sustentabilidade desta abordagem de construção (FAVETTI, 2022).

2.15 Origem da Utilização do Isopor (EPS) na Construção Civil

O poliestireno expandido, mais conhecido como isopor, é um material amplamente usado em uma variedade de aplicações, desde embalagens até capacetes de bicicleta. No setor da construção civil, o isopor ganhou destaque nas últimas décadas como um material de construção eficiente e versátil.

O isopor é produzido a partir do poliestireno, um polímero derivado do petróleo. O

processo de expansão do poliestireno foi inventado na Alemanha em 1949 por Fritz Stastny, um químico que trabalhava para a empresa BASF (BASF, 2021). A expansão do poliestireno é realizada através do aquecimento do material em presença de um agente expensor, normalmente pentano, que vaporiza com o calor e expande o poliestireno para muitas vezes o seu volume original.

A primeira utilização em larga escala do isopor na construção civil ocorreu na Alemanha, na década de 1960, quando foi usado como material de enchimento para lajes de concreto pré-moldadas. Este uso inicial expandiu-se rapidamente para incluir a aplicação como material de isolamento em paredes e tetos, e como material de enchimento em painéis de construção pré-fabricados (BASF, 2021).

Nas décadas seguintes, o uso do isopor na construção civil expandiu-se globalmente. Os painéis tipo sanduíche, que consistem em duas camadas de material de revestimento com um núcleo de isopor, tornaram-se populares para uma variedade de aplicações, desde edifícios de escritórios até habitações de baixo custo. Além disso, os blocos de isopor são frequentemente utilizados como material de enchimento em sistemas de construção de concreto isolado.

3 METODOLOGIA

Para cumprir os objetivos propostos nesta pesquisa foi adotado um estudo experimental. Para tanto, um empreendimento em fase de construção, com estrutura projetada para ser executada em concreto armado moldado no local e alvenaria em blocos de concreto foi usado como estudo de caso. A aplicação dos painéis sanduiche em EPS foi uma opção do proprietário do imóvel, que adotou a metodologia na periferia da residência e nas áreas molhadas

Na Figura 1 é possível ver a planta baixa do imóvel. Destaca-se que o projeto não sofreu alteração, para adaptação ao método construtivo após a opção pelo uso dos painéis em EPS para a parte externa das vedações verticais e áreas molhadas, pois faltava projetos de detalhamento dos pisos.

Figura 1 - Planta baixa



Como ponto de partida foi usado o projeto arquitetônico elaborado, em princípio, para vedações verticais em blocos de concreto. No caso desta pesquisa o painel sanduíche utilizado é conhecido comercialmente como blocom® e indicado na Figura 2.

Figura 2 - Blocom®



3.1 Características do painel sanduíche usado na pesquisa.

O painel sanduíche usado possui medidas de 70cm (A) x 70cm (L) x 10/13/15/20cm, apresentando as faces principais com área de 0,49 m². Tem massa aproximadamente de 27 kg e é composto nas faces por concreto, na proporção de 1:4, utilizando-se de areia artificial e cimento CP V ARI e macrofibra de polipropileno, na proporção de 6 kg de macrofibra por metro cúbico de concreto.

Atualmente, a linha de produção inclui dois tipos de blocos: o convencional, de design aberto que usualmente tem dimensões de 70x70 cm, e um segundo tipo que pode ser personalizado em espessura, oferecendo opções de 13, 15 ou 20 cm de espessura. Contudo, a espessura pode ser ajustada de acordo com as necessidades específicas do projeto, estando diretamente ligado à espessura do poliestireno expandido (EPS), que é utilizado para isolamento. Na obra pesquisada, a espessura do painel foi de 15 cm.

3.2 Avaliação das necessidades de adequação de projeto para aplicação do bloco sanduíche quando comparado às vedações verticais em bloco de concreto

Com o projeto arquitetônico ilustrado na Figura 1, e o acesso permitido aos projetos estrutural, instalações elétricas e hidrossanitárias em caráter presencial apenas, foi possível identificar as alterações necessárias quando se pretende construir com painel sanduíche em EPS, tendo em vista que as peças do painel possuem dimensões maiores que as usadas na alvenaria convencional.

3.3 Caracterização do método executivo dos sistema de vedação em painéis sanduíche

Do ponto de vista da caracterização do método executivo, este foi identificado quando do momento da execução das vedações verticais *in loco*, por meio de acompanhamento do serviço de marcação e elevação. Neste caso, o serviço foi acompanhado e devidamente registrado para posterior composição do passo a passo. Também foi registrado o tempo gasto para a elevação das vedações verticais.

O acompanhamento do serviço foi realizado em sete dias úteis, durante o mês de outubro de 2023, em uma residência unifamiliar em etapa construtiva, localizada em Senador Canedo. O padrão construtivo do imóvel é considerado alto e obra foi realizada por administração.

3.4 Avaliação da viabilidade do sistema de vedação vertical com bloco sanduíche em relação ao de blocos de concreto

Para a avaliação da viabilidade e estudo comparativo, o imóvel teve seus custos estimados com base na planilha orçamentária de uma construtora Goiana que constrói imóveis residenciais em condomínios horizontais de alto padrão, similar ao objeto de pesquisa.

O orçamento considerou o imóvel com as vedações verticais em painéis sanduíche de EPS do tipo blocom® e em alvenaria em bloco de concreto. Ressalta-se que o blocom®, tem sua indústria alocada na cidade de Goiânia-GO.

4 RESULTADOS

4.1 Necessidade de adequação do projeto

Como o projeto do empreendimento foi concebido para vedações em blocos de concreto, cujas dimensões das peças são menores, e não houve adequação para o uso do blocom®, algumas situações tiveram solução no canteiro de obras, dentre elas destacam-se:

- a) Falta de informação sobre como fixar os painéis na estrutura uma vez que a estrutura suporta a fixação com finca pinos ou tela. No entanto, amarrar os painéis já que o núcleo é de EPS então restou a dúvida se a amarração deveria ocorrer na junta de assentamento no núcleo de EPS;
- b) Em pequenos trechos de vedação, especialmente naquelas em que há aberturas de portas, em que as bonecas são construídas amarrando-se por intertravamento seguindo o método convencional, os painéis ficam com o mesmo tamanho dadas as dimensões do painel;
- c) Nos casos em que há aberturas para esquadrias de portas e janelas e, portanto, há necessidade de vergas e contra-vergas, o desafio foi estabelecer um método de construção para a contra-verga, já que para a verga bastava retirar parte do EPS e usar o blocom® como fôrma, para aplicação posterior das barras de aço e concreto;
- d) Nas áreas molhadas, especialmente nos locais em que são previstas bancadas e peças suspensas, não havia informação nos projetos, e nem se soube informar no local, como seriam fixadas as peças, de forma a manter o vedado estável e seguro, sem que ocorram rupturas ou deslocamentos nos componentes de fixação (mão francesas, cantoneiras, buchas etc.) que indiquem falha de segurança em uso.

4.2 Caracterização do método construtivo

As vedações verticais em painel sanduíche seguiram, em princípio, a mesma sequência do método tradicional. Sendo assim, as atividades identificadas para a obra usada no estudo foram a marcação, elevação. No caso, não houve a etapa de encunhamento em função da metodologia construtiva adotada, em que o fundo das vigas do segundo pavimento se assentam exatamente sobre as vedações erguidas, usando-as como fundo de fôrma.

Destaca-se que fabricante dos painéis em EPS recomenda que o assentamento seja feito com o uso de argamassa industrializada, do tipo AC III, com juntas horizontais e verticais. Para a aplicação, recomenda-se o uso de ferramentas como canaletas, bisnagas ou desempenadeiras, visando formar cordões uniformes de argamassa, com aproximadamente 15 mm de diâmetro, ao

longo das faces e laterais dos blocos.

As juntas horizontais devem manter a espessura determinada no projeto de modulação. A amarração entre paredes pode ser realizada por intertravamento ou com o uso de telas galvanizadas de malha quadrada.

4.2.1 Marcação

Com a viga baldrame finalizada e os pilares alocados, deu-se início a marcação de alvenaria, que é uma etapa crucial na construção. Ela serve como um guia para a colocação dos blocos e garante que a parede seja construída de maneira uniforme e alinhada. Para que tudo ocorra bem deve-se seguir as seguintes etapas no processo de marcação da alvenaria:

- a) **Planejamento:** antes de começar a marcação, é importante ter um plano claro da estrutura que será construída. Isso inclui a localização das peças estruturais, paredes, portas, janelas e outros elementos arquitetônicos;
- b) **Medição:** com auxílio de uma fita métrica para medir a distância entre os pontos de referência no piso. Essas medidas devem corresponder às dimensões indicadas no projeto;
- c) **Marcação:** normalmente se usa giz de linha para marcar as linhas de base para as paredes no piso. As linhas necessitam estar retas e precisas, conforme indicado na Figura 3;
- d) **Verificação:** usa-se um nível de bolha para verificar se as linhas estão niveladas, indicado na Figura 4, realizando-se os ajustes, quando necessário;
- e) **Assentamento dos painéis:** inicia-se o assentamento dos painéis ao longo das linhas marcadas, usando-se um nível para garantir que eles permaneçam nivelados ao longo do assentamento. A medida que o vedo é elevado também é necessário acompanhamento com o prumo de face para garantir que o resultado final seja uma vedação vertical apurhada;
- f) **Verificação Final:** Depois que a parede estiver completa, deve-se fazer uma verificação final para garantir que tudo esteja alinhado corretamente.

A precisão na etapa de marcação das peças iniciais é fundamental para garantir a qualidade e a segurança do vedo, assim, assegurando o controle do alinhamento da primeira fiada conforme indicados nas Figura 3 e Figura 4. Durante a execução pequenos ajustes foram necessários, como regularizar a base para receber os painéis conforme indicado na Figura 5. Também foi necessário apoiá-los com escoras por conta da presença de fortes ventos no momento da execução e do fato de a argamassa de assentamento estar ainda fresca conforme indicado na Figura 6.

Figura 3 – Marcação da Alvenaria



Figura 4 – Alinhamento



Figura 5 - Regularização da base



Figura 6 - Escoramento



4.2.2 Elevação do vedo

O processo de assentamento dos painéis, embora seja simples e dispense mão de obra especializada, já que um pedreiro pode instalá-los utilizando técnicas e argamassas tradicionais no primeiro momento causou receio nos profissionais em função do tamanho e peso das peças. No caso de necessidade de ajustes ou cortes, estes foram facilmente realizados com o uso de uma serra circular (serra marmore) de um lado e de outro conforme indicado na figura 7, e o EPS pode ser cortado de maneira precisa com uma serra manual, seguindo uma linha de nylon esticada - a técnica é tão eficiente quanto o uso de um serrote conforme indicado na figura 8.

Figura 7 - Corte das faces do painel



Figura 8 - Corte do EPS



Além disso, a macrofibra estrutural, por ser de polipropileno e não de aço, não desgasta os discos de corte, proporcionando economia e eficiência. Esta macrofibra cria uma rede tridimensional dentro da argamassa, reforçando a estrutura sem dificultar o trabalho.

No processo de assentamento dos painéis, a preparação da argamassa é crucial. É fundamental respeitar as diretrizes do fabricante da argamassa industrializada, usando misturadores para assegurar a consistência ideal e adicionando a quantidade exata de água conforme indicado. Quando a argamassa é preparada no local da obra, o engenheiro responsável deve fornecer as proporções exatas dos componentes.

As aberturas para janelas (Figura 9) devem respeitar o nível do peitoril e as dimensões do vão estipuladas no projeto arquitetônico. Quando a altura da alvenaria tornou-se um desafio para a continuidade do trabalho, cavaletes com suportes metálicos ou de madeira se fizeram necessários para facilitar a continuação da obra.

Figura 9 - Abertura de janela



Nessa obra não foram construídas as vergas e contra-vergas nos vãos de aberturas de portas e janelas, sendo que pelo menos as contra-vergas poderiam ser facilmente executada retirando-se parte do EPS do interior do painel, colocando-se as barras de aço e posteriormente, concretando-as. Não se sabe se elas farão falta, tendo em vista que o microconcreto que reveste o EPS possui macrofibras.

A elevação do vedo seguiu até a altura do respaldo previsto em projeto, conforme indicado na Figura 10. Neste ponto, é necessário limpar a cabeça dos pilares e preparar para a próxima etapa de construção, que neste caso é a execução da estrutura do segundo pavimento.

Figura 10 - Respaldo



Na elevação de alvenaria alguns pontos não apresentaram amarração por intertravamento conforme indicado na Figura 11, que poderia ser resolvido, caso tivesse sido feito um projeto de modelagem da vedação vertical em painel com EPS, uso de meio painel (respeitando o ensaio de prisma) ou de peças compensadoras.

Figura 11 - Falta de intertravamento



O excedente de argamassa das juntas pode ser reincorporado à mistura fresca, mas a única condição é que qualquer argamassa que caia no piso deve ser descartada. É fundamental que os painéis, uma vez assentados, não sejam deslocados, e o veda recém-concluído deve ser protegido.

A última camada assentada deve ser cuidadosamente planejada, respeitando a altura da laje e as especificações do projeto. A execução de juntas de dilatação e o tratamento especial da última fiada são etapas cruciais para garantir a integridade e durabilidade da alvenaria.

Quando se trata de produtividade, as vedações com os painéis em EPS demonstram uma superioridade significativa, sendo até oito vezes mais rápidos de instalar do que as paredes convencionais de tijolo cerâmico. Enquanto uma parede tradicional exige extensos períodos de espera entre cada etapa do processo - até 14 dias para chapisco, mais 3 para reboco e 30 dias adicionais antes de iniciar a pintura. Os blocos industrializados e com cura controlada permitem que o rejunte, similar ao de porcelanato, seja aplicado logo após a instalação conforme indicado nas Figura 12 e Figura 13. O fabricante de painéis em EPS da marca blocom® recomenda a utilização de massas tipo AC-II e externamente, tipo AC-III, ou até um reboco pronto com plasticidade e impermeabilidade adequadas.

Figura 12 - Aplicação de massa*Figura 13 - Acabamento na massa*

Quando se avaliou a velocidade de execução com os painéis em EPS, registrou-se que um pedreiro conseguiu assentar 32 metros quadrados em um único dia. Comparativamente, um pedreiro muito habilidoso poderia atingir 20 metros quadrados com blocos de concreto. E ainda há o tempo adicional necessário para a secagem e outros processos intermediários que são inerentes ao método tradicional, mas dispensados na construção com o painel tipo sanduíche.

Em relação ao peso do sistema construtivo, os blocos pesam aproximadamente 60 kg por metro quadrado. Para referência, os cálculos estruturais convencionais frequentemente adotam um peso mínimo de 185 kg por metro quadrado, chegando a 240 kg para estruturas de tijolos cerâmicos, sendo ainda maior para blocos de concreto. Esta significativa redução no peso resulta em benefícios diretos no dimensionamento das estruturas de fundação, bem como na economia de materiais como aço e concreto.

4.2.3 Instalações Elétricas e Hidráulicas

O processo de instalação das caixas elétricas e pontos hidráulicos no sistema construtivo de painéis em EPS apresenta vantagens uma vez que o reboco já está aplicado, é possível realizar a passagem da tubulação elétrica de maneira eficiente conforme indicado na Figura 14, seja por meio de corte com serra marmore ou utilizando um objeto aquecido para perfurar o EPS (poliestireno expandido). Esse método permite que as caixas de passagem e quadros elétricos se alinhem perfeitamente com a superfície, conforme indicado na Figura 15, evitando-se os problemas comuns de encaixe e fixação devido ao excesso de reboco que se observa em obras convencionais.

Figura 14 - Passagem de tubulações

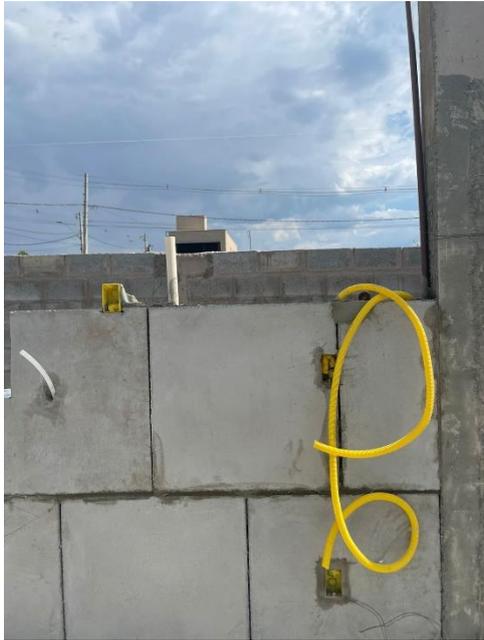
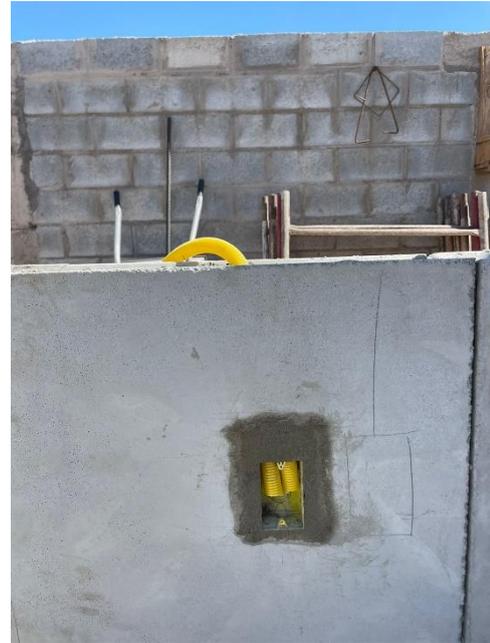


Figura 15 - Alinhamento das caixas elétricas



Quando a caixa é embutida na parede, ela se integra com a superfície sem a necessidade de parafusos mais longos, evitando o uso de extensões inadequadas que frequentemente são necessárias no mercado atual. Além disso, essa técnica simplifica o processo de instalação de acessórios como registros, luvas e conexões, que frequentemente necessitam de ajustes adicionais para acomodar elementos como cotovelos e acabamentos metálicos, conforme indicado na Figura 16.

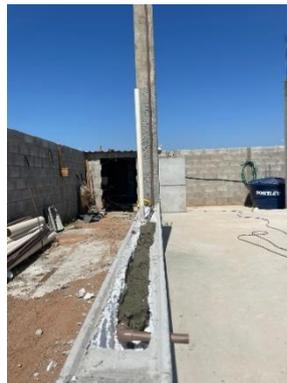
Figura 16 - Pontos embutidos



No que tange à tubulação hidrossanitária, a abordagem usual envolve o uso de uma serra

marmore ou fresadora para realizar cortes precisos onde a tubulação será instalada. Isso é fundamental para acomodar futuras conexões como curvas, joelhos e registros. Ao planejar a instalação, deve-se considerar a profundidade dos acabamentos, como revestimentos cerâmicos, permitindo que a montagem final dos componentes hidráulicos fique alinhada com a superfície do revestimento, garantindo uma estética uniforme e polida conforme indicado nas figuras 17a, 17b e 17c.

Figura 17a - Projeto HID / Figura 17b - Passagens chumbadas / Figura 17c - Locação de saídas



Os painéis em EPS também permitem o embutimento de tubulações que normalmente seriam feitas com uso do shaft, como as de 100 mm conforme indicado na figura 18. Esse fato pode ser um atenuante dos problemas de fissuras em revestimentos, que comumente ocorrem em alvenarias convencionais que são cortadas para a passagem da tubulação e são posteriormente cobertas com argamassa.

Figura 18 – Tubulações embutidas



4.3 Avaliação da viabilidade

Enquanto na alvenaria de vedação convencional se leva cerca de 27 dias até a etapa final do reboco, com o blocom® se leva cerca de 8 dias. Levando em consideração que com o uso do blocom® eliminam diversas etapas construtivas, tais como: pré reboco, serviços de passagem e chubamentos de instalações embutidas na alvenaria, visto que essa etapa acompanha o levante de alvenaria e pode ser feita pelo mesmo pedreiro, e por fim o reboco. Isso traz uma economia significativa, no tempo de execução chegando a ser 3 vezes mais rápida.

O que torna o custo do material blocom® justificável, sendo maior, custando em média R\$142,90/m², enquanto o custo dos blocos de concreto ficam na casa dos R\$ 78,20, graças ao ganho de produtividade, eliminação de processos construtivos e consecutivamente com indiretos que estão associados ao tempo de execução do serviço.

Note que quando se compara os Quadros 1 e 2, a produtividade é maior quando se usa o blocom®, tendo em vista que as etapas de instalações ocorrem simultaneamente à elevação do vedo e também de não haver a necessidade de fechamento para a realização do reboco.

Quadro 1 – Dias para elevação de alvenaria convencional, instalações e reboco

SERVIÇOS LEVANTADOS	BLOCO DE CONCRETO																											TOTAL DE DIAS TRABALHADOS	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
MARCAÇÃO	■																												27
ALVENARIA	■	■	■	■	■																								
INSTALAÇÕES						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
PRE REBOCO											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
REBOCO																													

Quadro 2 – Dias para elevação da vedação em blocom® e instalações.

SERVIÇOS LEVANTADOS	BLOCO BLOCOM®								TOTAL DE DIAS TRABALHADOS
	1	2	3	4	5	6	7	8	
MARCAÇÃO	■								8
ALVENARIA	■	■	■	■	■	■	■	■	
INSTALAÇÕES	■	■	■	■	■	■	■	■	

No entanto, quando se compara o custo exclusivo dos materiais gastos para a vedação vertical em bloco de concreto e em blocom®, nos Quadros 3 e 4, respectivamente, nota-se os custos com os materiais da alvenaria convencional são menores.

Quadro 3 – Custo dos materiais para elevação da vedação em blocom®.

Item	Descrição	Unid	Quantidade	Custo Unit.	Custo Total
1	ALVENARIA	M2	1,00	R\$ 40,36	R\$ 40,36
2	CHAPISCO INTERNO	M2	2,00	R\$ 1,69	R\$ 3,38
3	REBOCO INTERNO E=2,0 CM	M2	2,00	R\$ 9,32	R\$ 18,65
4	CHAPISCO EXTERNO	M2	2,00	R\$ 1,36	R\$ 2,72
5	REBOCO EXTERNO E=2,0 CM	M2	2,00	R\$ 6,55	R\$ 13,10

SERVIÇOS NÃO CONTABILIZADOS

R\$ 78,20

PRODUÇÃO DE CHAPISCO

PRODUÇÃO DE REBOCO

TRANSPORTE HORIZONTAL/VERTICAL (CHAPISCO E REBOCO)

TALISCAMENTO

FORMAS DE MADEIRA PAR PILARES E VIGAS COM ATÉ 12cm de espessura

CUSTO DE LOCAÇÃO/DEPRECIÇÃO e ENERGIA DA BETONEIRA

Quadro 4 – Custo dos materiais para elevação da vedação em blocom®.

Item	Descrição	Unid.	Qtde.	Preço Uni	SubTotal
4	AREIA MEDIA LAVADA	M ³	0,01	R\$ 189,00	R\$ 1,34
5	CAL HIDRATADA CH-I (COMPOSIÇÕES)	KG	1,02	R\$ 1,05	R\$ 1,07
6	CIMENTO PORTLAND CP V	kg	0,60	R\$ 0,81	R\$ 0,49
7	BLOCOM 70X70X15	Unid.	2,00	R\$ 70,00	R\$ 140,00

R\$ 142,90

CONCLUSÕES

No que tange às adequações projetuais para o uso dos painéis em EPS notou-se que caso, a tecnologia seja admitida na etapa de concepção há possibilidade de redução de custos em função da redução de cargas por metro quadrado gerada pelo sistema. No entanto, do ponto de vista dos projeto de modelação do vedo, há necessidade de ajuste com a indústria para identificar como as amarrações devem ser planejadas, e como as peças suspensas devem ser consideradas para a segurança do usuário.

A metodologia construtiva com os painéis em EPS, uma vez absorvida pelos profissionais de canteiro de obras é de aplicação simples, mas necessita de mais pesquisas, em que se identifique a melhor técnica para encunhamento, a aplicação de peças suspensas no vedo, as etapas subsequentes de aplicação do revestimento até a entrega do empreendimento.

Em termos de tempo nota-se que o uso dos painéis em EPS reduzem o período entre o início da obra e a aplicação do acabamento final. Essa eficiência construtiva representa uma vantagem competitiva considerável, tanto em termos de economia de recursos quanto na agilidade de entrega dos empreendimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ardente, F., Beccali, G., Cellura, M., & Lo Brano, V. (2011). Energy performances and life cycle assessment of an Italian residential building. *Energy and Buildings*, 43(6), 1509–1520.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1983). ABNT NBR 8094: Corrosão por umidade – Determinação da resistência de superfícies de aço zincadas. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998). ABNT NBR 5626: Instalação Predial de Água Fria.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). ABNT NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Predial de Água Fria.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008). ABNT NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013). ABNT NBR 15.575: Edificações habitacionais - Desempenho.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014). ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.

BASF (2021). História do Isopor: De uma Invenção Alemã a um Material Global de Construção.

Berge, B. (2009). *The Ecology of Building Materials*. Architectural Press.

Bitzer, T. (1997). *Honeycomb Technology: Materials, Design, Manufacturing, Applications and Testing*. Springer Science & Business Media.

Carlsson, L. A. (2019). Composite Sandwich Structures. In *Composite Structures* (pp. 91-114). Springer, Cham.

Faria, R. F. *Construção com Painéis Sanduíche de Silicato de Cálcio, Cimento e EPS*. FUNCHAL. (2014)

Farnam, Y., Bentz, D., Sakulich, A., Flynn, D., & Weiss, J. (2016). Electrical properties of cement-based materials: State-of-the-art report. *Cement and Concrete Research*, 83, 1-15.

Favetti, D. F. *Análise de custos e coeficiente de produtividade de paredes levantadas com placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com eps tipo sanduíche*. Joinville. (2022)

Gibson, L. J. (2012). The hierarchical structure and mechanics of plant materials. *Journal of the Royal Society Interface*, 9(76), 2749-2766.

Hegger, M., Auch-Schwelk, V., Fuchs, M., & Rosenkranz, T. (2009). *Construction Materials Manual*. Birkhäuser.

JUNIOR, A. P. B. Análise de viabilidade econômica do método construtivo Insulated Concrete Forms para construção habitações. 2018. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Mossoró, 2018.

MACABÚ, E. L. V. Dimensionamento estrutural de uma residência de dois pavimentos em bloco monolítico em EPS. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Candido Mendes, Campos do Goytacazes, 2021.

Meyer, C. (2009). The greening of the concrete industry. *Cement and Concrete Composites*, 31(8), 601-605.

Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete*. Pearson Education.

Silva, G. C. Análise comparativa térmica entre sistemas de vedação constituídos por paredes sanduíche em concreto com núcleo de eps, alvenaria de vedação de blocos de concreto e tijolos de solo cimento com adição de argila expandida para fins de conforto térmico. Natal. (2010).

Stastny, F. (1949). *O Processo de Expansão do Poliestireno*.

Steinemann, S. (2018). Sandwich Panels and their Application in Construction. *Advances in Structural Engineering and Rehabilitation*, 4(1), 18-28.

Thomsen, O. T. (2005). Sandwich Materials. In *Sandwich Structures 7* (pp. 17-34). Springer, Dordrecht.

Vieira, A. P. Análise comparativa térmica entre sistemas de vedação constituídos por paredes sanduíche em concreto com núcleo de eps, alvenaria de vedação de blocos de concreto e tijolos de solo cimento com adição de argila expandida para fins de conforto térmico. Alagoas. (2021)

Zhou, J., & Zhao, Y. (2016). Thermal Performance of Building Envelope Details for Mid- and High-Rise Buildings. *ASHRAE*.

Zwenger, K. (2012). *Materiais na Arquitetura: Inovação e Tendências*. Birkhäuser.



RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante PAULO AUGUSTO ALVES FERRAZ
do Curso de ENGENHARIA CIVIL, matrícula 20181002501912,
telefone: 62985799749 e-mail eng.pauloaugustoferraz@gmail.com, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
MÉTODO EXECUTIVO E VIABILIDADE DE PAINÉIS SANDUÍCHE: ESTUDO DE CASO
_____, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 19 de DEZEMBRO de 2023.

DocuSigned by:

Assinatura do(s) autor(es):

Paulo Augusto Alves Ferraz

53981B55492D44F...

Nome completo do autor: PAULO AUGUSTO ALVES FERRAZ

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: _____

Certificate Of Completion

Envelope Id: F568E14C45AC491F8DED8B84DBC1087B

Status: Completed

Subject: Complete com a DocuSign: Termo de autorização de publicação de produção acadêmica.pdf

Source Envelope:

Document Pages: 1

Signatures: 1

Envelope Originator:

Certificate Pages: 4

Initials: 0

Geovana Sousa Teixeira

AutoNav: Enabled

Av. Primeira Avenida, Qd.1B, Lt. 16 e 17. Cond.

Envelope Stamping: Enabled

Cidade Empresarial

Time Zone: (UTC-03:00) Brasilia

Aparecida de Goiânia, GO 74935-900

geovana.teixeira@fgr.com.br

IP Address: 189.5.125.49

Record Tracking

Status: Original

Holder: Geovana Sousa Teixeira

Location: DocuSign

12/19/2023 8:42:13 PM

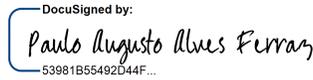
geovana.teixeira@fgr.com.br

Signer Events

Paulo Augusto Alves Ferraz

pauloaugustoferraz03@gmail.com

Security Level: Email, Account Authentication
(None)**Signature**

DocuSigned by:

 53981B55492D44F...

Signature Adoption: Pre-selected Style

Using IP Address: 189.5.125.49

Timestamp

Sent: 12/19/2023 8:43:23 PM

Viewed: 12/19/2023 8:44:02 PM

Signed: 12/19/2023 8:44:26 PM

Electronic Record and Signature Disclosure:

Accepted: 12/19/2023 8:41:14 PM

ID: f8ab05a5-3e0b-4959-a714-068683347c71

In Person Signer Events**Signature****Timestamp****Editor Delivery Events****Status****Timestamp****Agent Delivery Events****Status****Timestamp****Intermediary Delivery Events****Status****Timestamp****Certified Delivery Events****Status****Timestamp****Carbon Copy Events****Status****Timestamp****Witness Events****Signature****Timestamp****Notary Events****Signature****Timestamp****Envelope Summary Events****Status****Timestamps**

Envelope Sent

Hashed/Encrypted

12/19/2023 8:43:23 PM

Certified Delivered

Security Checked

12/19/2023 8:44:02 PM

Signing Complete

Security Checked

12/19/2023 8:44:26 PM

Completed

Security Checked

12/19/2023 8:44:26 PM

Payment Events**Status****Timestamps****Electronic Record and Signature Disclosure**

ELECTRONIC RECORD AND SIGNATURE DISCLOSURE

From time to time, FGR INCORPORACOES S/A (we, us or Company) may be required by law to provide to you certain written notices or disclosures. Described below are the terms and conditions for providing to you such notices and disclosures electronically through the DocuSign system. Please read the information below carefully and thoroughly, and if you can access this information electronically to your satisfaction and agree to this Electronic Record and Signature Disclosure (ERSD), please confirm your agreement by selecting the check-box next to 'I agree to use electronic records and signatures' before clicking 'CONTINUE' within the DocuSign system.

Getting paper copies

At any time, you may request from us a paper copy of any record provided or made available electronically to you by us. You will have the ability to download and print documents we send to you through the DocuSign system during and immediately after the signing session and, if you elect to create a DocuSign account, you may access the documents for a limited period of time (usually 30 days) after such documents are first sent to you. After such time, if you wish for us to send you paper copies of any such documents from our office to you, you will be charged a \$0.00 per-page fee. You may request delivery of such paper copies from us by following the procedure described below.

Withdrawing your consent

If you decide to receive notices and disclosures from us electronically, you may at any time change your mind and tell us that thereafter you want to receive required notices and disclosures only in paper format. How you must inform us of your decision to receive future notices and disclosure in paper format and withdraw your consent to receive notices and disclosures electronically is described below.

Consequences of changing your mind

If you elect to receive required notices and disclosures only in paper format, it will slow the speed at which we can complete certain steps in transactions with you and delivering services to you because we will need first to send the required notices or disclosures to you in paper format, and then wait until we receive back from you your acknowledgment of your receipt of such paper notices or disclosures. Further, you will no longer be able to use the DocuSign system to receive required notices and consents electronically from us or to sign electronically documents from us.

All notices and disclosures will be sent to you electronically

Unless you tell us otherwise in accordance with the procedures described herein, we will provide electronically to you through the DocuSign system all required notices, disclosures, authorizations, acknowledgements, and other documents that are required to be provided or made available to you during the course of our relationship with you. To reduce the chance of you inadvertently not receiving any notice or disclosure, we prefer to provide all of the required notices and disclosures to you by the same method and to the same address that you have given us. Thus, you can receive all the disclosures and notices electronically or in paper format through the paper mail delivery system. If you do not agree with this process, please let us know as described below. Please also see the paragraph immediately above that describes the consequences of your electing not to receive delivery of the notices and disclosures electronically from us.

How to contact FGR INCORPORACOES S/A:

You may contact us to let us know of your changes as to how we may contact you electronically, to request paper copies of certain information from us, and to withdraw your prior consent to receive notices and disclosures electronically as follows:

To contact us by email send messages to: guilherme.fonseca@fgr.com.br

To advise FGR INCORPORACOES S/A of your new email address

To let us know of a change in your email address where we should send notices and disclosures electronically to you, you must send an email message to us at guilherme.fonseca@fgr.com.br and in the body of such request you must state: your previous email address, your new email address. We do not require any other information from you to change your email address.

If you created a DocuSign account, you may update it with your new email address through your account preferences.

To request paper copies from FGR INCORPORACOES S/A

To request delivery from us of paper copies of the notices and disclosures previously provided by us to you electronically, you must send us an email to guilherme.fonseca@fgr.com.br and in the body of such request you must state your email address, full name, mailing address, and telephone number. We will bill you for any fees at that time, if any.

To withdraw your consent with FGR INCORPORACOES S/A

To inform us that you no longer wish to receive future notices and disclosures in electronic format you may:

- i. decline to sign a document from within your signing session, and on the subsequent page, select the check-box indicating you wish to withdraw your consent, or you may;
- ii. send us an email to guilherme.fonseca@fgr.com.br and in the body of such request you must state your email, full name, mailing address, and telephone number. We do not need any other information from you to withdraw consent.. The consequences of your withdrawing consent for online documents will be that transactions may take a longer time to process..

Required hardware and software

The minimum system requirements for using the DocuSign system may change over time. The current system requirements are found here: <https://support.docusign.com/guides/signer-guide-signing-system-requirements>.

Acknowledging your access and consent to receive and sign documents electronically

To confirm to us that you can access this information electronically, which will be similar to other electronic notices and disclosures that we will provide to you, please confirm that you have read this ERSD, and (i) that you are able to print on paper or electronically save this ERSD for your future reference and access; or (ii) that you are able to email this ERSD to an email address where you will be able to print on paper or save it for your future reference and access. Further, if you consent to receiving notices and disclosures exclusively in electronic format as described herein, then select the check-box next to ‘I agree to use electronic records and signatures’ before clicking ‘CONTINUE’ within the DocuSign system.

By selecting the check-box next to ‘I agree to use electronic records and signatures’, you confirm that:

- You can access and read this Electronic Record and Signature Disclosure; and
- You can print on paper this Electronic Record and Signature Disclosure, or save or send this Electronic Record and Disclosure to a location where you can print it, for future reference and access; and
- Until or unless you notify FGR INCORPORACOES S/A as described above, you consent to receive exclusively through electronic means all notices, disclosures, authorizations, acknowledgements, and other documents that are required to be provided or made available to you by FGR INCORPORACOES S/A during the course of your relationship with FGR INCORPORACOES S/A.