

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DANIEL CHARLES DA SILVA LIMA

Proposta de procedimento executivo de fachadas em pele de vidro unitizada

São Paulo

2018

DANIEL CHARLES DA SILVA LIMA

Proposta de procedimento executivo de fachadas em pele de vidro unitizada

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de pós-graduação *lato-sensu* em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios

Orientador: Prof. Alexandre Britez

São Paulo

2018

LIMA, Daniel da Silva. **Proposta de procedimento executivo de fachadas em pele de vidro unitizada**. 2018. 60 f. (Monografia de pós-graduação *lato-sensu* em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2018.

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, Argemiro Evangelista e Dulcineia Lima, e à minha irmã Daniela Lima pelo apoio incondicional e confiança durante toda minha formação.

À minha esposa, Nayara Lima, pelo incentivo na elaboração do trabalho, mesmo sabendo da rotina do dia a dia nada fácil.

Ao meu orientador, Alexandre Amado Britez, pela confiança e dedicação para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores do curso, pela dedicação e novos conhecimentos promovidos, em especial aos coordenadores Mércia Maria Semensato Bottura de Barros e Francisco Ferreira Cardoso, pela preocupação e cuidado para nosso maior aproveitamento do curso.

À Rocontec Construção e Tecnologia, por me apoiar e me incentivar desde a minha graduação até os dias de hoje, sou grato por todo o aprendizado e confiança depositados em mim.

Aos engenheiros Fernando Xambre e Otávio Santos, que me forneceram informações valiosas sobre o estudo de caso do empreendimento Torre AK e acompanharam minhas visitas à obra.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma discussão sobre a execução de fachadas em pele de vidro unitizada, com o objetivo de propor um procedimento executivo para este serviço. O trabalho apresenta as principais características técnicas do sistema e as principais vantagens potenciais com a sua utilização. Foi levantado um estudo de caso de uma construtora, com acompanhamento desde a contratação, desenvolvimento dos projetos de produção, logística e execução. Como resultado deste estudo, foi proposto um procedimento executivo de fachadas em pele de vidro unitizada. Concluiu-se também que há a necessidade de um estudo para uma norma específica para fachadas unitizadas.

Palavras-chave: Pele de vidro unitizada. Fachada. Procedimento executivo.

ABSTRACT

This work presents a discussion about the execution of unitized glass facades, with the goal of suggest a procedure for the execution of that service. The work presents the main technical characteristics of the system and the main potential advantages with your utilization. It was analyzed a study case of a construction company, followed from the hiring, production projects development, logistics and execution. As a result of that study, it was proposed an executive procedure of unitized glass facades. Also it was concluded that there is a need of a study for a specific norm for unitized facades.

Palavras-chave: Unitized glass facades. Facades. Procedure execution.

LISTA DE IMAGENS

Figura 1 – Colagem do vidro (fixação do vidro ao perfil com silicone estrutural).....	13
Figura 2 – Corte mostrando as três câmaras de vedação com as gaxetas em EPDM	15
Figura 3 – <i>Rack</i> metálico modular para transporte dos módulos	16
Figura 4 – Projeto pavimento tipo.....	23
Figura 5 – Projeto do pavimento tipo ampliado (largura dos módulos: 1,25 m)	23
Figura 6 – Corte com a altura de 4 m dos módulos do pavimento tipo	24
Figura 7 – Módulo de ensaio ITEC (estanqueidade e pressão)	25
Figura 8 – Diagrama do processo	27
Figura 9 – Resultado do escaneamento da estrutura da obra da Torre AK	28
Figura 10 – Resultado do escaneamento da estrutura da obra da Torre AK	28
Figura 11 – Exemplo de escaneamento da obra e definição do afastamento da ancoragem	29
Figura 12 – Locação das ancoragens na estrutura	30
Figura 13 – Ensaio de arrancamento dos chumbadores	30
Figura 14 – Ensaio de arrancamento dos chumbadores	31
Figura 15 – Logística da chegada do material na obra	32
Figura 16 – Ponte rolante descarregando os caminhões com os módulos	33
Figura 17 – Ponte rolante descarregando os módulos.....	33
Figura 18 – Estoque ao lado da ponte rolante e próxima a torre.....	34
Figura 19 – Estoque dos painéis nos andares	34
Figura 20 – Estoque dos painéis nos andares	35
Figura 21 – Monovia para instalação dos módulos na fachada.....	36
Figura 22 – Saída da pele de vidro	36
Figura 23 – Início da montagem da pele de vidro	37
Figura 24 – Instalação dos módulos.....	37
Figura 25 – Instalação dos módulos.....	38
Figura 26 – Quantidade de módulos	39
Figura 27 – Início da locação das ancoragens	51
Figura 28 – Recebimento de carga paletizada em obra	52
Figura 29 – Descarga dos painéis com uso de monovia	53

Figura 30 – Acomodação em plataforma para transporte até a linha de subida	53
Figura 31 – Içamento dos painéis	54
Figura 32 – Recebimento dos painéis nos andares	54
Figura 33 – Armazenamento dos painéis no pavimento	55
Figura 34 – Armazenamento dos painéis no pavimento	55
Figura 35 – Saída do módulo para instalação na fachada	56
Figura 36 – Instalação do módulo	56
Figura 37 – Acomodação do módulo no andar inferior.....	57
Figura 38 – Painéis sendo instalados na fachada.....	57
Figura 39 – Instalação de ancoragens auxiliares	58
Figura 40 – Instalação de ancoragens auxiliares com vista dos filmes de proteção .	58
Figura 41 – Instalação de selo corta fogo (<i>fire stop</i>)	59
Figura 42 – Instalação de selo corta fogo (<i>fire stop</i>)	59
Figura 43 – Selo corta fogo instalado (<i>fire stop</i>).....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	10
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo geral.....	11
1.2.2 Metodologia	11
1.3 Estruturação do trabalho.....	11
2 VISÃO GERAL SOBRE AS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARA USO DA FACHADA UNITIZADA NO BRASIL.....	13
2.1 Definição e características técnicas.....	13
2.2 Aplicação	14
2.3 Projeto.....	14
2.4 Transporte e recebimento	15
2.5 Execução (planejamento e instalação)	16
2.6 Manutenção	18
3 ESTUDO DE CASO	20
3.1 Descrição da empresa	20
3.2 Descrição da obra	20
3.3 Projeto e ensaios	21
3.3.1 Projetos	21
3.3.2 Ensaios.....	24
3.4 Procedimento de execução.....	26
3.4.1 Processo de fabricação e instalação	26
3.4.2 Escaneamento da estrutura.....	27
3.4.3 Locação das ancoragens.....	29
3.4.4 Logística e montagem dos painéis	32
4 DISCUSSÃO	40

5 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS.....	45
ANEXO A – PROPOSTA DE PROCEDIMENTO.....	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A escolha da vedação vertical de um edifício comercial em uma cidade como São Paulo é muito mais do que uma questão prática de arquitetura e acabamento: é o que dá identidade e diferencia um empreendimento dos demais. Em um mercado altamente competitivo, a localização, o acesso, a infraestrutura da região, a aparência e a imponência de um edifício destacam-se na escolha dos futuros proprietários.

Quando se projeta uma fachada, deve-se analisar qual é a expectativa de retorno, se é estética, energética ou ambas. A função primordial de uma fachada é proteger o interior do edifício: para tanto, ela deve apresentar alta estanqueidade a água, poeira e isolamento a ruídos, aliada a rigidez, durabilidade e baixo custo de manutenção. Em um segundo momento, pode-se pensar em fornecimento de luz, calor e ventilação. Adiciona-se a tudo isso o conceito de baixo impacto ambiental e a busca por conforto térmico, acústico e luminoso e pela eficiência energética.

Fazendo uma busca profunda por informações, cases e normas, verificou-se a carência de bibliografia e normalização no Brasil.

Em consulta ao projetista de esquadrias de alumínio Crescêncio Petrucci (2018)¹, este informou que as normas utilizadas e aplicadas para o desenvolvimento de fachadas unitizadas são as mesmas aplicadas para as esquadrias de alumínio encaixilhadas, ou seja, não existem normas específicas para a execução de fachadas unitizadas em vidro.

As informações da obra que embasam o estudo de caso desta monografia foram obtidas por meio do acompanhamento da execução da obra, esta feita pela construtora Rocontec, na qual o autor desta monografia trabalha atualmente.

Diante deste contexto, este trabalho propõe um procedimento executivo de fachadas unitizadas em vidro.

¹ Informação fornecida por Crescêncio Petrucci durante consultoria/entrevista. São Paulo, abril de 2018.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar uma proposta de procedimento executivo de fachadas em pele de vidro unitizada que estará anexa à esta monografia.

1.2.2 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisa bibliográfica e de campo, tomando como base revistas, catálogos dos principais fornecedores, livros, normas, dissertações e teses.

Foi feita uma entrevista com o consultor de esquadrias Crescêncio Petrucci, na qual foram obtidas informações pertinentes desde o desenvolvimento de um projeto até a definição da logística e montagem em obra.

A pesquisa de campo apresenta um estudo exploratório com o método executivo e ensaios (estanqueidade à água e penetração de ar e resistências às cargas de vento).

Destaca-se que o autor desta pesquisa participou no desenvolvimento, orçamento e execução da fachada unitizada do empreendimento objeto do estudo de caso, com facilidade de acesso às informações pertinentes.

1.3 Estruturação do trabalho

Este trabalho é composto por seis seções e um anexo: a seção 1 é formada pela introdução, organizada em justificativa, objetivos, metodologia e estruturação do trabalho; na seção 2, são apresentadas a conceituação e a visão geral sobre as informações disponíveis para uso da fachada unitizada no Brasil; a seção 3 retrata o

estudo exploratório por meio do estudo de caso; na seção 4, é apresentada a discussão do estudo de caso; a seção 5 traz uma análise crítica do estudo de caso e a conclusão do trabalho; a seção 6 apresenta a revisão bibliográfica; e, por fim, o anexo é uma proposta de procedimento executivo.

2 VISÃO GERAL SOBRE AS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARA USO DA FACHADA UNITIZADA NO BRASIL

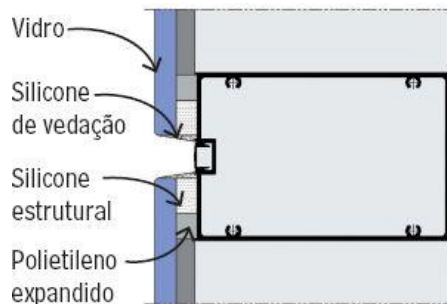
2.1 Definição e características técnicas

O livro Alternativas Tecnológicas para Edificações (PINI, 2008) define fachada unitizada como o sistema que “consiste em formar o conjunto vidro e caixilho promovendo a instalação conjunta de colunas ‘subdivididas’. A fachada é modular, na qual cada módulo tem uma coluna desmembrada em macho-e-fêmea e a altura do pé direito” (p. 195).

De acordo com Fernando Benigno da Silva (2011), esse sistema

é composto de perfis de alumínio, montantes, travessas, arremates, componentes de acionamento e de fixação, insertos e vidros. Estes perfis podem receber pintura eletrostática poliéster, polivinilideno (PVDF) ou anodização eletrolítica. Os componentes do sistema são chumbadores e parafusos de aço inox, calços contínuos de material isolante (como polietilenos, silicones de cura neutra bicomponente e estrutural), componentes de acionamento, revestimento metálico de alumínio composto, granito, cerâmica, vidro, vidro serigrafado, etc.

Figura 1 – Colagem do vidro(fixação do vidro ao perfil com silicone estrutural)



Fonte: Da Silva (2011).

O sistema unitizado passou a ser adotado pelo mercado nacional de construção civil no início do século XXI, para reduzir etapas na instalação de fachadas em vidro. Ele é composto por módulos pré-fabricados sob medida, os quais chegam na obra prontos para serem fixados nas ancoragens, de uma laje à outra; às vezes, em poucas ocasiões, a colagem dos vidros é feita na obra.

Uma vantagem adicional é a possibilidade de os módulos do sistema unitizado serem colocados ainda durante a execução da obra, pela parte interna. “Dessa

forma, uma equipe de instaladores trabalha no andar de baixo e outra no andar de cima com auxílio de equipamentos de elevação” (BONAFÉ, 201-).

A tecnologia de módulos unitizados para execução de fachadas vem conquistando espaço desde que chegou ao Brasil. Muitas construtoras optam por esse sistema em obras de edifícios comerciais e corporativos, buscando produtividade e racionalização.

Os caixilhos são produzidos e montados em indústrias, com gaxetas, selantes, vidros e eventuais acessórios. Com isso, as peças chegam prontas para instalação nos locais de execução das fachadas, o que favorece a rapidez na montagem. “Além disso, a industrialização dos módulos faz com que se tenha um controle do desempenho em relação à produção”, garante o consultor Antonio Cardoso, sócio da AC&D Consultoria em Alumínio. (CORSINI, 2013).

2.2 Aplicação

“O sistema unitizado é ideal para conceber fachadas que, geralmente, são constituídas por vidro e alumínio” (BONAFÉ, 201-). De acordo com José Sabione, vice-presidente de Economia e Estatística da AFEAL (Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio) e Diretor da Itefal, empresa fornecedora de fachadas unitizadas, o sistema “é indicado para fachadas que tenham grandes áreas envidraçadas e permitem padronização de painéis em dimensões e tipologias” (BONAFÉ, 201-).

Embora seja empregado com mais frequência em edificações comerciais e outros projetos de grande porte, o sistema unitizado também pode ser aproveitado por empreendimentos de pequeno porte, principalmente se o prazo de término da obra for curto. No entanto, o custo será mais elevado, pois os valores estão intimamente relacionados ao porte das superfícies e aos módulos que as compõem. (BONAFÉ, 201-).

2.3 Projeto

Segundo Corsini (2013),

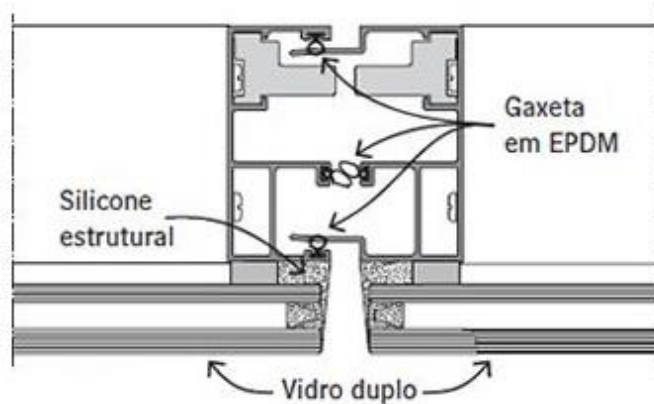
o cálculo para um projeto de fachada unitizada busca, inicialmente, atender às modulações planejadas pelo projeto arquitetônico. "Procura-se sempre verificar se a modulação proposta pelo arquiteto é executável. Há, por exemplo, limites para as chapas de vidro. Também são avaliados os elementos que podem ser aplicados na unitizada, como unidades de

ventilação, folhas, folhas móveis, entre outros", diz Jefferson Santiago, consultor de esquadrias de alumínio e sócio da 5tec. Santiago afirma que o projeto de arquitetura pode prever elementos em dimensões ou configurações que não são regularmente fornecidos no mercado.

[...] Para o conforto acústico e térmico de uma fachada unitizada, o vidro é o elemento mais influente. Mas os perfis dos caixilhos também podem ter características que melhoram o desempenho nesses dois aspectos.

Corsini (2013) afirma ainda que “eventuais vazamentos no sistema unitizado ficam restritos apenas ao módulo afetado, sem transmissão para outros pavimentos, podendo ser corrigido individualmente”.

Figura 2 – Corte mostrando as três câmaras de vedação com as gaxetas em EPDM



Fonte: Corsini (2013).

Para o isolamento acústico, a vedação com o vidro garante boa parte do desempenho. A fixação do vidro no perfil de alumínio é garantida pelo silicone estrutural. As juntas entre os vidros são ocupadas por gaxetas em EPDM, material que também tem boa performance acústica. "Se houver ainda alguma chance de incômodo acústico devido a reverberações no perfil, que normalmente é tubular, é possível preenchê-lo com um material que elimine o movimento de som dentro da peça", diz Souza. (CORSINI, 2013).

A norma brasileira que determina os parâmetros de desempenho para esquadrias é a NBR 10.821:2017 – Esquadrias Externas para Edificações, que também é aplicável às fachadas unitizadas.

2.4 Transporte e recebimento

Na maioria das vezes, os módulos especificados pelos projetos de arquitetura são de grandes dimensões (uma média de 1,25 m x 4 m), contendo de três a seis peças de vidro – dessa forma, geralmente cada módulo tem cerca de 5 m². Devido ao

tamanho das peças, o transporte é uma etapa importante, e existem fábricas especializadas em produzir suportes metálicos específicos para acomodação e transporte dos módulos de forma segura. Os *racks* são montados em dimensões adequadas para acomodar cada módulo de maneira segura, evitando o contato do vidro com qualquer superfície.

Figura 3 – *Rack* metálico modular para transporte dos módulos



Fonte: Imagem de Maurício Feiten. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/fachada-unitizada-da-fabrica%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-instala%C3%A7%C3%A3o-mauricio-feiten>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

É importante que haja uma boa definição e planejamento de toda a logística de montagem dos painéis na fábrica, no momento do transporte interno: como qualquer impacto pode danificar um vidro ou um perfil, é necessário que haja atenção e precisão na realização de cada etapa do transporte.

Já na obra, é necessário haver uma área de descarga e estocagem preliminar no terreno até que ocorra a subida dos módulos para os respectivos pavimentos e posterior montagem na fachada.

2.5 Execução (planejamento e instalação)

“A montagem da fachada unitizada é feita em duas fases: primeiro, são instaladas as ancoragens na edificação para, em seguida, fazer-se a instalação dos módulos”, afirma Corsini (2013). Normalmente a sequência de montagem segue da parte

inferior para a parte superior da edificação, fechando todo o perímetro do andar antes de seguir para o nível superior. “No Brasil, normalmente se dá início à instalação da fachada após a execução de todas as lajes da estrutura do edifício” (CORSINI, 2013). Porém, completa Corsini (2013), “é possível adotar um plano de ataque mais arrojado, com a instalação das esquadrias no mesmo tempo em que os pavimentos superiores são executados” – para esta alternativa, é necessário que a construtora garanta o prumo e a variação dos níveis das lajes.

Os módulos são montados no perímetro, um ao lado do outro, permitindo o fechamento do edifício. O processo segue essa sequência de baixo para cima, sempre por dentro da edificação. Fernando Benigno da Silva nos dá uma lista de fases para a execução do sistema unitizado:

Fases de execução do sistema unitizado:

- Conferência dos eixos
- Instalação dos insertos metálicos
- Içamento com grua dos módulos para o pavimento
- Içamento com minigrua no andar superior ao do andar da instalação, caso seja adotada a execução por este método
- Engaste dos módulos nos insertos

Obs.: Os módulos são encaixados por processo macho e fêmea. (DA SILVA, 2011).

Em Corsini, vemos que

a primeira fase da instalação dos módulos consiste no posicionamento das ancoragens nas bordas das vigas. Elas têm a função de nivelar e estabelecer o prumo da fachada. A logística de instalação envolve os profissionais responsáveis pelo transporte vertical das peças e pela instalação dos módulos nos pavimentos. [...]

Os painéis são içados a partir do nível do terreno e transportados até o vão, onde são posicionados e instalados até completarem o perímetro do pavimento ou a área destinada a receber a fachada. Chegando à posição final, os ganchos localizados na parte interna de cada módulo são encaixados nas ancoragens posicionadas e niveladas na estrutura [...]. Os perfis são acoplados lateralmente por meio de encaixes tipo macho e fêmea.

O maior problema na ancoragem [...] é a construtora conseguir manter o prumo da instalação. Já há, no mercado, ancoragens telescópicas que facilitam o nivelamento. "Quando o fornecedor já começa a fabricar os módulos antes da conclusão da obra, a construtora precisa garantir o prumo e o pé-direito dos andares dentro de determinada tolerância", diz Cardoso.

Em poucas situações pode ser utilizada uma central de montagem das esquadrias no próprio canteiro. "O ideal é que o quadro seja montado na fábrica, com todos os componentes, a vedação e a colagem do vidro", diz Souza. Colar o vidro no próprio canteiro de obra não é recomendado porque, normalmente, é difícil realizar a colagem em um local livre de poeira. (CORSINI, 2013).

Para o controle de qualidade em fábrica, segundo Fernando Benigno da Silva, são verificados os seguintes itens:

- Corte e usinagem dos perfis de alumínio
- Produção e montagem dos painéis
- Pintura ou anodização

- Parafusos de aço inox
 - Gaxetas de EPDM
 - Acessórios de drenagem pluvial
 - Silicone de cura neutra
 - Calços de apoio de polietileno
 - Silicone estrutural para colagem do vidro
 - Compostos de acionamento (cremonas e braços de articulação)
- (DA SILVA, 2011).

Ainda segundo o mesmo autor, em obra, o controle de qualidade verifica:

- Isolamento de todo o perímetro seguindo os mesmos procedimentos de fábrica para produção em obra
 - Aprovação da montagem
 - Controle do silicone com ensaios feitos em obra por consultor habilitado. Há preocupação especial com emprego de silicone estrutural em perfis pré-pintados
 - Checagem dos vidros pelos fornecedores
- (DA SILVA, 2011).

2.6 Manutenção

O consultor Crescêncio Petrucci (2018)² recomenda que a limpeza da fachada seja feita a cada seis meses. Fernando Benigno da Silva (2011) dá a mesma recomendação, e acrescenta:

No caso da necessidade da troca de vidro é feito o corte do silicone, remoção do vidro com uso de ventosas, remoção do silicone do perfil, colocação de calços nos lados do perfil prendendo-os ao vidro, preenchimento com silicone estrutural monocomponente e remoção dos calços após a cura do silicone. [...]

Conforme a NBR 15575-1:2008, a vida útil é uma indicação do tempo de vida ou da durabilidade de um edifício e suas partes. A vida útil de projeto (VUP) é definida no projeto do edifício e de suas partes, como uma aproximação da durabilidade desejada pelo usuário, representando uma expressão de caráter econômico de uma exigência do usuário, contemplando custos iniciais, custos de operação e de manutenção ao longo do tempo.

No Brasil, para os edifícios habitacionais, foi adotado, em caráter informativo, o período de 40 anos como vida útil de projeto mínima (VUPmínima) e o período de 60 anos como vida útil de projeto superior (VUPsuperior), sendo que a escolha de um ou outro período cabe aos intervenientes no processo de construção. Para que a vida útil de projeto seja atingida é necessário o emprego de produtos com qualidade compatível, a adoção de processos e técnicas que possibilitem a obtenção da VUP, o cumprimento, por parte do usuário e do condomínio, dos programas de manutenção e das condições de uso previstas. Os aspectos fundamentais de uso e manutenção do edifício e de suas partes normalmente são informados no manual de uso, operação e manutenção do edifício, ou em manuais de fabricantes, sendo que a NBR 5674

² Informação fornecida por Crescêncio Petrucci durante consultoria/entrevista. São Paulo, abril de 2018.

(manutenção de edificações) é uma referência para definição e realização de programas de manutenção nos edifícios.

Associado à VUP está o prazo de garantia, contado a partir da expedição do "Auto de Conclusão" ou "Habite-se" do edifício.

Considerando-se, portanto, os prazos de vida útil mínimo e superior para o edifício habitacional, de 40 e 60 anos, respectivamente, a NBR 15575-1 traz, em caráter informativo, os prazos de VUP e de garantia para fachadas cortina apontados na tabela 1.

Tabela 1 – Vida útil de projeto e prazos de garantia

Elemento construtivo	VUP (anos)		Prazos de garantia (anos)					
	Mínimo	Superior	Mínimo	Superior	Mínimo	Superior	Mínimo	Superior
Fachadas	≥ 40	≥ 60	1	1,5	3	4,5	5	7,5
			Aderência dos selantes		Estanqueidade à água		Segurança e integridade	

Nota: para o nível superior, o prazo de garantia foi acrescido de 50% em relação ao mínimo.

Fonte: Da Silva (2011).

É citada a norma de desempenho que é aplicada para empreendimentos residenciais por falta de normas que definem prazos de manutenção e durabilidade para prédios comerciais.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Descrição da empresa

A empresa responsável pela execução do empreendimento foi a Rocontec Construção e Tecnologia.

O site da empresa traz um breve resumo sobre sua história:

A Rocontec nasce com mais de 35 anos de experiência no mercado de construção civil, praticando Engenharia de Valor e Inovação aos projetos e obras. [...]

Seus sócios exerceram importante papel no desenvolvimento da engenharia no Brasil por mais de três décadas, foram responsáveis pela construção de centenas de prédios residenciais, comerciais, hotéis, shoppings e outros. O foco nas áreas de inovação e tecnologia possibilitou ganhos de produtividade impulsionando o crescimento e liquidez do mercado imobiliário. (ROCONTEC, 2018). [...]

Possuem vasta experiência em empreendimentos Sustentáveis, sendo os responsáveis pela implantação do primeiro empreendimento certificado LEED Platinum do USGBC da América Latina e o 4º fora dos USA, além de diversos Golden e Silver, sendo membros há mais de 15 anos do Comitê de Tecnologia do Sinduscon.³

3.2 Descrição da obra

A obra escolhida para estudo de caso é composta por uma torre comercial de 24 pavimentos, com estrutura reticulada de concreto armado com vigas protendidas e vedações em alvenaria em blocos de concreto.

A vedação externa é composta de pele de vidro, sistema unitizado, totalizando uma área de 10.711,44 m².

³ Informações disponíveis no site da Rocontec em: <<http://rocontec.com.br/a-rocontec/>> e <<http://rocontec.com.br/socios/>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

3.3 Projeto e ensaios

3.3.1 Projetos

Para este empreendimento, o projeto de execução das esquadrias foi desenvolvido pelo fabricante da fachada cortina, com base nos desenhos de esquadrias de alumínio, arquitetura, estrutura de concreto e estrutura metálica, sendo que todos os detalhes e especificações foram de pleno conhecimento da construtora, do projetista de arquitetura e do consultor de esquadrias metálicas.

O projeto do fabricante foi finalizado e, posteriormente, verificado e aprovado pelo consultor de esquadrias de alumínio (escritório de projetos Mário Newton Leme).

As principais normas aplicadas para as premissas e aprovação do projeto foram as seguintes:

- ABNT NBR 10821-2:2017 – Esquadrias para edificações – Parte 2: Esquadrias externas – Requisitos e classificação;
- ABNT NBR 7199:2016 - Vidros na construção civil – Projeto, execução e aplicações;
- ABNT NBR 13756:1996 – Esquadrias de alumínio – Guarnição elastomérica em EPDM para vedação – Especificação;
- ABNT NBR 15737:2009 - Perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial – Colagem de vidros com selante estrutural;
- ABNT NBR NM 293:2004 – Terminologia de vidros planos e dos componentes acessórios a sua aplicação; e
- ABNT NBR 14697:2001 – Vidro laminado.

Para as fachadas cortina, foi definido que o sistema a ser utilizado é o unitizado, devendo os perfis estruturais (colunas e travessas) serem dimensionados para as seguintes pressões:

- pressão de ensaio – 1.700 Pa; e
- pressão de segurança – 2.550 Pa.

No dimensionamento dos perfis, das vedações e das fixações foram considerados os parâmetros estabelecidos na NBR 10821-2 para estanqueidade à água e ao ar, resistência a cargas de vento e funcionamento das esquadrias.

A instalação dos vidros foi feita pelo fabricante da fachada cortina com gaxetas, calços ou silicone estrutural (a cargo do fabricante), de acordo com o projeto executivo de esquadrias de alumínio aprovado.

As gaxetas devem apresentar pressão suficiente sobre o vidro e/ou perfis para garantir a estanqueidade e ter os cantos perfeitamente ajustados.

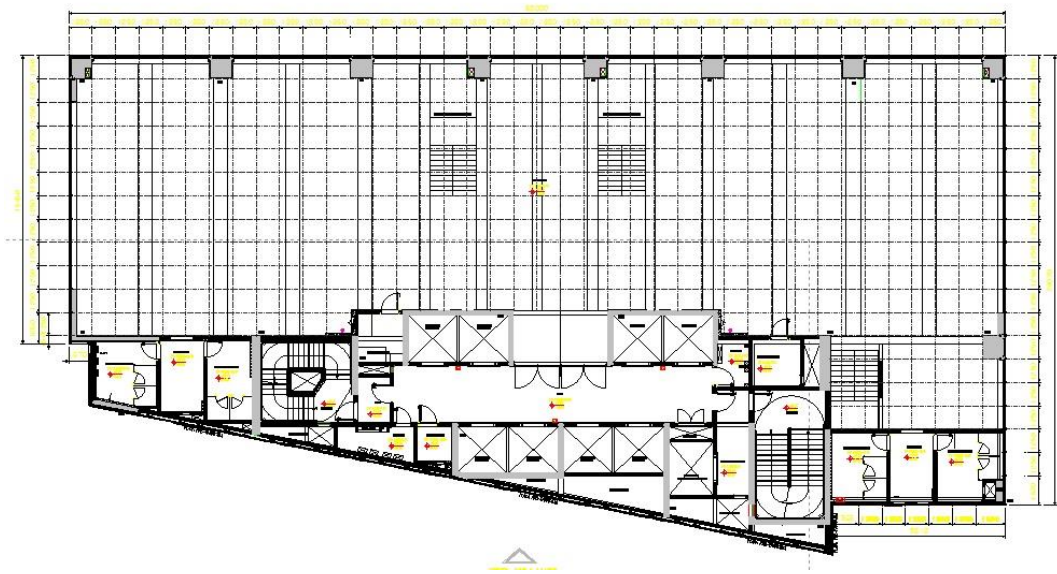
As gaxetas foram dimensionadas de forma a atender aos parâmetros estabelecidos pela norma NBR 13756.

As esquadrias de alumínio foram construídas com perfis extrudados em liga ASTM 6063 dureza T6.

A vedação das esquadrias foi feita com os seguintes materiais:

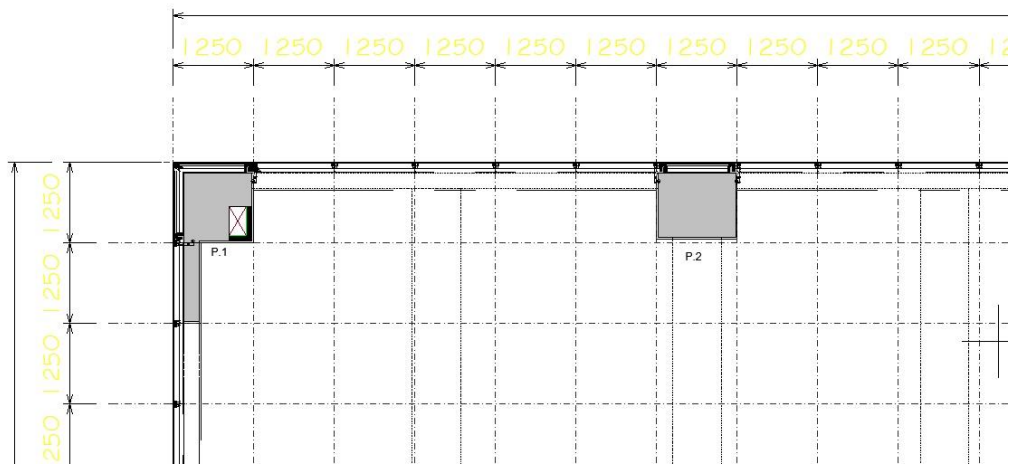
- gaxeta de EPDM: estas guarnições deverão ter dureza de 60 a 70 Shore A e apresentar formato e dimensionamento adequado a uma perfeita estanqueidade; todas as juntas ou emendas devem estar perfeitamente ajustadas e vedadas adequadamente;
- escovas de polipropileno na vedação das folhas móveis, densidade 4, com base e altura da fita em função dos encaixes e distâncias dos perfis, dimensionadas para apresentar uma compressão mínima de 30% nas folhas *maxim-ar* e batente e de 40% e 50% nas folhas de correr, com escovas de base 7 mm e 5 mm, respectivamente; e
- massa de silicone da marca Dow Corning DC 791 ou SWS da Momentive, em cor compatível com a anodização (na vedação de todas as juntas e tampas de colunas, na meia esquadria das folhas, nos quadros e marcos, na junção dos peitoris aos marcos laterais, no contramarco/marco e em quaisquer outras partes das esquadrias sujeitas a infiltrações). A aplicação da massa de silicone deverá ser efetuada em superfícies totalmente limpas e secas (a limpeza dos locais de aplicação deve ser feita com álcool isopropílico). Na vedação com massa de silicone, só serão aprovados detalhes em locais adequados e protegidos (a massa de silicone não pode ser utilizada na vedação de perfil de topo, cordão sobreposto e aparente etc.).

Figura 4 – Projeto pavimento tipo



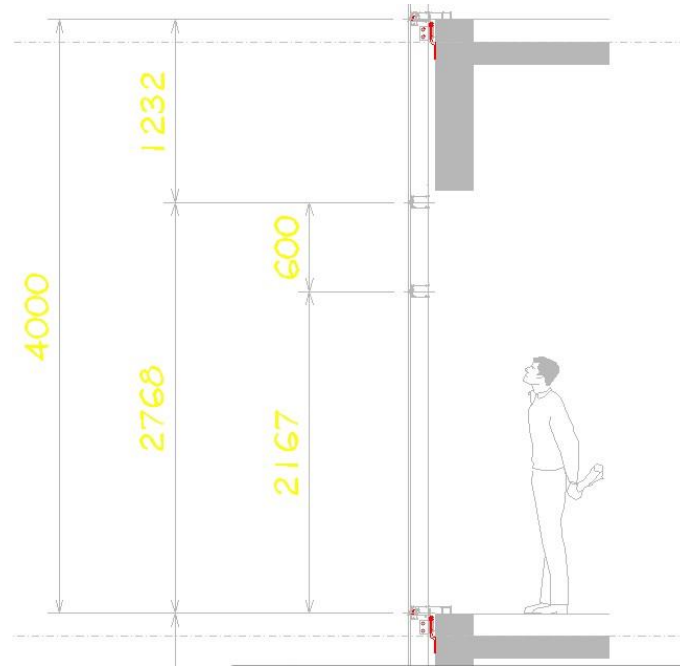
Fonte: Imagem cedida por Mário Newton Leme, responsável pelo projeto.

Figura 5 – Projeto do pavimento tipo ampliado (largura dos módulos: 1,25 m)



Fonte: Imagem cedida por Mário Newton Leme, responsável pelo projeto.

Figura 6 – Corte com a altura de 4 m dos módulos do pavimento tipo



Fonte: Imagem cedida por Mário Newton Leme, responsável pelo projeto.

3.3.2 Ensaios

Após a verificação do projeto do fabricante e a aprovação pelo consultor, foram feitos ensaios em protótipos no Instituto Tecnológico da Construção Civil (ITEC), a fim de garantir a qualidade e o desempenho das esquadrias, que devem atingir o nível de desempenho superior nos seguintes ensaios:

- estanqueidade à água e penetração de ar; e
- resistência às cargas de vento.

Para o teste de estanqueidade, além das pressões estabelecidas na norma, foram acrescentados estágios até atingir a pressão de ensaio de 1.700Pa e a pressão de segurança de 2.550 Pa.

Figura 7 – Módulo de ensaio ITEC (estanqueidade e pressão)



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

No primeiro ensaio realizado, o protótipo ensaiado não resistiu às pressões de projeto, apresentando alguns pontos com vazamentos.

O projeto foi então revisado, e foi necessário adicionar reforço estrutural e nas vedações em alguns trechos.

Os ajustes foram realizados, e o módulo passou no segundo ensaio; assim, foi liberado o início da produção dos painéis.

3.4 Procedimento de execução

3.4.1 Processo de fabricação e instalação

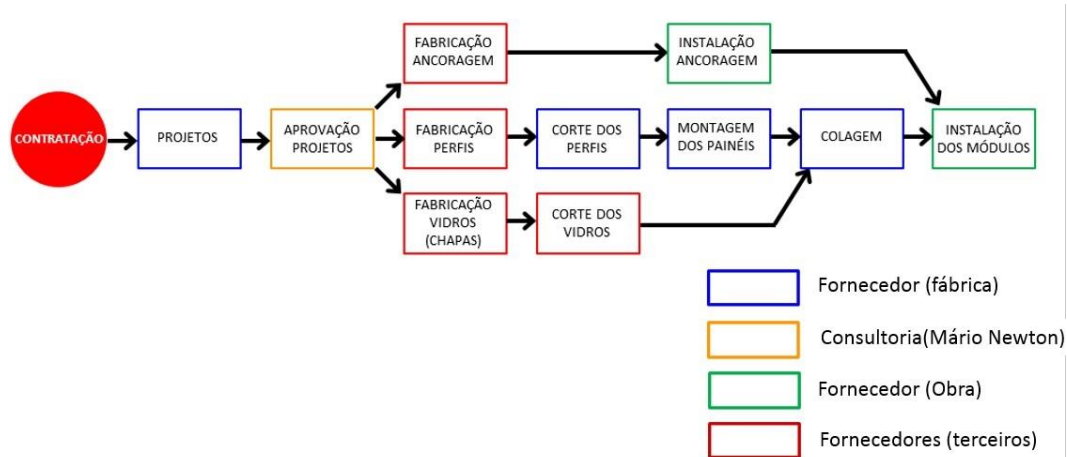
Os projetos executivos e de produção para a obra foram responsabilidade do fornecedor da fachada cortina. Esses projetos foram embasados pelas normas vigentes e premissas do consultor de esquadrias de alumínio. Após a finalização do projeto por parte do fornecedor da fachada, este foi encaminhado para o consultor de esquadrias, que analisou e verificou se estava de acordo com todas as normas e premissas enviadas e, assim, liberou os projetos para o início da produção dos módulos na fábrica.

Após a liberação do consultor, o fornecedor da fachada iniciou o corte dos perfis, montagem dos painéis e colagem dos vidros, todos executados na fábrica. Ficou estabelecido que todos os painéis chegariam na obra montados com os vidros colados – na obra, só seria feita a montagem dos painéis na fachada. A colagem dos vidros na fábrica favorece o controle do ambiente, sem particulados, sem umidade, e com controle de produção mais aferido do que um ambiente de obra, onde diversos serviços acontecem ao mesmo tempo.

Durante essa fase de produção dos painéis na fábrica do fornecedor, a obra iniciou a instalação das ancoragens na estrutura e montou a logística para recebimento dos painéis no térreo (ponte rolante) e para a subida dos painéis e armazenamento nos andares (minigrua) e instalação na fachada (monovia).

Por fim, os caminhões com os painéis eram recebidos pela rua Francisco Tramontano, descarregados no térreo e, posteriormente, subiam para os andares e eram instalados na fachada.

Figura 8 – Diagrama do processo



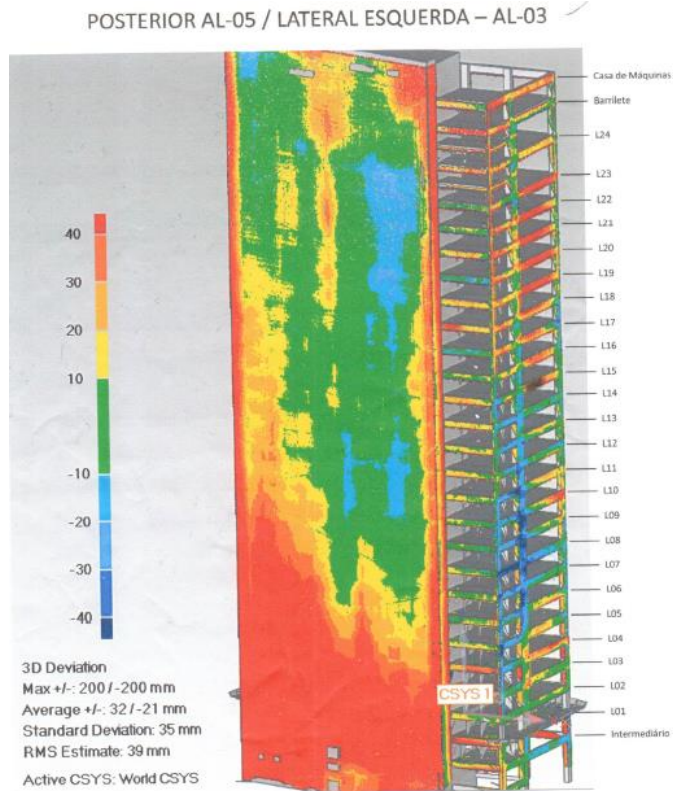
Fonte: Diagrama produzido pelo autor.

3.4.2 Escaneamento da estrutura

Antes de o fornecedor iniciar a produção dos painéis, é feito um escaneamento da estrutura, visando verificar os níveis das lajes e o prumo da estrutura. Com esse escaneamento, consegue-se traçar os planos horizontais e verticais e a saída da fachada cortina.

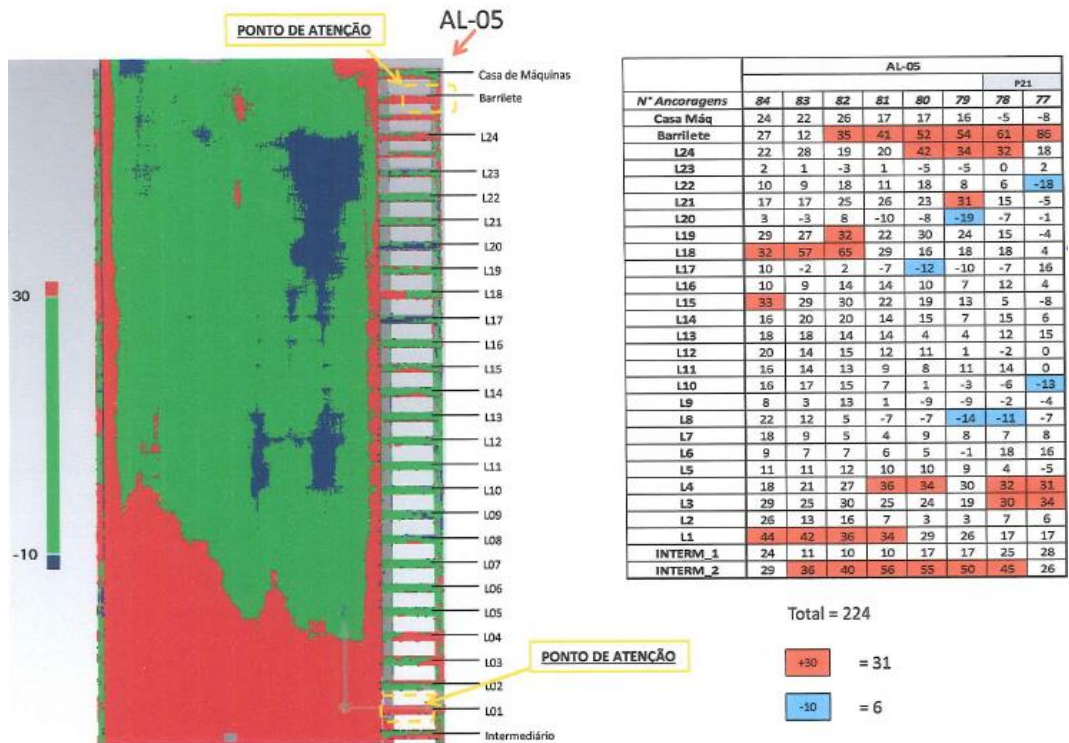
Esse processo é feito com escâneres a laser, colocados nas faces das vigas e lajes da estrutura; assim, é possível medir as variações de prumo e nivelamento.

Figura 9 – Resultado do escaneamento da estrutura da obra da Torre AK



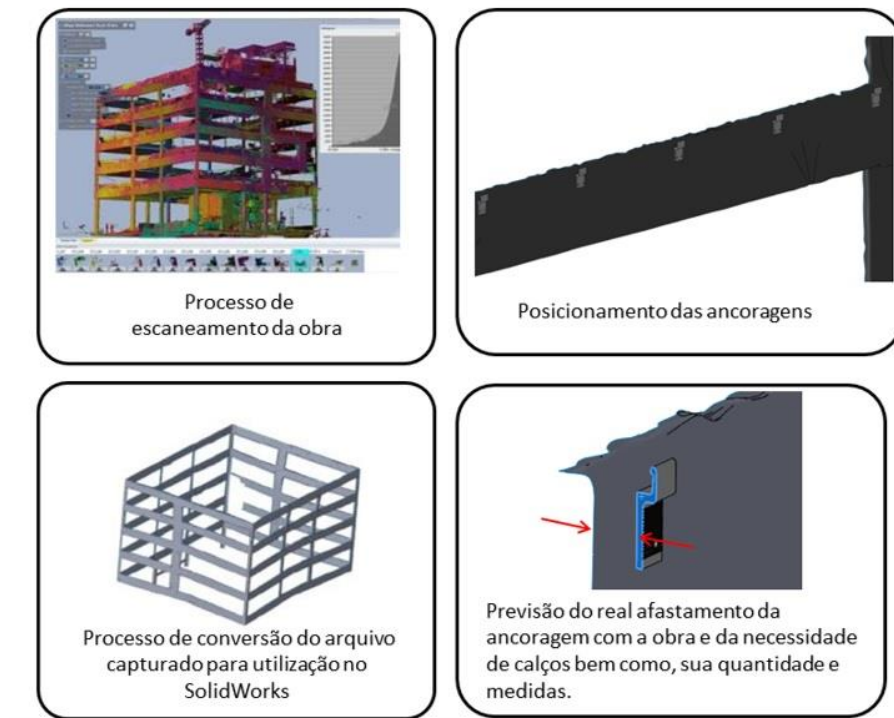
Fonte: Relatório da obra cedido pela construtora Rocontec.

Figura 10 – Resultado do escaneamento da estrutura da obra da Torre AK



Fonte: Relatório da obra cedido pela construtora Rocontec.

Figura 11 – Exemplo de escaneamento da obra e definição do afastamento da ancoragem



Fonte: Imagens fornecidas pela empresa de fachadas e revestimentos Itetal.

3.4.3 Locação das ancoragens

Após o escaneamento da fachada, define-se quais serão os planos de locação das ancoragens e suas tolerâncias e inicia-se a locação das ancoragens com chumbadores químicos.

Figura 12 – Locação das ancoragens na estrutura



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Foram realizados dois testes de tração nos chumbadores químicos (chumbador químico hardinc VI 1101) a cada três lajes, conforme especificado pelo consultor de esquadrias, simulando a pior situação das ancoragens já instaladas.

As instalações dos dois pontos de fixação foram seguindo todos os procedimentos, dando ênfase à limpeza do furo. Estes dois pontos de fixação que foram instalados no momento do teste tiveram intervalo de duas horas entre a aplicação e o ensaio de arrancamento.

Figura 13 – Ensaio de arrancamento dos chumbadores



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Figura 14 – Ensaio de arrancamento dos chumbadores



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Tabela 2 – Resultado dos ensaios da obra estudo de caso, Torre AK

Chumbador	Prisioneiro (aço inox)	Viga de concreto (30 Mpa)	
		Emb.	Carga obtida
VI 1101	3/8" x 170 mm	90 mm	3.820 Kgf
VI 1101	3/8" x 170 mm	85 mm	3.800 Kgf

Fonte: Tabela produzida pelo autor com base nos ensaios de arrancamento dos chumbadores na obra estudo de caso, Torre AK. 2017.

Diante dos resultados obtidos, onde os chumbadores atenderam os objetivos de sua aplicação, a não ruptura do concreto.

No primeiro teste, ocorreu o escoamento da porca, e no segundo, o escoamento do aço; esse resultado atendeu à solicitação do consultor de esquadrias.

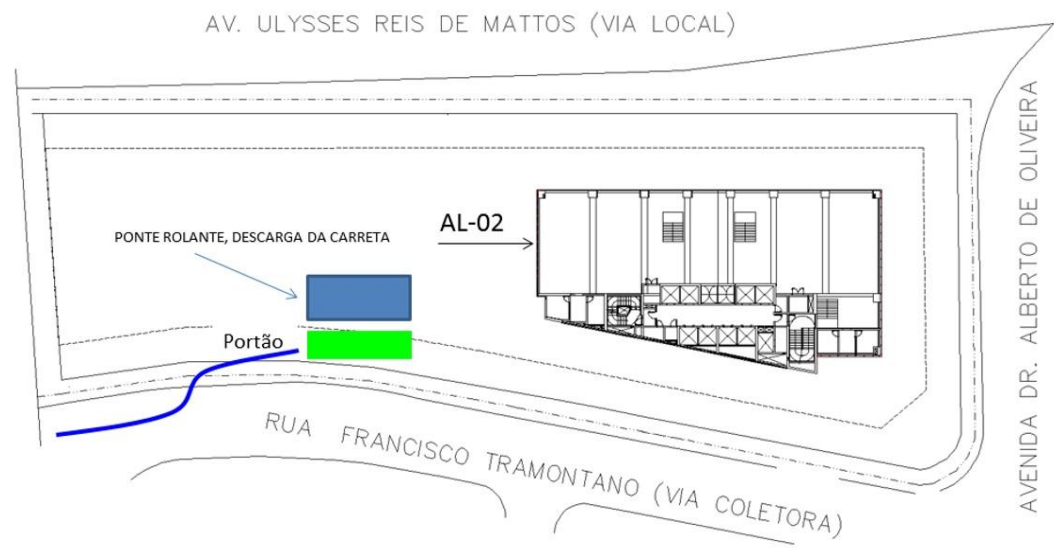
3.4.4 Logística e montagem dos painéis

A chegada dos caminhões com os módulos foi realizada pela rua Francisco Tramontano, 100.

Para a descarga dos caminhões e manuseio inicial dos painéis, foi montada uma ponte rolante, que descarregava os caminhões e deixava os painéis na área onde a minigrua instalada na torre poderia içá-los.

Cada caminhão transportava 36 módulos, e a frequência do transporte era intercalada: três vezes em uma semana e duas vezes na semana seguinte, a fim de que o estoque no térreo não ficasse com muitos painéis expostos ao tempo.

Figura 15 – Logística da chegada do material na obra



Fonte: Indicações produzidas pelo autor sobre imagem de planta cedida pela Rocontec. 2017.

Figura 16 – Ponte rolante descarregando os caminhões com os módulos



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Figura 17 – Ponte rolante descarregando os módulos



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Figura 18 – Estoque ao lado da ponte rolante e próxima a torre

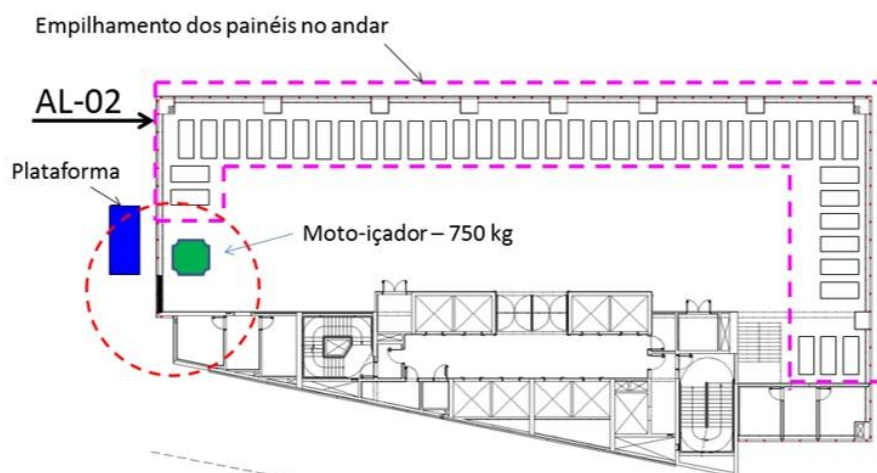


Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Para o içamento dos módulos, foi montado um sistema moto içador de 750 kg posicionado na fachada AL-02, visando a menor interferência possível na fachada. Este subia os módulos e os estocava nos andares, nas posições onde seriam instalados.

Figura 19 – Estoque dos painéis nos andares

SUBIDA DOS MÓDULOS E EMPILHAMENTO NO ANDAR

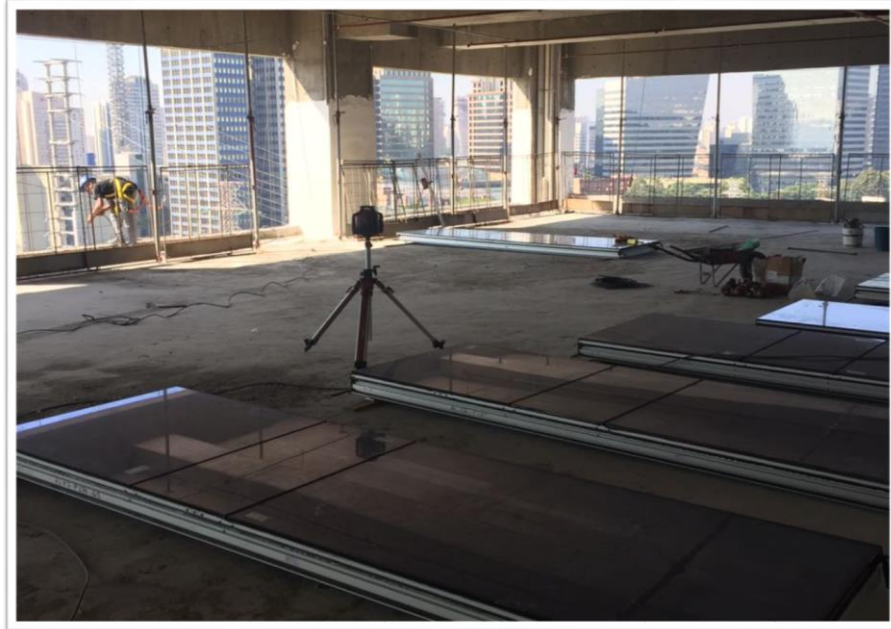


Posição da mini grua é na fachada AL-02
Após a subida, os módulos são empilhados no máximo em 4 peças.

Fonte: Indicações produzidas pelo autor sobre imagem de planta cedida pela Rocontec. 2017.

Foi instalada uma plataforma no andar para o descarregamento dos módulos paletizados.

Figura 20 – Estoque dos painéis nos andares



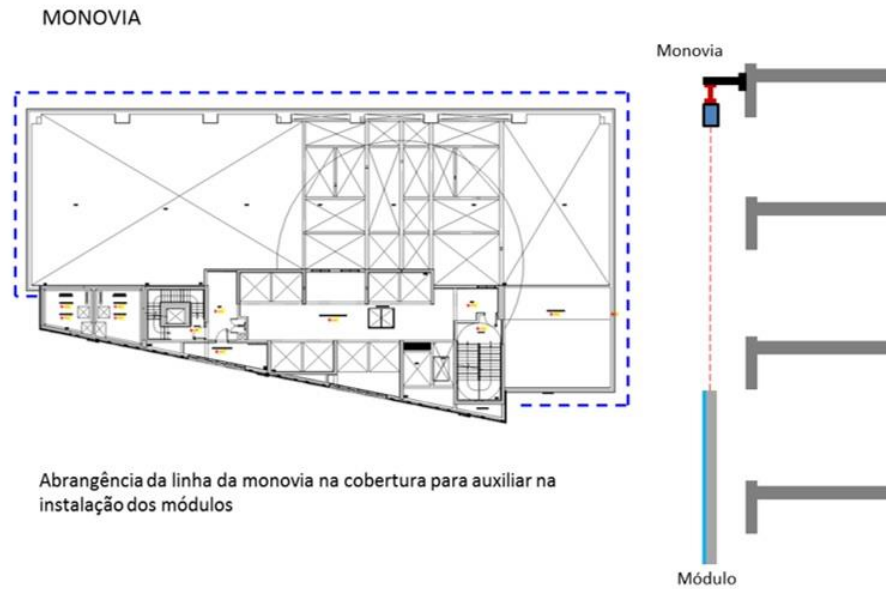
Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Após as subidas dos painéis, e armazenamento deles nos pavimentos, conforme identificações, iniciou-se a montagem dos painéis.

Com o auxílio de um nível a laser, são verificados o nivelamento e o prumo dos painéis.

Para a locação dos painéis na fachada, foi utilizada uma monovia que foi montada na cobertura da torre.

Figura 21 – Monovia para instalação dos módulos na fachada



Fonte: Indicações produzidas pelo autor sobre imagem de planta cedida pela Rocontec. 2017.

A saída da pele de vidro é um momento crítico, pois, se houver desníveis ou desaprumos, por menores que sejam, estes podem acarretar um desnivelamento acumulado no fechamento da fachada.

Figura 22 – Saída da pele de vidro



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Figura 23 – Início da montagem da pele de vidro



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Figura 24 – Instalação dos módulos



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Figura 25 – Instalação dos módulos



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

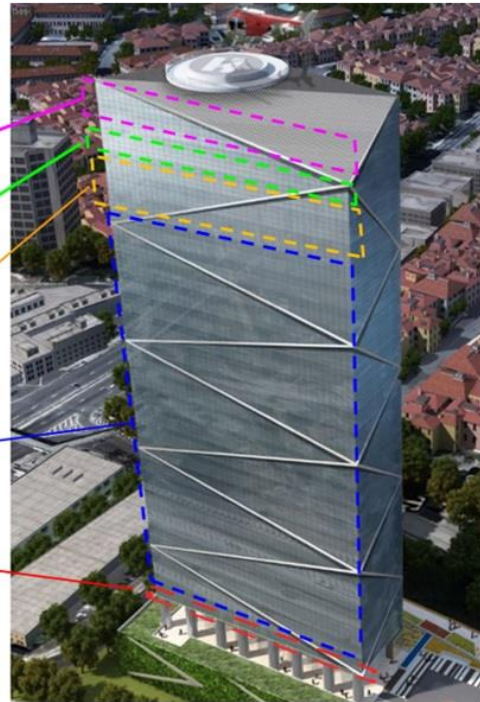
A obra continha uma quantidade total de 2.212 módulos – 79 módulos por pavimento tipo.

A obra foi executada no prazo total de seis meses, e a produtividade média alcançada foi a de 19 módulos por dia.

Figura 26 – Quantidade de módulos

QUANTIDADE DE MÓDULOS

MÓDULO	QTDE
Cobertura (Modelados)	79
Barrilete (25º Andar)	79
Tipo II (23º e 24º Andar – Painéis de pé direito duplo)	158
Tipo I (Interm. Ao 22º Andar)	1.817
Saída	79
TOTAL	2.212



Fonte: Imagem cedida pela construtora Rocontec e indicações e tabela produzidas pelo autor. 2017.

4 DISCUSSÃO

Para a boa execução de uma fachada unitizada, é necessário ter um projeto de produção com as informações necessárias para que a execução seja bem realizada, minimizando possíveis desvios de custos e retrabalhos. Dentre essas informações se destacam: modulação dos painéis, dimensionamento dos perfis, processo de colagem dos vidros nos painéis, detalhamento do chumbamento das ancoragens, definição da logística e escaneamento/mapeamento da estrutura – o escaneamento é um dos mais importantes itens a serem verificados, porque serve como base para a definição dos planos das fachadas e níveis a serem seguidos na execução.

A primeira definição para a partida do projeto de produção é a modulação dos painéis, que é definida primeiramente pela arquitetura e, depois, aprovada juntamente com o consultor de esquadrias. Após a escolha da modulação, são definidos os dimensionamentos dos perfis e qual será o processo de colagem dos vidros.

Depois de executado o projeto inicial, é fundamental compatibilizar as informações de projeto com as informações no local, para minimizar as probabilidades de erro no momento da execução.

O fornecedor instalador do sistema de fachada unitizada ficou com a responsabilidade de desenvolver os projetos de fabricação e montagem, identificar, desenvolver e fabricar as ferramentas necessárias para os componentes da fachada e fornecer a lista de vidros com as suas dimensões de corte para o fornecedor do vidro.

Já à construtora coube desenvolver desde o início o planejamento, monitoramento, execução e controle.

O planejamento foi feito por meio de cronogramas e planos de ataque que estabeleceram a sequência de fabricação e montagem da fachada e logística do canteiro – definindo, de forma conjunta com o fornecedor da fachada cortina e com o consultor de esquadrias, as principais etapas de fabricação da fachada, como o local onde seria realizada a colagem dos vidros, os equipamentos que seriam utilizados e os locais e as quantidades dos painéis a serem armazenados nos pavimentos. Ficou definido que a montagem e colagem dos painéis seriam realizadas na fábrica do fornecedor, e que os equipamentos utilizados seriam uma monovia para a

montagem dos painéis, uma minigrua para içamento dos painéis do térreo até os pavimentos e uma ponte rolante para descarregamento dos caminhões.

O monitoramento, a execução e o controle se aplicam tanto às etapas de instalação/montagem das fachadas na obra quanto às etapas de desenvolvimento dos projetos de fabricação e da fabricação dos componentes.

O estudo de caso mostrou que, mesmo com iniciativas pertinentes da construtora, houve situações que acabaram gerando retrabalhos e gastos que poderiam ser evitados.

Quanto às especificações técnicas, é importante dar atenção às necessidades de ensaios laboratoriais e ensaios de verificação de estanqueidade e de comportamento sob cargas uniformemente distribuídas. Esses ensaios são realizados em laboratórios específicos, em protótipos projetados especialmente para os ensaios, com condições idênticas às que serão utilizadas nas fachadas no que diz respeito tanto às especificações técnicas quanto ao sistema de funcionamento e instalação. As recomendações conforme as normas e especificações dos ensaios foram fornecidas pelo consultor de esquadrias.

Os ensaios foram acompanhados por um representante do fornecedor da fachada cortina, do consultor, da construtora e do cliente. O laboratório responsável pelo ensaio (ITEC) emitiu um relatório informando como o ensaio foi conduzido e o resultado obtido. Com base nesse relatório, o consultor de esquadrias emite seu parecer, aprovando ou reprovando o protótipo ensaiado.

O projeto pré-executivo de produção, elaborado pelo fornecedor da fachada e aprovado pelo consultor de esquadrias, embasou o protótipo para os ensaios de estanqueidade a água e penetração de ar e de resistências às cargas de vento. O primeiro ensaio não alcançou o desempenho esperado, apresentando vazamento antes de alcançar a carga mínima de pressão.

O projeto foi revisado, e foi necessário o reforço estrutural (perfis) e das vedações em alguns trechos.

No segundo protótipo, os ensaios realizados alcançaram os resultados esperados, e então o consultor de esquadrias emitiu seu parecer, aprovando o protótipo e, assim, liberando o fabricante para o início da produção dos painéis.

Um segundo ponto importante que precisou ser reajustado em obra foi a saída da pele de vidro no primeiro pavimento.

No início da execução, houve um erro de nivelamento dos primeiros painéis, ocasionando um erro acumulado, e no final do fechamento do primeiro pavimento e início do segundo, foi identificada uma variação maior que a tolerância especificada. Foi necessário remover os painéis que já haviam sido instalados, revisar o nível e reinstalar os painéis.

No momento do escaneamento da estrutura da obra, verificou-se grandes desvios nos níveis das lajes e vigas – desvios em torno de 5 cm a 7 cm (prumo), enquanto a tolerância de projeto de esquadrias inicial era de no máximo 4 cm.

Os painéis dos pavimentos tipos tinham uma altura de 4 m, e devido a esses desvios em alguns pavimentos, as ancoragens precisaram ser produzidas especialmente para a obra, fugindo dos padrões de mercado, o que levou a um aumento de custo de aproximadamente 25% nas ancoragens.

Esses desníveis poderiam ser evitados se a obra tivesse sido acompanhada de maneira mais efetiva durante a produção das formas e concretagens, minimizando os desvios no nivelamento da forma.

Outra questão importante, verificada durante a montagem da fachada, é que a construtora não possuía um procedimento executivo específico para a execução do serviço. Desde a produção na fábrica até a instalação na obra, foram seguidos os padrões do fornecedor e especificações do consultor de esquadrias. Esse ponto é de grande relevância, pois serve como base de verificação e acompanhamento dos serviços executados pelo fornecedor da fachada cortina, passando até pela manutenção da fachada após o término dos serviços.

Como resultado dessa falta de procedimento e como objetivo deste trabalho, estará anexa a esta monografia uma proposta de procedimento executivo de fachadas em pele de vidro unitizada.

5 CONCLUSÕES

Quanto aos objetivos, o estudo de caso (tanto a execução da obra quanto os projetos de produção do fabricante e relatórios do consultor de esquadrias em conjunto com as normas que se fazem pertinentes) forneceu dados suficientes para a proposta de procedimento executivo de fachadas unitizadas em vidro, alcançando o objetivo.

A metodologia foi utilizada a fim de verificar, de forma prática, o estudo de caso: análise dos projetos de produção e relatórios do consultor de esquadrias, entrevista com projetista, catálogos dos principais fornecedores e as normas aplicáveis.

No estudo de caso, foi possível observar que houve, no projeto, a necessidade de verificação e revisão devido a não aprovação dos protótipos no ensaio de estanqueidade à água e de resistências às cargas de vento.

Também no estudo de caso, foi detalhada a logística de chegada dos painéis na obra, passando pelo recebimento na rua Francisco Tramontano e pela montagem dos equipamentos necessários até o descarregamento dos caminhões e subida e instalação dos painéis da fachada (monovia, minigrua e ponte rolante).

Já na execução da obra, ocorreram erros pertinentes à fase estrutural, desníveis elevados que ocasionaram a necessidade de produção de ancoragens específicas para a obra, o que gerou custos adicionais, já que essas ancoragens fogem dos padrões de mercado.

A produtividade alcançada na execução em obra foi a média de mercado: aproximadamente vinte painéis por dia, alcançando o cronograma proposto na fase de projetos.

Na discussão, foram destacados os principais pontos que acabaram sendo revisados durante a fase de projeto e na execução, passando pelas definições específicas de cada etapa e de cada responsável por parte do processo (projetista, fornecedor da fachada e construtora).

Também foi destacada na discussão a necessidade da realização de dois ensaios de carga uniformemente distribuída, tendo em vista que o primeiro protótipo ensaiado falhou antes de chegar à carga especificada em norma.

Como resultado principal, anexa à esta monografia, está uma proposta para procedimento executivo de fachadas unitizadas em vidro, detalhando os materiais e

equipamentos necessários, passando pelo método executivo, desde a chegada dos painéis em obra, locação das ancoragens e instalação dos painéis, até a aplicação do selo corta fogo (*fire stop*).

A proposta anexa detalha também a produção dos painéis na fábrica, bem como o tamanho dos vãos e tolerâncias, as especificações dos silicones a serem aplicados, a forma correta de colagem dos vidros e o transporte interno e externo, até a entrega no canteiro.

Como sugestões para continuidade deste trabalho, propõe-se que possa haver uma reflexão em detalhar melhor todas as etapas de execução, desde a produção dos perfis, fabricação dos módulos, colagem dos vidros, transporte, logística na obra e montagem.

Acredita-se que haja a necessidade de uma norma específica para fachadas unitizadas, tendo em vista as funções exercidas por esse sistema (vedação, isolamento térmico, isolamento acústico, luminosidade etc.), sua complexidade desde a fase de projeto até a execução e as interfaces entre diversas etapas da obra (estrutura, vedações e instalações).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-2**: Esquadrias para edificações. Parte 2: Esquadrias externas: requisitos e classificação. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 10820**: Caixilhos para edificação: Janela. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 10831**: Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial: Janelas.

_____. **NBR 13756**: Esquadrias de alumínio: Guarnição elastomérica em EPDM para vedação: Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 14697**: Vidro laminado. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 15737**: Perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial: Colagem de vidros com selante estrutural. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 293**: Terminologia de vidros planos e dos componentes acessórios a sua aplicação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 6485**: Caixilho para edificação: Janela e porta externa: Verificação de penetração do ar. Rio de Janeiro, 2000a.

_____. **NBR 6486**: Caixilho para edificação: Janela e porta externa: Verificação de estanqueidade à água. Rio de Janeiro, 2000b.

_____. **NBR 6487**: Caixilho para edificação: Janela e porta externa: Verificação do comportamento, quando submetido a cargas uniformemente distribuídas. Rio de Janeiro, 2000c.

_____. **NBR 7199**: Vidros na construção civil: Projeto, execução e aplicações. Rio de Janeiro, 2016.

BONAFÉ, Gabriel. Sistema unitizado agiliza instalação de fachadas. 201-. AECweb. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/sistema-unitizado-agiliza-instalacao-de-fachadas_12107_10_0>. Acesso em: 10 jul. 2018.

CARDOSO, Antonio B. **Esquadrias de alumínio no Brasil**: histórico, tecnologia, linhas atuais, gráficos de desempenho. ProEditores associados/prolivros, 2004.

CORSINI, Rodnei. Módulos rápidos: sistema de fachadas unitizadas com caixilhos pré-fabricados favorece alta produtividade em obras de edifícios comerciais e corporativos. **Téchne**, 191, fev. 2013. Disponível em:

<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/191/modulos-rapidos-sistema-de-fachadas-unitizadas-com-caixilhos-pre-fabricados-288022-1.aspx>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

DA SILVA, Fernando Benigno. Sistema unitizado de fachadas modulares. **Téchne**, 181, 2011. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/181/artigo287934-4.aspx>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

PINI (Org.). **Alternativas tecnológicas para edificações**. Vol. 1. São Paulo: Pini, 2008. 237 p.

PINI (Org.). **Manual técnico de caixilhos/janelas**. São Paulo: Pini, 1992.

ANEXO A – PROPOSTA DE PROCEDIMENTO

Objetivo

Orientar a execução do serviço e estabelecer critérios para sua verificação e aprovação.

Aplicação do procedimento

Este procedimento é aplicado às obras com fachadas unitizadas em vidro.

Documentos de referência:

- projeto de arquitetura;
- ficha de verificação de serviço (FVS) de esquadrias de alumínio/fachada unitizada;
- ABNT NBR 10821-2:2017 – Esquadrias para edificações: Parte 2: Esquadrias externas: Requisitos e classificação;
- ABNT NBR 7199:2016 – Vidros na construção civil: Projeto, execução e aplicações;
- ABNT NBR 13756:1996 – Esquadrias de alumínio: Guarnição elastomérica em EPDM para vedação: Especificação;
- ABNT NBR 15737:2009 – Perfis de alumínio e suas ligas com acabamento superficial: Colagem de vidros com selante estrutural;
- ABNT NBR NM 293:2004 – Terminologia de vidros planos e dos componentes acessórios a sua aplicação;
- ABNT NBR 14697:2001 – Vidro laminado;
- projeto do consultor de esquadrias de alumínio; e
- projeto de produção do fornecedor de fachada unitizada.

Materiais e equipamentos:

- ancoragens;
- andaimes;
- balancins e/ou monovia;
- minigrua;
- guincho *spider*;
- painéis em alumínio com vidros colados e gaxetas em EPDM instaladas;
- esquadro metálico;
- prumo de face e nível bolha;
- nível a laser;
- plataforma para movimentação dos painéis;
- silicone estrutural;
- selo corta fogo – *fire stop*;
- estronca de madeira;
- cunha; e
- cavaletes para a armazenagem.

Método executivo**Condições para início dos serviços:**

- todos os equipamentos de proteção individual (EPI) e equipamentos de proteção coletiva (EPC) deverão estar à disposição dos trabalhadores no local conforme orientação do PCMAT da obra;
- os equipamentos e/ou ferramentas de produção devem estar em condições adequadas de uso;
- a estrutura deve estar limpa, sem restos de formas, arames e demais resíduos pertinentes à fase de estrutura;

- o escaneamento da estrutura para a definição da saída da pele de vidro, níveis e plano da fachada já deve ter sido executado;
- a logística deve estar definida e locada (acessos para descarregamento dos caminhões, área de armazenamento inicial, área de armazenamento nos andares e equipamentos para descarga e içamento);
- as esquadrias só devem ser instaladas quando a obra oferecer as condições ideais para a sua colocação, evitando danos a elas e a sua anodização; e
- o fabricante deve ser responsável pelo fornecimento e instalação dos andaimes, balancins, monovia, ponte rolante e demais equipamentos necessários à instalação das esquadrias e dos vidros, bem como de qualquer outro dispositivo necessário à movimentação e ao transporte horizontal e vertical das esquadrias e dos quadros de vidros. Os andaimes suspensos deverão ser elétricos, com dimensão adequada à execução dos serviços no prédio. É necessário o fornecimento de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) dos equipamentos, materiais e montagens.

Montagem dos painéis na fábrica

As medidas dos vãos para fabricação dos contramarcos e, posteriormente, dos painéis serão de total responsabilidade do fabricante da fachada unitizada, com base no projeto de produção desenvolvido pelo fabricante e aprovado pelo consultor de esquadrias.

A colagem dos vidros será obrigatoriamente feita na fábrica ou em galpão específico para esta finalidade. Todo o procedimento de colagem dos vidros, principalmente as condições ambientais mínimas para a área de aplicação do silicone estrutural, na indústria do fabricante ou em galpão específico, deve atender rigorosamente às exigências constantes da NBR 15737 – Colagem de vidros com selante estrutural.

Considerando que a instalação dos vidros é de responsabilidade do fabricante, para garantir que os vidros colados nos quadros e posteriormente instalados na fachada estejam em perfeitas condições sem qualquer defeito, principalmente em relação às bordas, o fabricante será responsável pelos seguintes serviços:

- recebimento do vidro na sua fábrica; inspecionar todos os vidros em relação a riscos, trincas, defeitos de borda etc., não recebendo e devolvendo de imediato, no próprio caminhão de entrega do fornecedor do vidro, todo e qualquer vidro que apresente esses defeitos;
- descarga, manuseio e estocagem em local adequado; o local de estocagem na obra será providenciado pela construtora e deverá ser aprovado pelo fabricante, ficando esta responsável pela estocagem. Os cavaletes para a armazenagem serão providenciados pela construtora, conforme orientação do fabricante;
- transporte e manuseio dos vidros para a colagem nos quadros;
- estocagem, manuseio, transporte e instalação dos quadros com vidros colados nas fachadas cortina; e
- o recebimento e a instalação dos vidros devem atender às normas NBR 7210, NBR 7199 e NBR 14697.

A colagem dos vidros será executada com massa de silicone estrutural, conforme especificação do consultor de esquadrias (exemplos aplicados: Dow Corning ou Momentive, da GE), e os seguintes itens devem ser obedecidos:

- o projeto da esquadria com as dimensões dos vários tipos de vidros será encaminhado ao fabricante do silicone, para o dimensionamento do cordão de silicone adequado;
- o fabricante do silicone deverá efetuar o treinamento da mão de obra do fabricante da fachada unitizada para a aplicação do silicone;
- deverão ser encaminhadas, para o fabricante do silicone, amostras dos perfis pintados e vidros 15 cm x 15 cm, para testes de aderência;
- o fabricante do silicone deverá acompanhar e fiscalizar a colagem dos vidros na fábrica dos módulos, e deverá elaborar relatórios para liberar os lotes de módulos, de acordo com a quantidade preestabelecida de módulos por lote; e
- o fabricante do silicone e o fabricante da fachada cortina deverão dar garantias de 20 anos para a colagem dos vidros e painéis.

O fabricante da fachada deverá, em cada etapa de seu trabalho, inspecionar os vidros para a verificação de defeitos nas bordas, como trincas, lascas e fissuras, principalmente antes de efetuar a colagem nos quadros e antes de iniciar sua instalação na fachada, separando todos os vidros que apresentarem problemas.

O percentual máximo admissível de quebra de vidro para toda a obra é de 2% (dois por cento); reposições acima deste número ocorrerão por conta do fabricante da fachada cortina. Este percentual considera apenas as quebras provenientes da movimentação e manuseio para os serviços de estocagem, colagem e instalação – não considera erros no fornecimento de medidas para fabricação, cuja responsabilidade é exclusiva do fabricante dos vidros em conjunto com o fornecedor da fachada.

Execução dos serviços na obra

As ancoragens deverão ser colocadas rigorosamente no prumo, nível e alinhamentos necessários para fornecer os pontos de acabamento interno e externo dos vãos, definidos após o escaneamento da estrutura, de forma a ser perfeita a execução desses arremates, seja qual for o tipo de revestimento ou acabamento: concreto aparente, argamassa, cerâmica, mármore etc.

Figura 27 – Início da locação das ancoragens



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Os contramarcos e ancoragens deverão ser totalmente limpos de massa de cimento e poeira antes da instalação do alumínio.

Os cantos do perfil horizontal inferior do contramarco devem ser vedados com massa de vedação, bem como os furos nas abas para fixação das presilhas ou da esquadria.

Deverá ser aplicada película de proteção nas esquadrias de alumínio após a instalação. Em nenhuma hipótese será utilizado vaselina como proteção.

Os cordões de silicone executados na obra devem obedecer a seguinte rotina e especificação:

- limpeza dos locais de aplicação com álcool isopropílico;
- aplicação de fita crepe para a proteção das superfícies adjacentes ao cordão;
- colocação de Tarucel quando necessário;
- aplicação e espatulamento do silicone, considerando que a dimensão da profundidade do cordão deve ser no mínimo igual à metade da largura; e
- o cordão de silicone deve ser contínuo, liso sem falhas e imperfeições.

Na chegada dos painéis à obra, estes deverão ser inspecionados para a verificação de possíveis fissuras ou trincas nos vidros.

Figura 28 – Recebimento de carga paletizada em obra



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

A descarga dos caminhões deverá ser feita por ponte rolante. A descarga deve ser feita de preferência próxima à linha de subida dos painéis, minimizando o risco no transporte com as plataformas auxiliares e aumentando a velocidade de subida dos painéis para a torre.

Figura 29 – Descarga dos painéis com uso de monovia



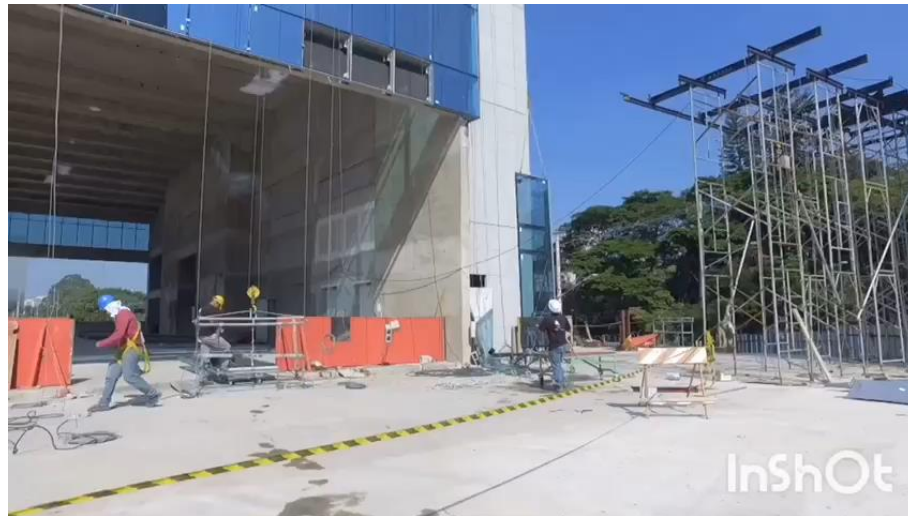
Fonte: Fotografia cedida pela Itetal. 2017.

Figura 30 – Acomodação em plataforma para transporte até a linha de subida



Fonte: Fotografia cedida pela Itetal. 2017.

Figura 31 – Içamento dos painéis



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Figura 32 – Recebimento dos painéis nos andares



Fonte: Fotografia cedida pela Itetal. 2017.

Após o içamento dos módulos para os respectivos pavimentos, estes devem ser armazenados sobre bases de madeira, na projeção de onde serão instalados na fachada.

Figura 33 – Armazenamento dos painéis no pavimento



Fonte: Fotografia cedida pela Itetal. 2017.

Figura 34 – Armazenamento dos painéis no pavimento



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Com o auxílio de um nível a laser, faz-se a verificação do nível para instalação dos painéis.

Após a conferência do nível, o painel é movimentado com a plataforma, içado e instalado na fachada.

Figura 35 – Saída do módulo para instalação na fachada



Fonte: Fotografia cedida pela Itefal. 2017.

Figura 36 – Instalação do módulo



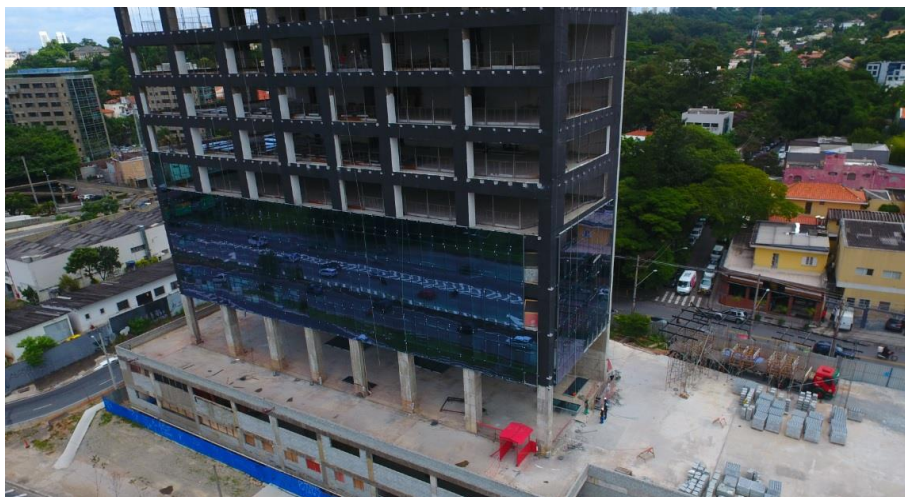
Fonte: Fotografia cedida pela Itefal. 2017.

Figura 37 – Acomodação do módulo no andar inferior



Fonte: Fotografia cedida pela Itetal. 2017.

Figura 38 – Painéis sendo instalados na fachada



Fonte: Fotografia feita com drone, cedida pela Rocontec. 2017.

Para algumas fachadas com modulações de grandes dimensões é necessário a instalação de ancoragens auxiliares.

Figura 39 – Instalação de ancoragens auxiliares



Fonte: Fotografia cedida pela Itfal. 2017.

Figura 40 – Instalação de ancoragens auxiliares com vista dos filmes de proteção



Fonte: Fotografia cedida pela Itfal. 2017.

Após a instalação dos painéis, é feita a vedação dos vãos entre os painéis e a estrutura com uma manta cerâmica (selo corta fogo – *fire stop*) para o isolamento entre os pavimentos.

Figura 41 – Instalação de selo corta fogo (*fire stop*)



Fonte: Fotografia cedida pela Itefal. 2017.

Figura 42 – Instalação de selo corta fogo (*fire stop*)



Fonte: Fotografia cedida pela Itefal. 2017.

Figura 43 – Selo corta fogo instalado (*fire stop*)



Fonte: Fotografia produzida pelo autor. 2017.

Depois dos módulos instalados, é feita a vedação vertical com silicone estrutural na face externa.

A limpeza final das esquadrias e vidros, bem como a de qualquer outra superfície que tenha ficado suja em função dos serviços, é feita pelo fabricante da fachada unitizada.