

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso

**GESTÃO DA PRODUÇÃO DE SISTEMA FACHADA
CORTINA**

Matheus de Cezaro Menegatti

Orientador: Ricardo Juan José Oviedo Haito, Dr.

**Florianópolis
2019**

GESTÃO DA PRODUÇÃO DE SISTEMA FACHADA CORTINA

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Juan José Oviedo Haito.

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Menegatti, Matheus de Cezaro

Gestão da Produção de Sistema Fachada Cortina / Matheus
de Cezaro Menegatti ; orientador, Ricardo Juan José Oviedo
Haito, 2019.

113 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Fachada Cortina. 3. Ficha de
Verificação de Serviço. 4. Qualidade. I. Haito, Ricardo Juan
José Oviedo. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

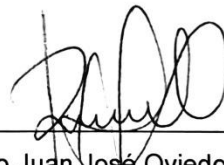
Matheus de Cezaro Menegatti

GESTÃO DA PRODUÇÃO DE SISTEMA FACHADA CORTINA

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 08 de julho de 2019.

Banca Examinadora:



Prof. Ricardo Juan José Oviedo Haito, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Fernanda Fernandes Marchiori, Dra.

Membro da banca

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Humberto Ramos Roman, Dr.

Membro da banca

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a **Deus** por estar sempre ao meu lado, me dando forças para continuar e iluminando meu caminho.

Agradeço ao orientador **Ricardo Juan José Oviedo Haito**, por todo apoio, explicações, persistência, dedicação, recomendações bibliográficas e materiais fornecidos durante o trabalho.

Aos meus pais **Juares Angelo Menegatti** e **Dilema de Cezaro Menegatti**, por estarem sempre acreditando no meu trabalho, na minha graduação e sempre dispostos a ajudar no que fosse preciso.

À minha namorada **Giovanna Michellim Kirasuke**, pelo total apoio, motivação e ajuda durante todo o trabalho.

Aos meus amigos, por todo o apoio e ajuda no trabalho.

À minha irmã **Isabelle de Cezaro Menegatti**, por toda a preocupação com meu bem-estar, carinho e apoio.

À **construtora** onde fiz estágio, pelo aprendizado e informações para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos, que contribuíram para que este trabalho fosse possível, o meu muito obrigado.

RESUMO

O trabalho manual, por muitas vezes aliado a uma falta de controle das atividades e o despreparo tanto de gestores quanto dos colaboradores, acaba por gerar um produto final que está muito aquém dos padrões de qualidade e desempenho. Esta situação é comum a diferentes serviços executados nas obras do Brasil. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar criticamente a forma de construir uma fachada cortina em pele de vidro, em uma edificação na cidade de Florianópolis. Para tanto, foi observado o processo construtivo empregado pela construtora, e proposto um fluxograma de execução alternativo; englobando desde o recebimento das peças até a entrega do produto final. Também foram propostos processos de gestão da qualidade, mediante o uso de fichas de verificação de serviços e comissionamento do sistema tomando como referência os mesmos materiais e equipamentos disponíveis. Tais resultados servem para aprimorar o planejamento do processo de execução de fachadas cortinas e, portanto, a gestão da qualidade.

Palavras-chave: Fachada cortina. Ficha de verificação de serviço. Qualidade.

ABSTRACT

Manual labour, at times, associated with a lack of activities and preparation control of both managers and employees, it ends up generating a final product that falls far short of quality and performance standards. This situation is common to different services performed in works in Brazil. The objective of this study is to analyze critically the way to build a curtain facade in glass skin, in a building in the city of Florianopolis. For that, was observed the constructive process used by the constructor and an alternative execution flowchart was proposed including from the receipt of the parts to the final product delivery. Quality management processes were also proposed, through the use of service verification sheets and commissioning of the system, taking as reference the materials and equipment available. These results serve to improve the planning of the execution process of curtain facades and, therefore, the quality management.

Keywords: Curtain facade. Service check sheet. Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fachada cortina em pele de vidro.	5
Figura 2 - Componentes do sistema <i>stick wall system</i>	8
Figura 3 - Sistema híbrido de montagem.....	9
Figura 4 – Sistema unitizado.	10
Figura 5 - Tipos de esquadria.....	21
Figura 6 - Armazenamento de esquadrias.....	24
Figura 7 - Armazenamento de perfis.	25
Figura 8 - Tipos de ancoragem.....	27
Figura 9 - Parafuso e rebite.	28
Figura 10 - Chumbador químico injetável.	31
Figura 11 - Chumbador químico por cápsula.....	32
Figura 12 - Condições de exposição conforme as regiões brasileiras.....	36
Figura 13 - Gráfico Manutenção x Tempo.	38
Figura 14 - Principais razões apresentadas para comissionar edifícios.	40
Figura 15 – Método.....	51
Figura 16 - Fachada Noroeste.....	53
Figura 17 - Fachadas onde há o sistema pele de vidro.	53
Figura 18 – Detalhe dos painéis instalados.	54
Figura 19 - Canteiro de obras.....	55
Figura 20 - Elevador Cremalheira.....	55
Figura 21 - Posição dos equipamentos	57
Figura 22 - Componentes do sistema de fachada pele de vidro.....	63
Figura 23 – Sistema fachada cortina.	64
Figura 24 – Fluxograma observado em obra do sistema de fachada cortina.	67
Figura 25 - Etapas registradas da execução de fachada cortina.	75
Figura 26 - Trajeto percorrido para transporte dos componentes da fachada no recebimento e a partir dos estoques pavimento térreo.	76
Figura 27 – Fluxograma sugerido para a gestão da produção do sistema fachada cortina.....	79

Figura 28 - Trajeto percorrido para transporte dos componentes da fachada no recebimento e a partir dos estoques pavimento térreo.80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos tipos de montagem.	7
Quadro 2 - Tipos de vidros.	17
Quadro 3 - Tipos de esquadrias. [Continua 1/2]	19
Quadro 4 - Ferramentas para execução de serviço.....	26
Quadro 5 - Testes sugeridos para sistema fachada cortina.	43
Quadro 6 - Equipamentos e ferramentas.....	56
Quadro 7 - Relação origem x causa. [Continua 1/2].....	60
Quadro 8 - Componentes da fachada.....	63
Quadro 9 - Ciclo de trabalho observado em obra. [Continua 1/4].....	69
Quadro 10 - Processo sugerido para a execução de fachada cortina. [Continua 1/2]	81
Quadro 11 - FVS fachada cortina.	84

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	OBJETIVOS	2
1.1.1.	Objetivos Específicos	2
1.2.	ESCOPO E LIMITAÇÕES	2
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.	TIPOS DE PAREDE CORTINA	6
2.1.1.	<i>Stick wall system</i>	7
2.1.2.	Sistema semi-unitizado híbrido	9
2.1.3.	Sistema unitizado	10
2.2.	MATERIAIS COMPONENTES	13
2.2.1.	Alumínio	13
2.2.2.	Vidro	14
2.2.3.	Vedantes	18
2.2.4.	Tipos de esquadrias	18
2.2.5.	Transporte, inspeção, armazenagem e manuseio	22
2.2.5.1.	Painéis	23
2.2.5.2.	Perfis	25
2.2.6.	Ferramentas e equipamentos	26
2.3.	FIXAÇÃO	26
2.3.1.	Fixação Mecânica	26
2.3.1.1.	Ancoragem por cantoneiras	27
2.3.1.2.	Fixação por parafusos ou rebites	28
2.3.1.3.	Fixação por moldura ou caixilharia	28
2.3.2.	Fixação Química	29
2.3.2.1.	Silicone estrutural	29

2.3.2.2. Fita dupla face	30
2.3.2.3. Chumbadores químicos	31
2.4. REQUISITOS DE DESEMPENHO	32
2.4.1. Desempenho térmico	33
2.4.2. Estanqueidade	34
2.4.3. Desempenho acústico.....	36
2.4.4. Durabilidade e manutenibilidade.....	38
2.5. COMISSIONAMENTO	39
2.5.1. Testes	42
2.6. GESTÃO DA QUALIDADE	45
2.7. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	50
3. MÉTODO.....	51
3.1. COLETA DE DADOS.....	52
3.2. ANÁLISE DE DADOS.....	59
4. RESULTADOS.....	62
4.1. COMPONENTES DA FACHADA UTILIZADOS EM OBRA	62
4.2. INSTALAÇÃO DOS COMPONENTES	64
4.2.1. Ciclo de movimentação e montagem observado em obra.....	64
4.2.2. Ciclo de trabalho sugerido para a execução de fachada cortina	77
4.3. FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO (FVS)	83
5. CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS	87
ANEXO A – Fichas	95
APÊNDICE A	99
APÊNDICE B	101

1 INTRODUÇÃO

A crescente busca por alternativas tecnológicas que substituíssem as fachadas clássicas de alvenaria com esquadrias encaixilhadas, aliado a uma procura cada vez maior por aberturas que permitam a entrada de luz natural, fez com que o mercado da construção civil se moldasse para novas alternativas. Em conjunto com o aumento das pesquisas com estruturas leves e resistentes, como o alumínio, e a utilização e composição de novos vidros, fez com que surgissem fachadas que permitissem a entrada de luz natural em todo o cômodo e fosse estanque ao mesmo tempo. Memari (2013) explica:

“A aparência dinâmica e em constante mudança de uma torre envidraçada não é possível com nenhum outro material de construção. A transmissão de luz permite a iluminação interior natural e uma visão de dentro do edifício, proporcionando uma conexão mais próxima ao ambiente externo”.

Dessa concepção surgem as fachadas cortina, que podem ser compostas de perfis de alumínio extrudado com painéis em vidro. São materiais que requerem maior controle tecnológico para produção, bem como mão de obra especializada para a instalação. Taghavi; Iturralde; Bock (2018) afirmam que, embora as empresas de construção usem inúmeros equipamentos no local e fora do local para aumentar a produtividade, ainda restam várias tarefas manuais para os trabalhadores. Uma dessas tarefas que exige grande esforço de mão-de-obra nos canteiros de obras é a instalação de fachadas.

A constante insistência da indústria da construção civil em utilizar mão de obra barata e de baixa produtividade acaba por diminuir a qualidade dos sistemas e gerar retrabalhos durante o processo construtivo. Koskela (1992) afirma que *“a construção civil é um setor tradicional e com diversas particularidades, que apresenta uma grande defasagem em relação a outros setores, no que diz respeito à gestão da qualidade”*. A inserção da norma de desempenho (NBR 15775) obriga os sistemas de vedações verticais a cumprirem 14 (quatorze) requisitos de desempenho, que estão relacionados à conforto, desempenho do sistema, durabilidade, manutenção, entre outros. Indiretamente, é uma forma de alavancar qualidade no produto final, pois estabelece uma vida útil mínima para as fachadas, e obriga os usuários a instalarem componentes de melhor qualidade e que cumpram os requisitos normativos, garantindo seu bom uso por muito mais tempo. Com novas alternativas e exigências

de desempenho mais rígidas, é necessário controlar melhor a forma com que essas fachadas são produzidas.

A principal motivação para a elaboração deste trabalho está relacionada com a empresa onde o autor fazia estágio. Sua função era o acompanhamento das atividades no canteiro de obras e dentre todas as frentes de serviço, a execução da fachada em pele de vidro foi a que apresentou maiores problemas relativos à mão de obra e execução.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é propor uma forma de organização de produção para a execução de fachadas cortinas.

1.1.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho, consistem em:

- a) Analisar criticamente a sequência construtiva de uma fachada cortina, buscando os principais pontos que causaram problemas;
- b) Propor um ciclo sugerido de montagem, baseado no mesmo sistema construtivo, com a utilização de subprocessos de qualidade;
- c) Elaborar uma Ficha de Verificação de Serviço (FVS) para ser usada com o ciclo sugerido.

1.2 ESCOPO E LIMITAÇÕES

O presente trabalho trata sobre um estudo de caso com esquadrias em pele de vidro, suas formas de montagem, instalação, armazenamento, formas de ancoragem e gestão da qualidade, e com isso, não foram abordados outros tipos de esquadrias. Do mesmo modo, para a norma de desempenho NBR 15575 não se descreveram todos os critérios e requisitos, apenas alguns que se considerou mais relevante. Também se optou por não tratar sobre processos de especificação, ficha de verificação de componentes, comparação dos métodos de montagem, a

elaboração de um fluxograma de manutenção da fachada e testes a serem realizados em campo.

A principal limitação do trabalho está relacionada a coleta de dados, na qual, quando se iniciou o levantamento de informações, em obra já havia iniciado a montagem e instalação do produto, e com isto, não foi possível o registro fotográfico de algumas etapas do processo. Do mesmo modo, a saída do autor da empresa para um novo estágio, em paralelo ao atraso da obra, também atuou como fator limitante, pois não houve o acompanhamento da frente de serviço até a completa entrega do produto final.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos principais. Dentre eles, o primeiro foi reservado para introdução, onde consta uma breve contextualização sobre o tema e os objetivos (gerais e específicos).

O segundo capítulo contém a revisão bibliográfica a respeito de fachada cortina em pele de vidro, processos de qualidade, manuseio de componentes e processos de gestão da qualidade e comissionamento. Foi subdividida em outros tópicos. Os três primeiros buscam uma abordagem envolvendo o sistema construtivo. Os três últimos tratam de aspectos que envolvem indiretamente o modelo de construção.

O terceiro capítulo contém o método utilizado na realização desta pesquisa, bem como uma apresentação sobre a edificação do estudo de caso e o procedimento utilizado para a análise de dados.

O quarto capítulo descreve a apresentação do método executivo utilizado pela construtora, bem como a descrição detalhada dos processos, e os resultados obtidos com a sugestão de um novo fluxograma e a elaboração da Ficha de Verificação de Serviço (FVS).

O último capítulo restringe-se as conclusões observadas com base na revisão literária e nos resultados obtidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Também conhecida como revestimento ou fachada do edifício, a parede cortina é considerada como a pele de um edifício, tendo como principal função separar ou limitar ambientes internos e externos. É um tipo de fechamento vertical mais leve em comparação com outros materiais, tais como alvenaria e pré-moldados. Seu nome deriva da maneira como ela é fixada na estrutura, como se fosse uma cortina. Assim, a parede de cortina não suporta cargas estruturais verticais além do seu próprio peso (MEMARI, 2013).

A norma NBR 10821-1 (ABNT, 2017) define fachada cortina como sendo “*esquadrias interligadas e estruturadas, com função de vedação, que formam um sistema contínuo, desenvolvendo-se no sentido da altura e/ou largura da fachada da edificação, sem interrupção, por pelo menos dois pavimentos*”. Arruda (2010) as define como:

“Ao sistema com vidro aparente em toda fachada, dá-se o nome de Fachada Cortina. Um montante, fixado em locais estruturais da edificação, de alumínio composta por presilha e tampa, onde o perfil tipo presilha é fixado a este montante através de parafuso, pressionando o vidro contra gaxetas de borracha, e o perfil tipo tampa completa o conjunto sendo clicado à presilha escondendo os parafusos. A massa de alumínio visível do lado externo da fachada abrange desde 40mm a 60 mm”.

A primeira parede de cortina foi projetada pelo arquiteto alemão Walter Gropius (1883-1969), que possui como maior contribuição o chamado muro de cortina, que era uma parede externa de vidro que também exibia o design de interiores do edifício. Conforme o passar dos anos, a tecnologia do sistema de parede cortina desenvolveu uma concepção de idealizações altamente projetadas em complemento com a indústria de fachadas que continua encontrando maneiras de melhorar o desempenho (WONG WAN SIE, 2007).

As fachadas cortinas compostas com vidro, também recebem o nome de pele de vidro. Tem geralmente uma estrutura leve de alumínio com painéis de vidros que podem ser de diversas cores e tamanhos, e segundo Siqueira ¹(2003) apud ROSSO (2007, p. 1) “*é definida como uma parede exterior, de qualquer material não aderida e*

¹ SIQUEIRA JUNIOR, Amaury Antunes de. **Tecnologia de fachada: cortina com placas de grês porcelanato**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

suportada pelo edifício em qualquer pavimento estrutural". A Figura 1 ilustra um recorte de um tipo de fachada cortina em pele de vidro.

Figura 1 - Fachada cortina em pele de vidro.



Fonte: Bim Object (2013)

Segundo Memari (2013), os vidros podem ser presos aos painéis, montados com montantes e travessas, basicamente sob duas formas:

- Com um sistema do tipo tampa, no qual o alumínio pressiona fisicamente o revestimento envidraçado em conjunto com um material elastomérico, tal como a borracha, que atua entre o vidro e os montantes/travessas. *“Do lado de fora, o vidro parece ter uma moldura de alumínio pintado ou anodizado em torno dele”* (MEMARI, 2013);
- Através de colagem estrutural, que pode ser feita com silicone estrutural ou fita dupla face, as quais, usam propriedades químicas para promover a junção entre vidro e alumínio. *“A diferença visual é uma aparência mais limpa e organizada, dando a impressão, à distância, de uma parede de vidro contínuo. As juntas finas entre os quadros parecem desaparecer à distância”* (MEMARI, 2013).

As normas que regularizam e dão diretrizes para os componentes individuais são:

- Norma vidro: Vidro para construção civil NBR 7199 (ABNT, 2016);
- Norma Perfis: Alumínio e suas ligas NBR 14232 (ABNT, 2012);

- Fachada cortina: Segundo CBIC (2017) a “*fachadas cortina são uma esquadria e deve atender as normas NBR 10821-2 e 10821-4 (ABNT, 2017)*”;
- E para que o conjunto como um todo tenha um desempenho satisfatório como fachada, devem atender a alguns critérios que são regulamentados pela norma de desempenho NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

2.1 TIPOS DE PAREDE CORTINA

Desde seu surgimento até os dias de hoje o processo passou por melhorias, emergindo com um processo de montagem peça a peça, extremamente manual, passando por um sistema híbrido de montagem, o qual partes são pré-moldadas e partes são moldadas e instalados em campo, e por fim, uma forma de instalação totalmente unitizada, onde todo o painel vem pronto de fábrica e é fixado nas ancoragens presentes nas lajes. Segundo (WONG WAN SIE, 2007) a fachada em pele de vidro é o sistema de parede de janela exterior mais avançado disponível para edifícios.

O Quadro 1, composto por Arruda (2010) apresenta um breve resumo comparando os três métodos construtivos empregados em paredes cortinas.

Quadro 1 - Resumo dos tipos de montagem.

SISTEMA STICK	Pele de vidro - simples ou duplo
	Os quadros de vidros passam a ser aparafusados com presilhas, sobrepostos aos montantes e travessas. Esses quadros são independentes e podem ser retirados. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de reduzir a visibilidade dos perfis de alumínio na fachada do edifício. Com isso, a fachada passa a destacar mais os painéis de vidro, apesar de manter a marcação de linhas horizontais e verticais da caixilharia.
	<i>Structural glazing</i>
	É a evolução da pele de vidro. Trata-se de um silicone estrutural utilizado para fixação dos painéis. A quantidade e espessura do silicone utilizado são determinadas de acordo com as pressões de vento positivas e negativas do local, altura do edifício e linha do perfil utilizado. Os montantes e travessas ainda são contínuas e presas à estrutura e a montagem é feita manualmente com o uso de andaimes externos. Intempéries como o sol externo e chuva atrapalham a montagem
SISTEMA UNITIZADO	Módulos unitizados
	A fachada é formada por montantes e travessas que dispensam a subestrutura para conter o vidro, pois painéis independentes estruturados com vidro são fixados na estrutura por meio de ancoragens reguláveis. A fixação pode ser mecânica ou química. Os painéis são totalmente pré-fabricados, e em conjunto com uma montagem mecanizada aumentam o controle tecnológico e garantem maior qualidade de fechamento à fachada.

Fonte: Arruda (2010)

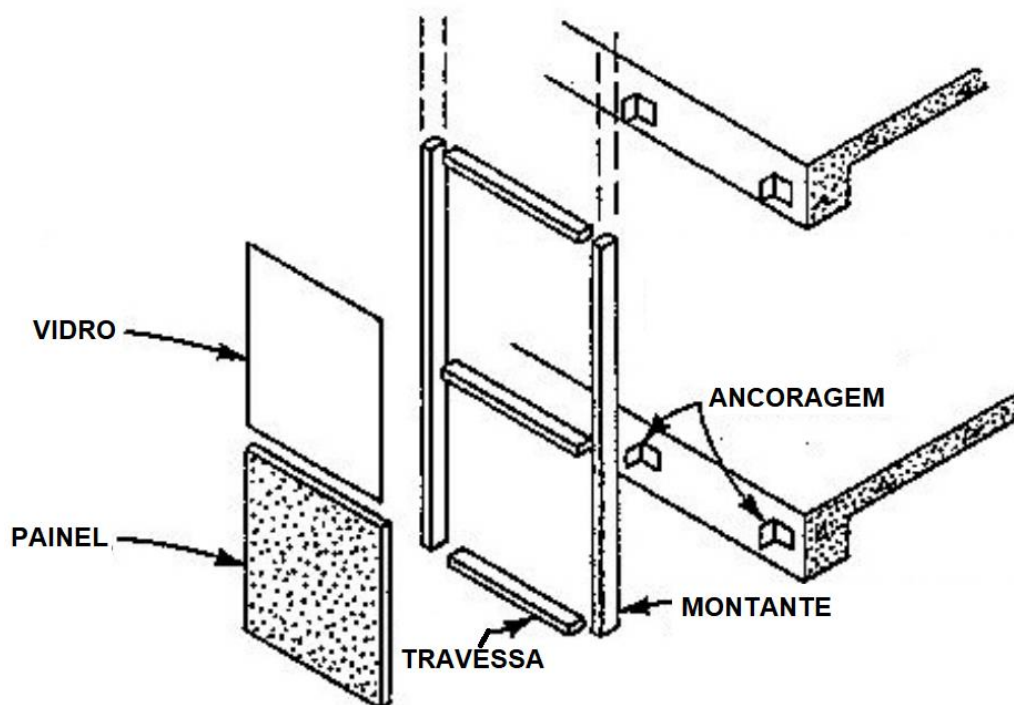
2.1.1 *Stick wall system*

Alguns autores chamam esse sistema construtivo de “*montagem peça a peça*” e outros, simplesmente atribuem seu nome inglês para a língua local, da forma que não há um consenso entre os autores a respeito de uma possível tradução para esse nome. Esse tipo de método de construção, é precursor da tecnologia de paredes cortina, sendo montado, conforme tradução brasileira, peça por peça. Normalmente, os montantes (verticais) são instalados primeiro, seguidos pelas travessas (horizontais) e, finalmente, pelas unidades de envidraçamento ou painel. Porém, segundo Wurm (2007) não há uma regra a ser seguida, e em alguns casos de desenhos que acentuam as linhas horizontais, o processo pode ser alterado para instalar primeiro as travessas. Além disso, Arruda (2010) afirma que algumas empresas com tecnologias mais avançadas já conseguem industrializar a montagem,

da forma que os montantes e travessas já chegam ao canteiro em formatos de grelha, com dimensões suficientes para cobrir até dois pavimentos numa única peça.

Segundo Wong Wan Sie (2007), foi o primeiro sistema a ser usado na construção de edifícios em pele de vidro. Embora, hoje em dia o processo tenha passado por melhorias, ainda assim, é considerado por alguns como superior aos outros métodos de montagem. O mesmo autor afirma, que a vantagem desse modelo construtivo são seus custos de transporte e manuseio relativamente baixos, devido ao volume mínimo e ao fato de permitir algum grau de ajuste dimensional na instalação. No entanto, a necessidade de montagem no canteiro de obras, e não sob condições controladas de fábrica abre espaço para falhas. A Figura 2 ilustra os componentes do sistema.

Figura 2 - Componentes do sistema *stick wall system*.



Fonte: adaptado de Wong Wan Sie (2007).

Pela Figura 2, nota-se que o sistema é composto pela união das peças, no qual, a ancoragem dos montantes na estrutura pode ser feita através de cantoneiras aparafusadas, enquanto as travessas são conectadas nos próprios montantes, da mesma forma, porém, em chapas de menor espessura. A união do vidro no painel e a posterior fixação completam a instalação do sistema.

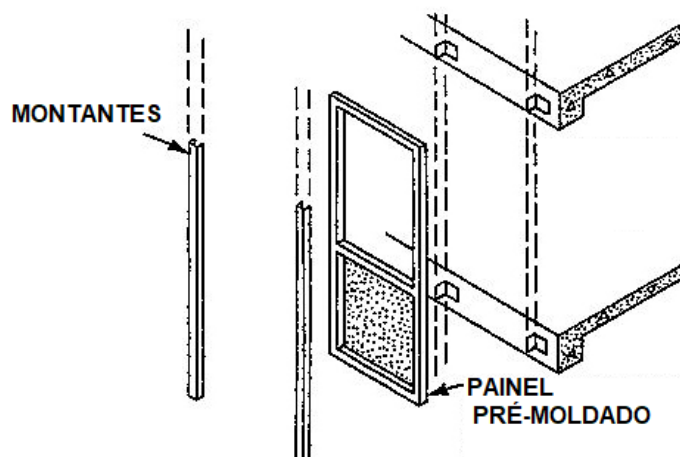
Segundo Arruda (2010) esse sistema facilita a eventual troca de vidro, pois trata-se de um sistema encaixado. Além disso, afirma que é fundamental a presença de um balancim ou andaime fachadeiro para sua execução, em todas as fases do processo de instalação da obra.

2.1.2 Sistema semi-unitizado híbrido

Neste sistema, que combina elementos pré-montados com elementos montados em campo, a ancoragem na estrutura precede o início da operação, seguindo pelos montantes e, em seguida, as unidades unitizadas são colocadas entre eles.

Wong Wan Sie (2007) afirma que o sistema híbrido é mais vantajoso quando comparado com o *stick wall system* em casos onde há longo pé-direito entre dois andares. Este sistema necessita de grande quantidade de trabalho em campo para a união das peças, e o tempo de montagem é comparativamente maior. A Figura 3 ilustra as peças componentes do sistema híbrido.

Figura 3 - Sistema híbrido de montagem.



Fonte: adaptado de Wong Wan Sie (2007).

Com isto, é possível observar que se trata de um sistema mais racionalizado de construção quando comparado com o *stick wall system*, pelo fato de apresentar alguns elementos pré-montados de fábrica, fazendo com que diminua as possíveis interferências humanas.

2.1.3 Sistema unitizado

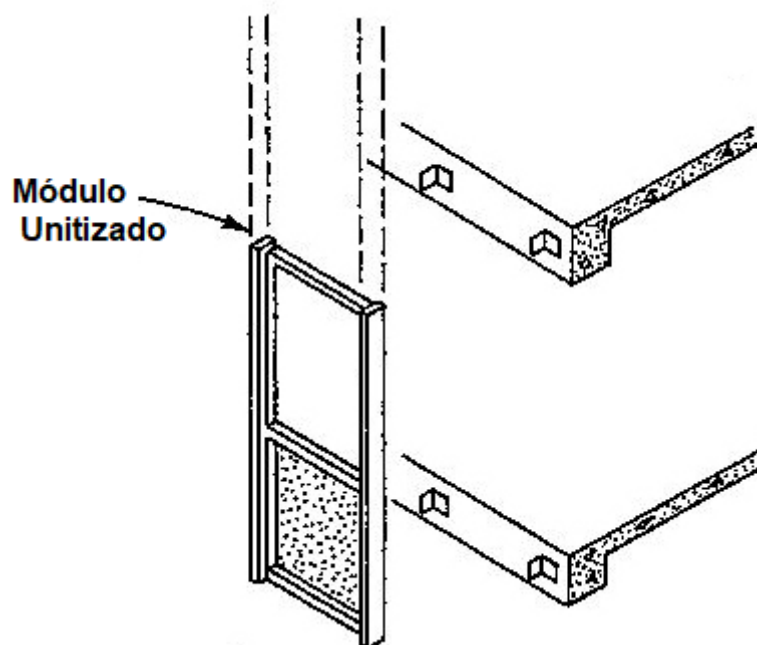
Dentre os sistemas apresentados, o unitizado é o que apresenta o maior nível de racionalização e industrialização, pois é composto inteiramente por peças pré-montadas em fábrica, onde há todo um controle tecnológico envolvido. Os módulos, como são chamados o conjunto resultante da união entre o painel, montantes e travessas, são levadas ao canteiro de obras apenas para fixação, sem passar por todo o processo de montagem manual em campo.

Segundo Arruda (2010):

“O sistema unitizado chegou ao Brasil no final da década de 1990. O Conceito foi desenvolvido por projetistas norte-americanos, consistindo, basicamente, em unir os vários elementos (gaxetas, borrachas, acessórios e vidros) em um único módulo produzido na indústria”.

A Figura 4 ilustra os componentes do sistema unitizado, podendo ser observado, que o sistema é composto pelos módulos e a ancoragem.

Figura 4 – Sistema unitizado.



Fonte: adaptado de Wong Wan Sie (2007).

A produção de painéis inteiros aliados ao controle tecnológico facilita o fechamento rápido da fachada com um mínimo trabalho e poucas juntas. Por outro lado, devido ao tamanho dos módulos é necessário maior cuidado na movimentação

e estocagem, requerendo equipamentos mecânicos pesados com mão de obra especializada e maior espaço, respectivamente. (WONG WAN SIE, 2007)

Algumas empresas já estão se especializando nos métodos de manuseio e transporte dos itens, conforme mostra Freiten (2017):

“Fábricas especializadas confeccionam racks metálicos modulares para acomodar de maneira segura e facilitar o transporte desses quadros, podendo, dependendo das medidas dos módulos, serem montados nas dimensões desejadas para assim acomodar cada módulo de maneira segura sem que aja o contato do vidro em qualquer superfície no transporte.”

Além de toda facilidade na montagem, possui como principais características ser o sistema mais resistente a intempéries, garantindo a qualidade do serviço durante todo o processo, pois os painéis são instalados em forma de telha, começando a partir da parte inferior ou superior do edifício e indo ao redor de cada andar até que todo o edifício esteja fechado. Geralmente, os painéis vêm em dimensões de altura iguais ao pé direito da estrutura, fazendo com que haja um melhor travamento (WONG WAN SIE, 2007).

Com a execução da pele de vidro em conjunto com a estrutura, é possível realizar todas as etapas de instalações complementares que são sucessoras ao fechamento vertical, tais como gesso e pintura. Além disso, esse tipo de sistema construtivo torna possível que a edificação seja habitada ao mesmo tempo que segue com a construção. Neto (2017) afirma:

“Em termos de prazo, é possível começar a instalação da fachada unitizada de um prédio quando a obra está na quinta laje, por exemplo. Isso porque os módulos são encaixados um no outro, pois têm um montante desmembrado no sistema macho-fêmea, e o prédio é preenchido de baixo para cima. Aumentando a velocidade, aumentando a precisão de trabalho e, por isso mesmo, ocasiona menos custos.”

Wong Wan Sie (2007) mostra que embora o sistema unitizado ofereça muitas vantagens com relação à montagem de qualidade e aumente a velocidade de fechamento vertical, deve haver uma maior preocupação de projeto com relação ao desempenho e à durabilidade instalados, pois há a presença de três juntas entre os módulos. Por isto, a fábrica deve contar com montadores qualificados e treinados, para garantir que o espaço correspondente as juntas sejam preenchidas da melhor forma possível, tornando o sistema satisfatório. Portanto, afirma que “*o segredo de uma parede de cortina funcionalmente bem-sucedida esteja no projeto de suas juntas*”. Porém, Arruda (2010) explica que o sistema como um todo é estanque, ou

seja, se houver algum problema ou um vazamento, este será localizado no painel e não no conjunto todo, o que, facilita uma eventual substituição.

Antes mesmo da execução, deve haver um planejamento de projeto muito bem desenvolvido, inteirando o projetista de esquadrias, arquitetos e engenheiros responsáveis pela execução. Petrucci (2017) apud Neto (2017) afirma que “*Devem ser analisados que tipo de adequação é importante fazer no projeto para que o empreendimento consiga receber uma fachada unitizada e também questões de logística de montagem*”. Freiten (2017) complementa que para a elaboração do projeto de execução da esquadria é necessário que os projetos executivos arquitetônicos estejam prontos, pois são a base para que o projetista possa elaborar todo o plano de corte dos módulos a ser enviado para a fábrica.

A execução desse sistema, parte com a fixação da ancoragem na estrutura, a fim de nivelar e aprumar o plano para receber os módulos, além de ser o elo de ligação estrutura-painel. Segundo Arruda (2010) como forma de buscar o nível, são usados calços na base da ancoragem, enquanto o prumo, são feitos rasgos no sentido longitudinal da peça, facilitando a regulagem. No entanto, hoje já existe no mercado soluções de ancoragem telescópicas que facilitam o nivelamento.

Corsini (2013) comenta uma das formas de transporte e instalação dos módulos unitizados:

“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, explica Souza. Os perfis são acoplados lateralmente por meio de encaixes tipo macho e fêmea.”

Um resumo dos processos executivos é apresentado por Silva (2011):

1. Conferência dos eixos;
2. Instalação das ancoragens metálicas;
3. Içamento com grua dos módulos para o pavimento;
4. Engaste dos módulos nas ancoragens.

2.2 MATERIAIS COMPONENTES

As fachadas cortinas compostas com vidro são obtidas pela união de alguns materiais que apresentam diferentes propriedades físicas e composições, tais como: alumínio ou aço, presente nos montantes, travessas e painéis; vidro, presente nos painéis; parafusos de aço inoxidável; materiais vedantes, presente nas borrachas, gaxetas e silicone estrutural ou não. Este capítulo tem como função a apresentação de cada um dos materiais, e a explicação da sua importância em um revestimento de fachada.

2.2.1 Alumínio

O alumínio é um metal produzido a partir da bauxita, num processo de refino para transformação em alumina e posterior processo eletroquímico para tornar-se alumínio. É considerado o metal mais abundante do planeta, representando cerca de 8,1% (BERNHARDT, 2019).

A CBIC (2017) define o alumínio utilizado em esquadrias como:

“O alumínio apresenta um fator determinante, que é a sua durabilidade. Isso se dá pelo fato de ser resistente à corrosão e à maresia, o que eleva a procura em regiões litorâneas e com muita poluição. É um material leve, estrutural, de baixa manutenção e longa vida útil. Permite a fabricação de esquadrias em todas as tipologias, com design atualizado, pode ser curvado e receber tratamento de superfície em diversas cores e tons, em pintura eletrostática a pó ou anodização”.

A câmara brasileira da indústria da construção CBIC (2017) explica que o uso do alumínio em esquadrias, os mesmos, devem ser protegidos por anodização ou pintura. O primeiro, trata-se de um processo eletrolítico, que engloba um conjunto de reações químicas provocadas pela passagem de corrente elétrica numa solução condutora, de acabamento e proteção de peças metálicas, formando na superfície desses materiais uma camada uniforme de óxido de alumínio. Enquanto a pintura é recomendada para ambientes de alta agressividade ambiental, tais como zonas marítimas e industriais.

Arruda (2010) explica que no processo de anodização, o metal passa por algumas etapas onde recebe uma camada anódica extremamente dura, impermeável, transparente e com isolamento elétrico que atua protegendo o material contra a

corrosão atmosférica. O mesmo autor, ainda explica que durante o processo, é possível a incorporação de diversas cores, conforme a demanda arquitetônica, enquanto no processo de pintura eletrostática, tem-se a deposição de tinta sobre a superfície do alumínio, sem alterações químicas do material. *“Essa camada de pintura atua como elemento de proteção, agredindo muito menos o material e é mais recomendada para áreas de alta agressividade”* (ARRUDA, 2010).

Comparando-se os dois processos, a pintura eletrostática possui certa vantagem em relação a anodização pois além de oferecer um enorme leque de cores também torna a pintura mais uniforme, permitindo retoques e cobertura dos defeitos provenientes da união das peças (ARRUDA, 2010).

2.2.2 Vidro

Considerado como o elemento chave das fachadas cortina, é o material que será responsável pela estética visual da edificação, e também, principalmente por controlar o conforto térmico. Além disso, de acordo com as normas vigentes, revestimentos envidraçados utilizados em fachadas devem ser do tipo vidros de segurança.

Segundo Simões (2014), a definição de vidro de segurança é:

“vidro plano cujo processamento de fabricação reduz o risco de ferimentos em caso de quebra. Ou seja, o vidro comum, quando se quebra, tem a característica de formar fragmentos em formatos agudos, pontas, e com arestas cortantes, o que pode causar ferimentos graves e maiores. Já o vidro de segurança quando quebrado, não forma estilhaços pontiagudos e em alguns tipos de vidro, como no laminado e aramado não formem estilhaços.”

Arruda (2010) explica que a escolha equivocada do vidro a ser utilizado no fechamento de fachada pode gerar edifícios com grande desconforto térmico e alto consumo de refrigeração e manutenção. Esse fato ocorre caso não sejam utilizados vidros especiais que minimizem o efeito térmico causado pela radiação solar. Lourençon (2011) complementa:

“A tecnologia atualmente empregada na fabricação de vidros para fachadas, associada a um projeto arquitetônico eficiente e a materiais de qualidade e desempenho comprovados, pode representar ganhos significativos quanto ao conforto de uma edificação. Os vidros mais modernos são capazes de refletir o calor sem prejudicar a luminosidade transmitida para o interior dos ambientes.”

Isso fez com que o mercado se moldasse e criasse uma grande variedade de tipos de vidros que podem ser utilizados em fachadas. Segundo a NBR 7199 (ABNT, 2016), os vidros são classificados quanto ao tipo, transparência, planicidade, coloração e colocação.

1. Quanto ao tipo de vidro:

- a. Vidro *float*;
- b. vidro impresso (vidro comum, vidro aramado);
- c. vidro temperado;
- d. vidro laminado;
- e. vidro laminado temperado;
- f. espelho;
- g. vidro insulado;
- h. vidro de controle solar;
- i. vidro serigrafado;
- j. vidro gravado (jateado, acidado);
- k. vidro esmaltado.

2. Quanto a transparência:

- a. Vidro transparente;
- b. Vidro translúcido;
- c. Vidro opaco.

3. Quanto à planicidade:

- a. Plano;
- b. Curvo.

4. Quanto à coloração:

- a. Vidro incolor;
- b. Vidro colorido.

5. Quanto a colocação:

- a. instalação esquadrias;
- b. instalação autoportante;
- c. instalação mista;
- d. instalação estrutural;
- e. painel colado (estrutural);
- f. revestimento.

A mesma norma, recomenda que cada peça de vidro deve ser identificada por meio de etiqueta de fácil remoção, que deve conter o tipo do vidro, a espessura, a cor e a dimensão. Para vidros revestidos ou que necessitem de identificação da face a ser instalada, a etiqueta deve ser colocada do lado externo da aplicação.

O Quadro 2, confeccionado com base no trabalho de Arruda (2010) apresenta um resumo mostrando as diferenças entre os principais tipos de vidros utilizados na construção civil.

Quadro 2 - Tipos de vidros.

Tipo de Vidro	Descrição
Refletivo	Recebem um tratamento com óxidos metálicos com o intuito de refletir parcialmente os raios solares. Durante o dia, com a iluminação exterior maior que a interior, permite que a superfície seja transparente por dentro e refletiva por fora, ou seja, garante maior privacidade internamente;
Temperado	Passam por um processo de tempera durante sua fabricação, onde são submetidos a um processo de aquecimento e resfriamento muito rápido, acarretando num vidro muito mais resistente que o comum. Este processo de aquecimento e resfriamento forma zonas de tração e compressão na placa, e, portanto, a ruptura se dá em pequenos pedaços com cantos arredondados. Por este motivo é considerado como vidro de segurança;
Laminado	Constituído geralmente por três camadas, sendo duas externas de vidro e uma camada interna contendo Polivinil butiral (PVB). Também é considerado um vidro de segurança, pois em casos de quebra, os fragmentos permanecem fixados ao filme. Além disso, graças ao PVB possui um melhor desempenho térmico-acústico, quando comparado com vidros comuns;
Aramado	Possui qualidades semelhantes ao vidro laminado, com a diferença que ao invés de possuir um filme de PVB, possui uma tela metálica no seu interior. A combinação destes fatores atua diretamente diminuindo os riscos de ferimentos em caso de quebra e o tornam o vidro muito mais resistente a perfurações. Desse modo, também é considerado como vidro de segurança;
Insulados	Também chamados de vidros duplos, possuem uma estrutura sanduíche semelhante à dos vidros laminados e aramados. No entanto, a região entre vidros é composta por uma camada de ar, o que contribui muito no conforto termo acústico.

Fonte: A partir de dados de Arruda (2010) pp.14-20

2.2.3 Vedantes

Os elementos de vedação correspondem a parte fundamental do sistema para promover o isolamento das partes expostas, bem como garantir a estanqueidade do conjunto. São usados nos painéis, sob a forma de gaxetas ou borrachas; na união entre painéis e montantes, como elementos de vedação ou silicones estruturais e fitas dupla face.

A escolha do correto silicone exige certos cuidados, pois em casos de fachadas cortina que utilizam o sistema de colagem com silicone estrutural (*structural glazing*), não se podem ser empregados silicones comuns de cura neutra ou acética, mas somente o silicone estrutural de cura neutra. Quando se tem o emprego de vidros laminados, deve ser empregado silicone de cura neutra, pois os produtos da cura acética liberam vapores que podem interferir na película de PVB, causando a delaminação² do vidro (SOUZA, 2008).

2.2.4 Tipos de esquadrias

Governadas pela norma NBR 10821 (ABNT, 2017), as esquadrias são partes integrantes de uma fachada, que permitem a entrada de luz e a ventilação dos ambientes internos. São componentes que podem ser fabricadas com diferentes materiais, tais como:

1. Alumínio;
2. Aço carbono e suas ligas;
3. Aço inoxidável;
4. PVC;
5. Madeira;
6. Fechamento com vidro.

² Delaminação é o processo decorrente da liberação de vapores ácidos que reagem com o PVB, causando manchas e descolamento na região próxima ao perímetro do vidro (SOUZA, 2008).

Do mesmo modo, a norma também as classifica conforme o tipo e movimento de abertura, conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - Tipos de esquadrias. [Continua 1/2]

Id	Tipo de esquadria	Descrição
a	Esquadria de folha fixa	Janela que não possui movimento;
b	Esquadria de giro de eixo vertical	Formada por uma ou mais folhas, movimentadas por rotação em torno de eixos verticais fixos, que coincidem com as laterais da folha;
c	Esquadria projetante e de tombar	Formada por uma ou mais folhas, movimentadas por rotação em torno de um eixo horizontal fixo, localizado na extremidade superior ou inferior da folha. Pode ter eixo fixo de rotação na extremidade superior (janela projetante) ou na extremidade inferior (janela de tombar);
d	Esquadria pivotante	Formada por uma ou várias folhas, movimentadas por rotação em torno de um eixo vertical que não coincide com as laterais das folhas;
e	Esquadria basculante	Possui eixo de rotação horizontal, centrado ou excêntrico que não coincide com a extremidade superior ou inferior da esquadria;
f	Esquadria de correr	Formada por uma ou várias folhas, movimentadas por deslizamento horizontal, no plano da esquadria;
g	Esquadria guilhotina	Formada por uma ou mais folhas, movimentadas por deslizamento vertical, no plano da esquadria;
h	Esquadria projetante - deslizante (maxim-ar)	Esquadria formada por uma ou mais folhas, movimentadas em torno de um eixo horizontal, com translação simultânea do eixo na vertical;
i	Esquadria sanfona (camarão)	Esquadria formada por duas ou mais folhas articuladas entre si que, quando abertas, dobram-se umas sobre as outras por deslizamento horizontal de seus eixos de rotação. Os eixos podem coincidir com as bordas das folhas ou situarem-se em posições intermediárias;

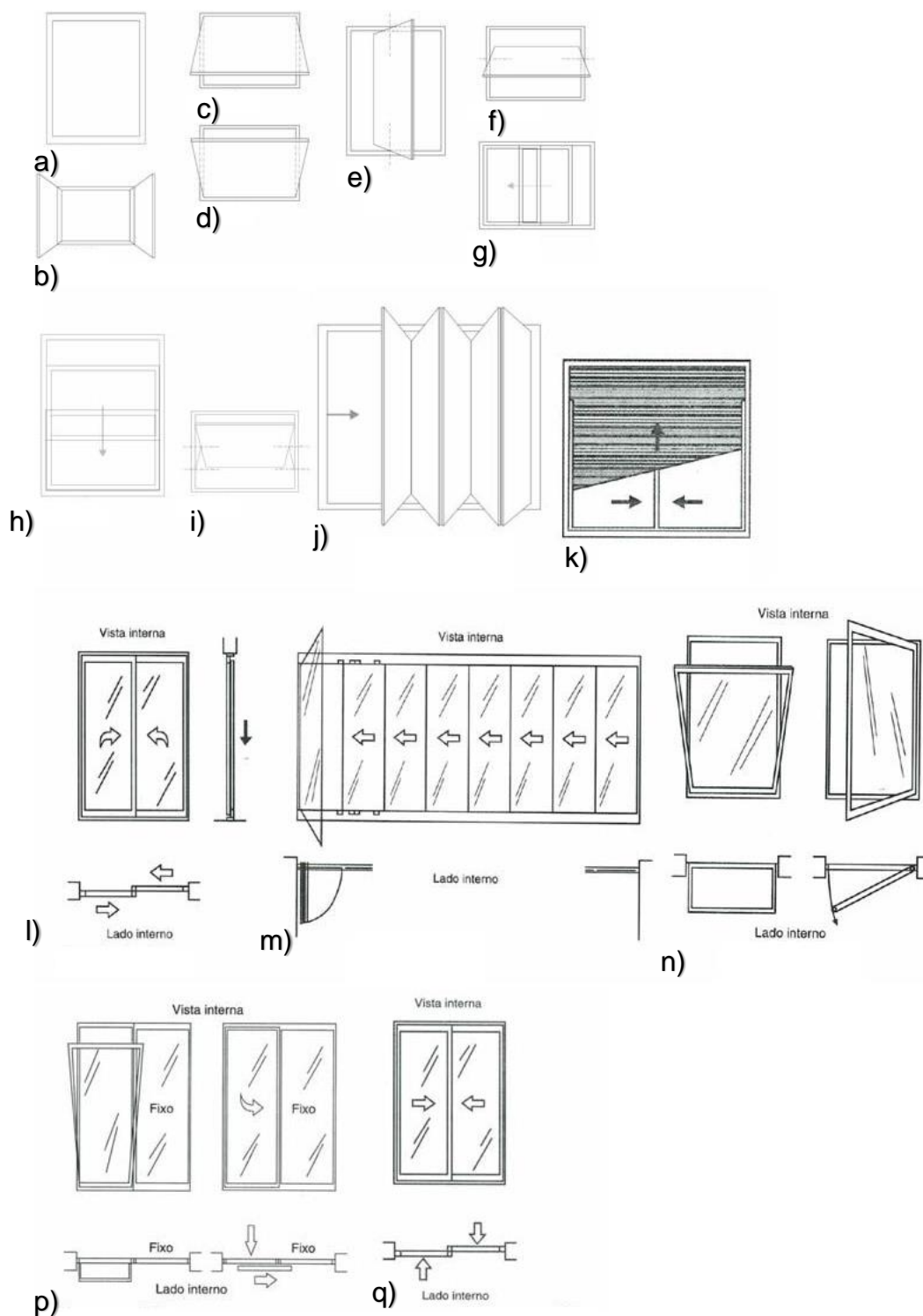
Quadro 3 – Tipos de esquadria. [Continuação 2/2]

Id	Tipo de esquadria	Descrição
j	Esquadria integrada	Formada por um conjunto composto de persiana de enrolar que se movimenta com deslizamento vertical ou inclinado no plano externo da esquadria e por folhas que podem ser movimentadas por deslizamento horizontal, vertical ou giro para o lado interno;
k	Esquadria reversível	Esquadria do tipo basculante ou pivotante, onde a rotação das folhas nos seus eixos está em até 160° a 180°;
l	Esquadrias especiais	Esquadrias formadas pela combinação de dois ou vários tipos de janelas citados anteriormente, além daquelas que, devido às suas particularidades, não se enquadraram nos tipos anteriores;
m	Esquadria alçante	Formada por folhas de correr que quando fechadas comprimem o marco inferior deixando as roldanas sem peso;
n	Esquadria de correr com giro	Formada por folhas que correm no mesmo eixo, com giro de 90° do lado interno no final do curso;
o	Esquadria de girar e de tombar	Formada por folhas que giram e tombam;
p	Esquadria de correr paralela e de tombar	Formada por folhas de correr e de tombar que mantém suas folhas alinhadas quando fechadas ;
q	Esquadria de correr com compressão transversal ao plano de movimentação	Esquadria formada por folhas de correr que ao fechar, pressionam-se perimetralmente.

Fonte: Construnormas (sd)

A Figura 5 complementa o Quadro 3 com ilustrações das esquadrias mostradas anteriormente.

Figura 5 - Tipos de esquadria.



Legenda: a) Esquadria de folha fixa; b) Esquadria de giro de eixo vertical; c) Esquadria projetante e de tombar; d) Esquadria pivotante; e) Esquadria basculante; f) Esquadria de correr; g) Esquadria guilhotina; h) Esquadria projetante - deslizante (maxim-ar); i) Esquadria sanfona (camarão); j) Esquadria integrada; k) Esquadria reversível; l) Esquadrias especiais; m) Esquadria alçante; n) Esquadria de correr com giro; o) Esquadria de girar e de tombar; p) Esquadria de correr paralela e de tombar; q) Esquadria de correr com compressão transversal ao plano de movimentação

Fonte: Construnormas (sd)

2.2.5 Transporte, inspeção, armazenagem e manuseio

O correto transporte, armazenamento, inspeção e manuseio das peças é o principal responsável pela otimização tanto do canteiro de obras, quanto da execução dos serviços. Além de toda questão de agilidade, permite proporcionar maior controle durante estas etapas que precedem a instalação da fachada. Dessa forma, o conjunto de todos os fatores é essencial para garantir uma racionalização da produção, bem como alavancar qualidade.

Segundo Memari (2013), a importância da proteção adequada é garantir que o produto, quando instalado, esteja livre de danos desnecessários, ou seja, o armazenamento adequado das peças exige o uso de lonas ou outros métodos apropriados para manter a poeira fora das unidades armazenadas, ou ainda evitar danos ao acabamento metálico ou aos componentes envidraçados. No caso em que as estruturas sejam empilhadas vertical ou horizontalmente, elas precisam ser separadas com material isolante para evitar qualquer contato que gere danos.

Souza (2008) recomenda que a construtora deverá disponibilizar local para a estocagem dos componentes e fornecer equipamentos de transporte vertical, o planejamento executivo da obra, prevendo a instalação da fachada-cortina, a preparação e solução de todas as interfaces com os demais elementos construtivos e instalações. Também deve haver uma estreita colaboração com os instaladores da fachada, principalmente nas fases de posicionamento e fixação dos componentes de ligação da fachada ao corpo do edifício (chumbadores e ancoragens), nivelamento, alinhamento e prumo. Cabe também a construtora a responsabilidade da fiscalização de serviços, mediante aplicação de lista de verificação elaborada com base no projeto. (SOUZA, 2008)

Em se tratando de segurança, a SOUZA (2008) recomenda algumas medidas, conforme a Norma Regulamentador nº 18 (NR 18):

- Nas bordas das lajes faz-se necessária a instalação de proteções coletivas, como guarda-corpos, e os operários devem usar sempre cintos de segurança do tipo paraquedista;
- Quando houver içamento dos componentes da fachada-cortina, deve ser feito por meio de guias ou guinchos. Em qualquer situação deve-se respeitar a

capacidade de carga do equipamento mecânico, bem como tomar as devidas medidas para evitar queda de materiais;

- Equipamentos de proteção coletiva tais como:
 - Bandejas primárias e secundárias;
 - Cancelas para bloqueio de circulação;
 - Tela de proteção para fachadas;
 - Telas de proteção do andar.

Segundo a NBR 10821-5 (ABNT, 2017) a limpeza da esquadria como um todo, inclusive guarnições de borracha, deve ser feita com solução de água e detergente neutro, em concentração de 5%, com auxílio de esponja ou pano macio. Deve ser feita no mínimo a cada 3 meses em zona urbana ou rural, e no mínimo uma vez por mês em zona marítima ou industrial.

As recomendações mostradas acima, são referentes ao sistema como um todo. No entanto, há casos em que painéis e perfis são manuseados de diferentes formas, e passam por processos diferentes de transporte e armazenagem. Por isto, são feitos dois novos capítulos, mostrando as individualidades de cada um.

2.2.5.1 Painéis

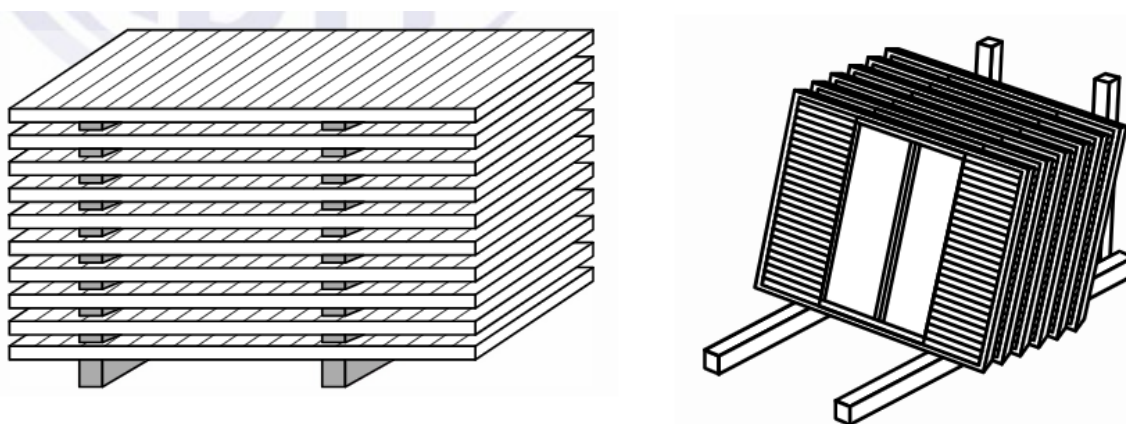
A norma NBR 10821-5 (ABNT, 2017) estabelece que as esquadrias devem ser recebidas preferencialmente próximo a sua data de instalação, embaladas em algum material que garanta sua integridade, identificadas (tipo, andar, posição) a fim de evitar sua exposição na obra. Sua armazenagem deve ser em local seguro, seco, coberto, sobre estrados fora do contato com o chão e livre da circulação de pessoas.

Para sua inspeção visual e aceitação preliminar, CBIC (2017) recomenda:

- “No momento do recebimento, é importante ter em mãos a nota fiscal do pedido e o projeto da esquadria para que seja possível fazer a conferência das dimensões e da tipologia da esquadria;
- Deve-se verificar se a esquadria entregue e os seus componentes estão em perfeitas condições (sem danos) e se a quantidade de peças entregues corresponde à que consta na nota fiscal e no pedido.”

Em relação ao armazenamento horizontal, a mesma norma estabelece que as esquadrias devem ser armazenadas em pilhas de no máximo 15 peças. Deve haver um cuidado com as dimensões das peças para evitar flexão durante a estocagem. Da mesma forma, no armazenamento vertical, as esquadrias devem ter apoio total, inclinadas com ângulo de aproximadamente 15° com a vertical e podem ser usados os mesmos materiais para a separação dos itens. A Figura 6 ilustra as duas formas possíveis de estocagem.

Figura 6 - Armazenamento de esquadrias.



Fonte: adaptado de NBR 10821-5 (ABNT, 2017).

De Souza; Mekbekian (1996) sugerem como critérios de inspeção para painéis envidraçados:

- Espessura: Medição com paquímetro de precisão de 0,5mm junto a borda, em uma única medição. Para vidros laminados, qualquer que seja a espessura, admite-se uma tolerância de +- 8%;
- Largura e comprimento: Devem ser medidos com uma trena metálica com precisão de 1mm. Apresentando como tolerâncias de +- 2,5mm para chapas até 2 m, e +- 3 mm para chapas com mais de 2 m;
- Visual: Presença de ondulações, manchas, não uniformidade de cor, bolhas, riscos, lascas, trincas, incrustações na superfície ou no interior da chapa e superfícies irregulares. Verificar escorregamento relativo, descolamento do vidro com o filme, manchas de óleo, mancha da película, impressão digital, qualquer problema envolvendo a película.

Os mesmos autores, também estabelecem como sugestão para critérios de aceitação: se o número de chapas defeituosas for menor ou igual a uma unidade. Em

caso de rejeição, coletar mais 13 chapas para análise e aceitar o lote somente se o número total de chapas defeituosas nas duas amostras for menor ou igual a quatro unidades.

A NBR 10821-5 (ABNT, 2017) estabelece recomendações em relação a instalação dos vidros:

“O fabricante deve instruir, de forma clara e objetiva, a forma de realizar instalação dos vidros na esquadria, devendo informar:

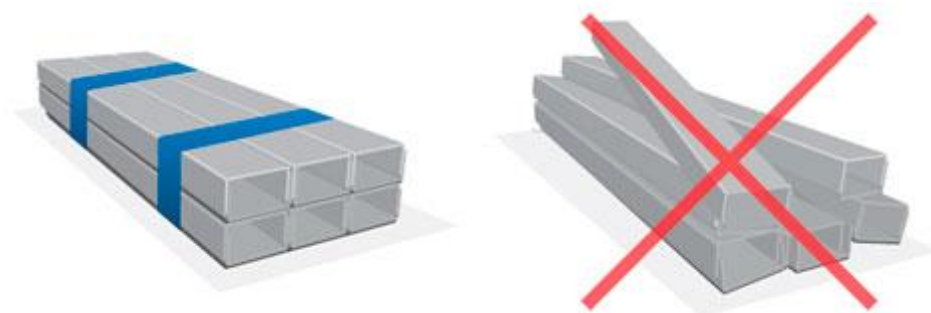
- Qual tipo de vidro, a espessura e as dimensões e/ou folgas recomendadas para a esquadria, garantindo assim, sua estanqueidade e perfeito funcionamento;
- Como o usuário deve executar a instalação dos vidros na esquadria, garantindo, assim sua estanqueidade e perfeito funcionamento.”

2.2.5.2 Perfis

Segundo Gypsteel (2017), os perfis devem ser manuseados com certo cuidado, de forma a evitar qualquer tipo de impacto que vá arranhar a camada de proteção. Devem ser armazenados em locais limpos, planos e ao abrigo do ambiente externo, sempre de forma organizada. Em caso de perfis com diferentes dimensões, devem ser empilhados em forma de pirâmide (maiores na base, e menores no topo).

O mesmo autor, afirma que podem ser amarrados com até 10 peças, em pilhas não superior a cinco conjuntos, conforme mostra Figura 7. As amarrações dos perfis devem ser feitas sempre em três pontos nas pontas, a 20 cm da ponta do perfil, e no meio dele. De forma a evitar o empenamento, ao amarrar os perfis deve-se procurar garantir que eles estejam alinhados.

Figura 7 - Armazenamento de perfis.



Fonte: Gypsteel (2017)

“Para promover um transporte manual adequado, os colaboradores devem estar munidos de luvas e as peças devem ser seguradas na região central. Em caso de transporte com dois colaboradores, eles devem segurar a peça pela distância de 1/3 do comprimento da ponta. Para o transporte mecânico, as peças devem ser içadas sempre pela região central.” (GYPSTEEL, 2017)

2.2.6 Ferramentas e equipamentos

Souza (2008) recomenda o uso de algumas ferramentas necessárias para a execução dos serviços, conforme mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Ferramentas para execução de serviço.

Alicate (bico, pressão, rebitador e universal)	Broxa ou trincha	Furadeira Elétrica	Linha de Pedreiro	Prumo
Andaime	Chave hexagonal (de boca)	Jogo de chaves Allen	Martelo comum e de borracha	Régua de alumínio de 2m
Aplicador de selante	Chave com controle de torque	Jogo de chaves Fenda	Nível de mangueira	Serra para esquadria
Balancim	Esquadro de Alumínio	Jogo de chaves Phillips	Nível magnético horizontal e vertical	Trena
Brocas	Estilete	Lápis de Carpinteiro	Parafusadeira Elétrica	Ventosa

Fonte: SOUZA (2008)

2.3 FIXAÇÃO

Basicamente, nas fachadas cortinas, há dois tipos de ligações que predominam, as mecânicas e as químicas. As mecânicas, podem ser feitas através do uso de perfis metálicos, parafusos, porcas, arruelas, rebites e chumbadores. Enquanto as químicas podem ser feitas através de silicone estrutural, fita dupla face ou chumbadores de expansão.

2.3.1 Fixação Mecânica

Sousa (2010) explica que a fixação dos revestimentos de fachada pode ser feita mecanicamente por intermédio de uma subestrutura de aço inoxidável ou madeira. O primeiro, é muito mais utilizado na indústria da construção civil por ser mais resistente aos agentes exteriores e também, mais durável. A utilização dessa

peça, permite controlar a deformação transmitida do suporte ao revestimento. Neto (2017) complementa:

“A escolha do sistema de ancoragem é muito importante, pois é ele que vai absorver as possíveis variações de estrutura. A solução de ancoragem do projeto tem de ser determinada numa combinação com a construtora, estabelecendo valores de tolerância de execução da estrutura. Porque, se a estrutura sofrer variações, seja de nível, seja prumo, é a ancoragem que vai absorver”.

2.3.1.1 Ancoragem por cantoneiras

Sousa (2010) afirma que o grampo ou cantoneira é uma peça metálica, na qual é fixado o revestimento, que irá suportar o peso dos revestimentos e transmitir para a superestrutura, conforme mostra a Figura 8. É uma solução que fica visível internamente, dependendo da configuração da posição das ancoragens, e aplica-se para revestimentos leves ou pesados.

Figura 8 - Tipos de ancoragem.



Fonte: adaptado de Sousa (2010).

O mesmo autor, ainda explica que uma variação do sistema de grampos, é a forma de ancoragem linear por grampos, que consiste numa disposição contínua em todo o comprimento do elemento com distâncias de espaçamento a ser definidas conforme necessidade. Geralmente, este sistema é utilizado em casos onde as peças, como os montantes, possuem grandes dimensões, como é o caso de fachadas cortina.

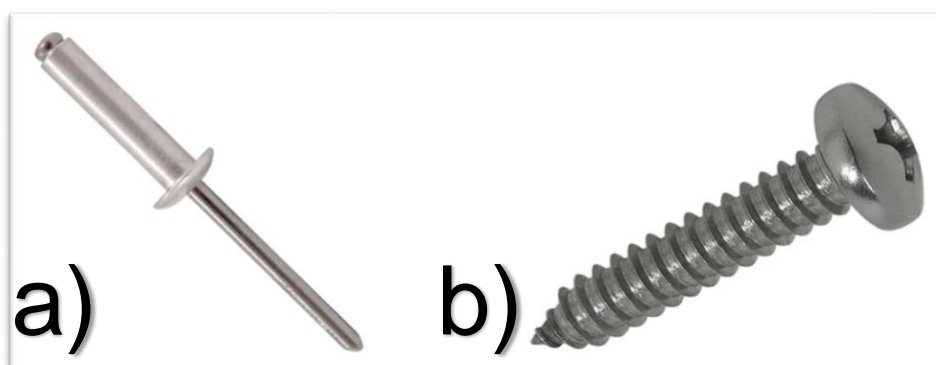
2.3.1.2 Fixação por parafusos ou rebites

Os parafusos possuem uma linha helicoidal na sua superfície, e promovem a fixação através da sua rotação. Já os rebites são descritos:

“Seu corpo consiste de uma haste cilíndrica de metal, com cabeça em uma de suas extremidades. Sua aplicação ocorre através do achatamento de sua ponta em um orifício pré-perfurado. Este achatamento (deformação por golpe) faz a haste cilíndrica preencher o orifício, prendendo o rebite e expandindo-se até 1,5 vezes seu diâmetro original. Desta forma o rebite é inserido de forma definitiva. Existem diversos tipos de rebites, porcas rebite, como também, variações de cabeças e de hastes” (CRV Parafusos, 2018).

A Figura 9 ilustra as diferenças estéticas entre os parafusos e rebites. Estes dois meios de fixação são usados pra promover a ligação entre montantes e travessas, como também para confeccionar os painéis de vidro.

Figura 9 - Parafuso e rebite.



Legenda: a) rebite, b) parafuso
Fonte: o autor (2019)

2.3.1.3 Fixação por moldura ou caixilharia

Segundo Sousa (2010), este sistema, permite a utilização de revestimentos de vidro ou metais através de fixação feita pela pressão exercida por dois perfis ligados por um parafuso. A estrutura atua como um sanduíche, onde as partes externas são os perfis, e a interna, o vidro. A interface entre a moldura e a placa e vidro é preenchida por material elastomérico, chamada também de gaxeta.

2.3.2 Fixação Química

CBIC (2017) explica que na fixação química dos quadros de vidro, exige-se muito mais rigor e cuidado na sua execução do que se fosse fixação mecânica tradicional. Além disso, nem todos os selantes disponíveis no mercado são adequados a essa aplicação, da forma que devem ser buscados selantes de silicone específicos para atender as necessidades dessa aplicação. A colagem com selante estrutural ou com fita dupla face estrutural deve atender à NBR 15737/2009 e à NBR 15919/2011, respectivamente. Além dos elementos selantes, também há um método de fixação por expansão química.

2.3.2.1 Silicone estrutural

O uso de silicone com função estrutural deve atender a norma vigente NBR 15737/2009. Segundo CBIC (2017) é um material que permite algumas vantagens tais como:

- Adesão química sobre ampla gama de substratos;
- Resistência a intempéries e UV;
- Facilidade de aplicação;
- Altas propriedades e resistência mecânica;
- Altas performances em termos de riscos de quebras térmicas dos painéis de vidro e absorção de efeitos em tremores.

No entanto, para que a aplicação deste material seja feita de maneira correta, é preciso que as condições de colagem sejam ideais, conforme recomendado pelo CBIC (2017), tais como: possuir uma área apropriada para colagem, com condições climáticas adequadas, permitindo um correto acondicionamento e espaço físico.

SOUZA (2018) complementa, que deve haver uma interação entre o fabricante do selante com a empresa responsável pelo fornecimento de vidros através do envio de amostrar do vidro e do alumínio para testes em laboratório e um cálculo das dimensões das juntas de silicone, que devem levar em conta o peso dos painéis, espessura, tipo de acabamento, cargas dinâmicas entre outros.

A integridade do sistema depende da aderência adequada do selante estrutural com o acabamento de anodização e/ou pintura do alumínio, e podem ter

muitas variações. Ainda assim, alguns tipos de acabamento podem exigir o uso de produtos de aderência chamados primers, os quais, devem ser especificados pelo fabricante do selante para promover a aderência adequada do selante estrutural na sua superfície. Espaçadores e calços são aplicados nas superfícies que receberão o selante, visando evitar a aderência do selante e deve ser aderente no mínimo em uma das faces de apoio, enquanto os calços devem ser instalados pontualmente à base dos painéis para evitar que o selante trabalhe em cisalhamento permanente (CBIC, 2017).

2.3.2.2 Fita dupla face

Da mesma forma que os selantes, as fitas com função estrutural devem atender a norma vigente NBR 15919/2011. SOUZA (2008) recomenda alguns cuidados para a execução com este tipo de material:

- A superfície deve estar limpa e a fita é aplicada com uso de espátula, sendo necessário a aplicação de silano no vidro e uma fina camada de primer na esquadria;
- Deve haver um correto dimensionamento da largura e quantidade da fita levando em consideração o tipo de perfil, acabamento, tamanho dos painéis e localização do edifício.

CBIC (2017) explica:

“A aplicação dessa fita, além de funcionar como barreira contra a passagem de ar e água através de uma membrana de um edifício, também propicia primordialmente suporte estrutural e fixação de vidros ou outros componentes a uma janela, fachada cortina ou outro sistema de esquadria de alumínio ou liga de alumínio.”

Também recomenda que o tratamento da superfície do perfil de alumínio faz parte do processo da colagem estrutural do vidro, da forma que a integridade do sistema depende da aderência adequada com o tipo de acabamento, seja por anodização, seja por pintura.

2.3.2.3 Chumbadores químicos

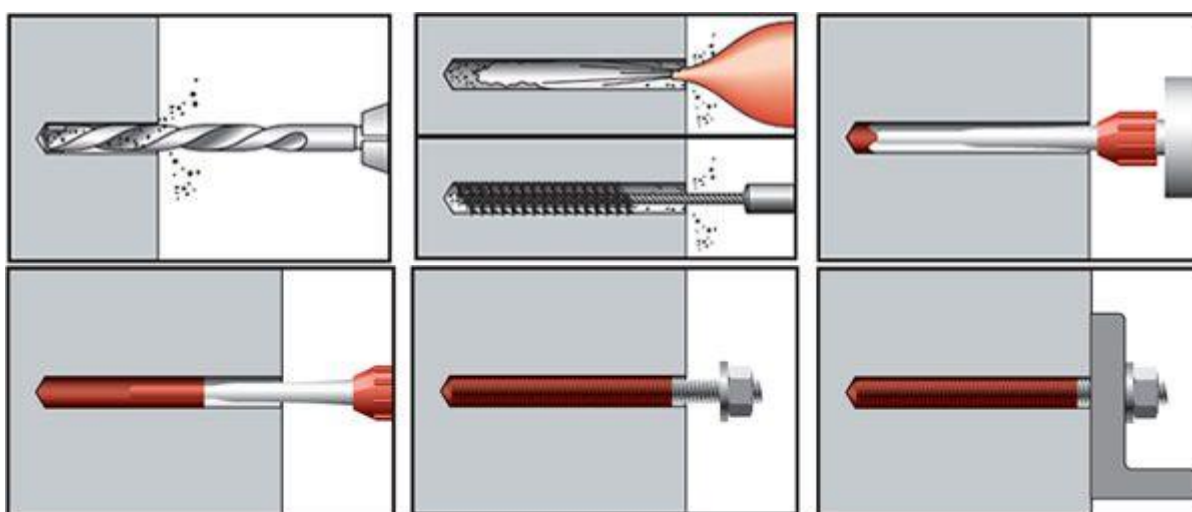
Neto (2018) afirma que devido a necessidade de se obter estruturas com altos níveis de confiabilidade e segurança, a utilização dos chumbadores químicos vem se tornando cada vez mais frequente na indústria da construção civil. Nakamura (2012) explica que os produtos podem ser aplicados em diferentes substratos, para a fixação de diversas peças que demandam tanto altas capacidades, quanto baixas capacidades de suporte. Também mostra, que os chumbadores químicos podem ser divididos em dois tipos:

- “Cápsula: consiste em uma ampola contendo adesivo químico, um catalisador e um agregado mineral. A mistura entre os componentes ocorre com a perfuração da cápsula durante a inserção do chumbador;
- Injeção: o adesivo químico é inserido diretamente no buraco perfurado com pistola de duplo êmbolo”. (Nakamura, 2012)

A Figura 10 mostra o funcionamento de um chumbador químico do tipo injeção, no qual, o procedimento é feito da seguinte forma:

1. Furação;
2. Limpeza grossa;
3. Remoção dos detritos;
4. Injeção da resina;
5. Inserção do prisioneiro com movimento giratório;

Figura 10 - Chumbador químico injetável.



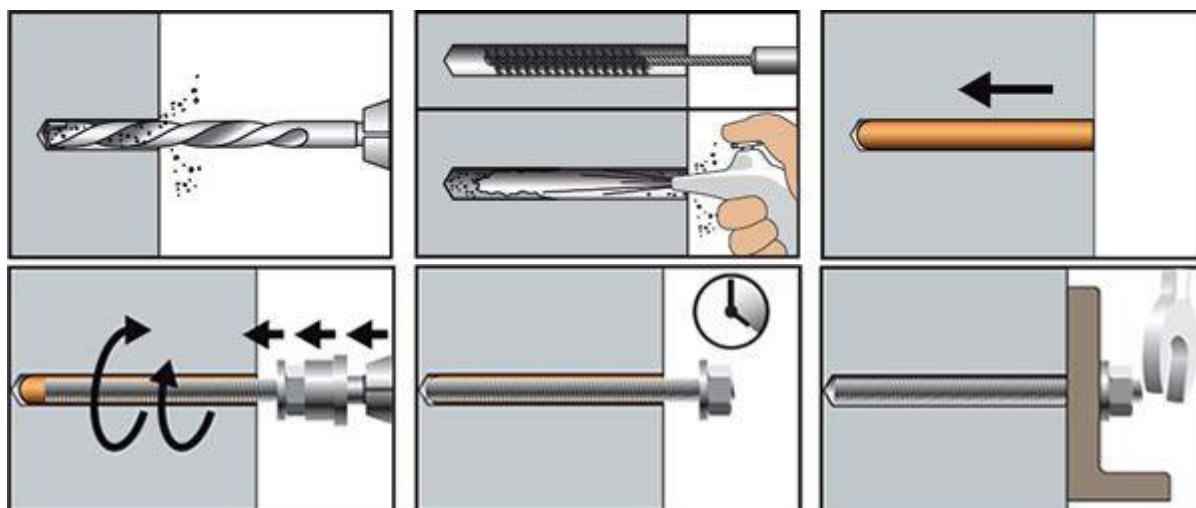
Fonte: Nakamura (2012)

Legenda: Furação, limpeza, injeção da resina, inserção do prisioneiro.

Da mesma forma, para o chumbador por cápsula (Figura 11) têm-se a repetição das três primeiras etapas, da seguinte forma:

1. Furação;
2. Limpeza grossa;
3. Remoção dos detritos;
4. Inserção da cápsula;
5. Inserção do prisioneiro com movimento giratório;
6. Espera para secagem
7. Fixação

Figura 11 - Chumbador químico por cápsula.



Fonte: Nakamura (2012)

Legenda: Furação, Limpeza, Inserção da cápsula, inserção do prisioneiro, espera para secagem e fixação.

A norma NBR 15049/2004 é responsável por instruir o uso deste tipo de chumbador, contendo recomendações acerca do seu uso. Também demonstra os tipos de materiais aplicados as resinas. Neto (2018) explica, que:

“quanto ao tipo de resina, há atualmente quatro bases utilizadas no mercado: epóxi, viniléster, poliéster e metacrilato de epóxi. A escolha pelo material adequado vai influenciar em fatores como capacidade de fixação e também tempo de cura”.

2.4 REQUISITOS DE DESEMPENHO

A norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013) estabelece os requisitos, os critérios e os métodos para a avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais

internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais ou de seus elementos. Requisitos como segurança contra incêndio, desempenho lumínico, saúde, conforto antropodinâmico, efeitos estruturais e adequação ambiental não serão abordados nesse trabalho.

Wong Wan Sie (2007) mostra que de certa forma, todas as paredes externas, independente do material em que são fabricadas, estão sujeitas e devem suportar os efeitos do meio ambiente, tais como a radiação solar, temperatura, água, o vento e a gravidade. Alguns fatores são influenciados pela localização geográfica do local de instalação, e isso deve ser levado em conta pelos projetistas.

O mesmo autor, afirma que *“Eles podem atuar na parede individualmente ou mais frequentemente em conjunto, mas para entender seu impacto sobre os requisitos do projeto, os efeitos de cada um devem ser examinados separadamente”*. Dessa forma, uma análise antecipada dos possíveis efeitos dessas forças naturais revela as fragilidades do sistema, que podem ser combatidas ainda em etapas de projeto.

2.4.1 Desempenho térmico

Um dos principais problemas causados pela incidência do sol, é o efeito de deterioração em materiais com pigmentos de cor, plásticos e selantes. Os raios encontrados na faixa do espectro ultravioleta, produzem mudanças químicas que causam desbotamento ou degradação mais séria dos materiais. É essencial, portanto, que os materiais e acabamentos vulneráveis a tal ação sejam minuciosamente investigados antes de serem usados, e que os selantes sejam testados quanto à resistência ao ataque de ozônio e à radiação ultravioleta. AAMA³ (1996) apud (Wong Wan Sie 2007, p. 29)

Outro problema causado pela luz solar passante é o desconforto térmico causado pela incidência direta sobre a pele, e pelo ofuscamento da visão, além da possível degradação do mobiliário interior. Convencionalmente, tais efeitos são combatidos pelo uso de algum tipo de dispositivo de sombreamento, dentro ou fora do vidro, tais como o uso de vidros refletivos ou reflexivos, que proporcionam alívio sem restringir a visão (WONG WAN SIE, 2007).

³ AAMA (American Architectural Manufacturers Association), 1996, ‘Curtain Wall Design Guide Manual’

Flutuações de temperatura, características do clima subtropical (mesotérmico) úmido, que possui chuva bem distribuída durante todos os meses do ano, afetam criticamente os detalhes da parede. Todos os materiais estão sujeitos a mudanças de temperatura, porém o que causa problemas é a diferença nos coeficientes de dilatação térmica, que fazem com que o alumínio presente nos montantes se dilate mais que o vidro, por exemplo.

A norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013) estabelece como requisitos de desempenho:

- Adequação das paredes internas – devem apresentar transmitância térmica e capacidade térmica que propiciam pelo menos o desempenho térmico mínimo estabelecido conforme cada zona bioclimática;
- Aberturas para ventilação – estabelece diretrizes para que as fachadas devam apresentar aberturas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes.

2.4.2 Estanqueidade

Segundo Quirouette⁴ (1999) apud (Wong Wan Sie, 2007, p. 30) a água é um dos principais causadores de patologias em esquadrias, seja ela em forma líquida ou vapor. Em conjunto com o vento, pode penetrar em aberturas muito pequenas e se mover por pequenas fissuras, ficando presa por dentro das paredes por muito tempo indetectáveis. Os materiais usados em paredes cortinas de metal são impermeáveis à água e a infiltração potencial é limitada às juntas e aberturas que não forem devidamente seladas.

As pressões e os vácuos criados por ventos fortes não sujeitam apenas a estrutura, mas também fazem com que a chuva desafie a gravidade, fluindo em todas as direções sobre a face da fachada. Assim, o vento deve ser reconhecido também como um fator importante que contribui para a potencial infiltração de água (WONG WAN SIE, 2007).

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) estabelece como requisitos:

⁴ Rick Quirouette, 1999, 'Glass and Aluminium Curtain Wall Systems'

- Infiltração de água nos sistemas de vedação verticais externas (fachadas) – devem “*ser estanques à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes*”.

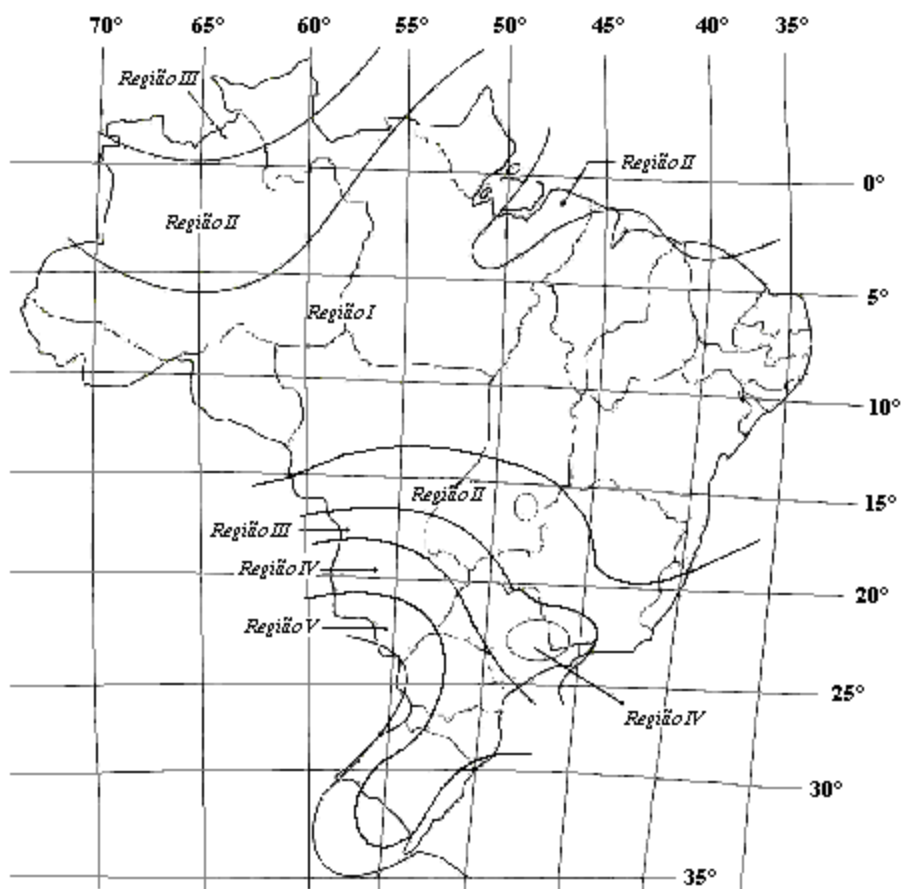
Como critério, estabelece:

“os sistemas de vedação vertical externa da edificação habitacional, incluindo a junção entre a janela e a parede devem permanecer estanques e não apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos, ou escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade”;

- Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrentes da ocupação do imóvel – “*Não permitir a infiltração de água, através de suas faces, quando em ambientes de áreas molháveis e molhadas*”. Como critério, estabelece que a quantidade de água que penetra não pode ser superior a 3 cm³, por um período de 24 h, em uma área exposta com dimensões de 34 x 16 cm.

A Figura 12 ilustra as condições de exposição das regiões brasileiras. Florianópolis (Santa Catarina), encontra-se na região IV conforme pode ser visto na Figura. Dessa forma, para o ensaio de estanqueidade em fachadas, a mesma deve resistir a uma pressão estática de 40 Pa a uma vazão de 3 L/m². min em ensaios em laboratório, conforme Tabela 11 da norma NBR 15575.

Figura 12 - Condições de exposição conforme as regiões brasileiras.



Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013)

Por fim, como premissas de projeto, estabelece que:

“O projeto deve indicar os detalhes construtivos para as interfaces e juntas entre componentes, a fim de facilitar o escoamento da água e evitar a sua penetração para o interior da edificação. Esses detalhes devem levar em consideração as solicitações a que os componentes da vedação externa estarão sujeitos durante a vida útil de projeto da edificação habitacional. O projeto deve contemplar também obras de proteção no entorno da construção, a fim de evitar o acúmulo de água nas bases da fachada da edificação”. NBR 15575-4 (ABNT, 2013)

2.4.3 Desempenho acústico

Wong Wan Sie (2007) afirma que a crescente preocupação com a poluição sonora, bem como a proliferação de edifícios próximos a grandes centros e aeroportos tem chamado a atenção cada vez mais para a necessidade de paredes externas com melhores isolamentos acústicos. De acordo com Croce (2019) a “*Lei da Massa: quanto maior a massa superficial de uma parede, ou o peso desta, melhor o seu desempenho*”

acústico. Massas maiores diminuem a ocorrência de vibrações e a probabilidade de transmissão sonora pelo sistema de vedação”.

A eficiência de uma barreira ao som depende, em grande parte, de seu elo mais fraco, e os elos mais fracos de uma fachada cortina, são na maioria das vezes as áreas envidraçadas e aberturas, por mais pequenas que sejam as últimas. Quando um alto grau de isolamento acústico é necessário, o vazamento de ar através da parede deve ser minimizado, com o uso de vidros duplos bem separados e selados por exemplo (WONG WAN SIE, 2007).

Este fato, pode ser explicado pelo sistema massa-mola, definido por Croce (2019) como:

“Devido à descontinuidade dos meios que constituem os sistemas massa-mola-massa, as diferenças de impedância dos meios causam perdas consideráveis sendo que parte da energia sonora é convertida em calor ou retorna ao ambiente de origem, resultando em um aumento do isolamento acústico do conjunto”.

A norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013) estabelece três métodos de avaliação do desempenho acústico, sendo eles:

- Método de precisão, realizado em laboratório:

“Este método determina a isolação sonora de componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros), fornecendo valores de referência de cálculo para projetos. O método de ensaio é descrito na norma ISO 10140-2” NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

- Método de engenharia, realizado em campo:

“Para fachadas determina, em campo, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso), caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema. O método é descrito na norma ISO 140-5” NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

- Método simplificado de campo:

“Este método permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso), do isolamento sonoro global entre recintos internos, em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter este parâmetro. O método simplificado é descrito na ISO 10052” NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

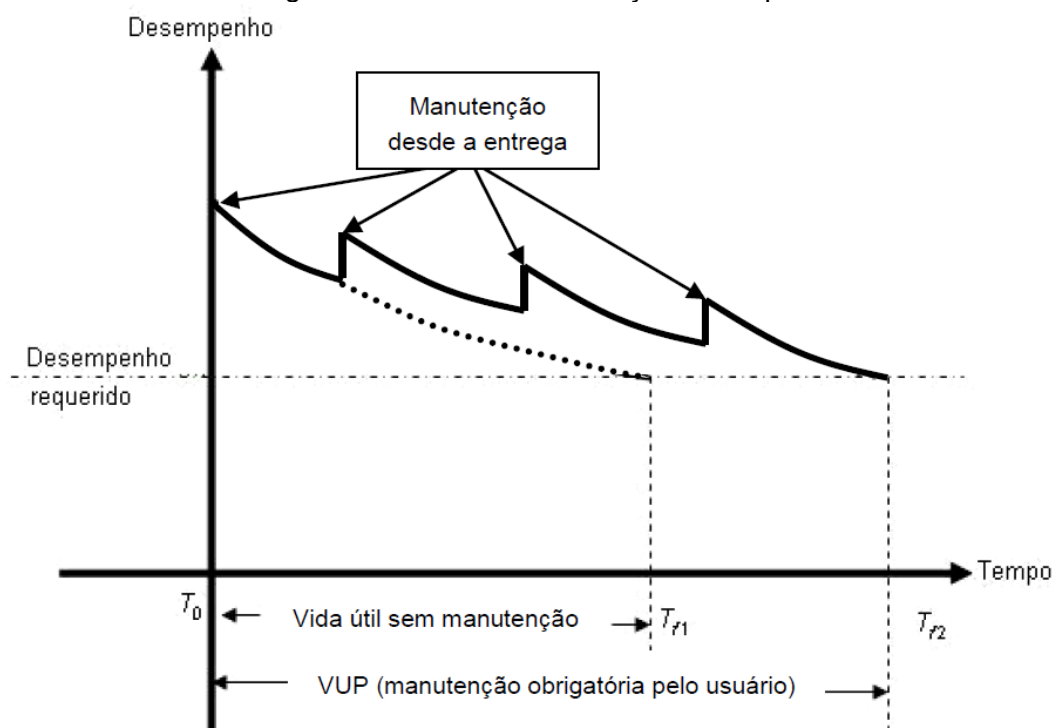
A norma de desempenho (NBR 15575) estabelece como requisitos:

- Nível de ruído permitidos na habitação;
 - a) Como critérios:
 - i) diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação externa (fachada) nos edifícios multipiso, verificada em ensaios de campo;
 - ii) diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação entre ambientes, verificada em ensaios de campo.

2.4.4 Durabilidade e manutenibilidade

Com a inserção da norma de desempenho, os sistemas passaram a ter uma vida útil regulamentada por norma. No entanto, para que se atinja esta durabilidade, é necessário que haja manutenções ao longo da vida útil dos componentes. A Figura 13 mostra um gráfico que confirma esta afirmação, da forma que ao realizar-se manutenções periódicas, ganha-se em desempenho e em consequência, aumenta a vida útil.

Figura 13 - Gráfico Manutenção x Tempo.



Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

Segundo a NBR 15575-1 ABNT (2013) define a durabilidade como:

“A durabilidade do edifício e seus sistemas é um requisito econômico do usuário, pois está diretamente associado ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixar de atender às funções que lhe foram atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja pela obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que seu desempenho deixa de atender aos requisitos do usuário preestabelecidos é denominado vida útil”.

Como requisitos de durabilidade, a mesma norma estabelece:

- 1) Vida útil de projeto do edifício e dos sistemas que o compõem: *“Projetar os sistemas a edificação de acordo com os valores teóricos preestabelecidos de vida útil de projeto”*. Como critérios:
 - i) Vida útil de projeto: Para sistemas de vedação vertical externa, deve-se adotar uma vida útil de projeto mínima (VUPmin) maior de 40 anos;
 - ii) Durabilidade: *“o edifício e seus sistemas devem apresentar durabilidade compatível com a vida útil de projeto (VUP)”*.
- 2) Manutenibilidade do edifício e de seus sistemas: *“Manter a capacidade do edifício e de seus sistemas e permitir ou favorecer as inspeções prediais, bem como as intervenções de manutenção previstas no manual de operação, uso e manutenção”*. Como critério:
 - i) Facilidade ou meios de acesso: *“Convém que os projetos sejam desenvolvidos de forma que o edifício e os sistemas projetados tenham o favorecimento das condições de acesso para inspeção predial através da instalação de suportes para fixação de andaimes, balancins ou outro meio que possibilite a realização da manutenção”*.

2.5 COMISSIONAMENTO

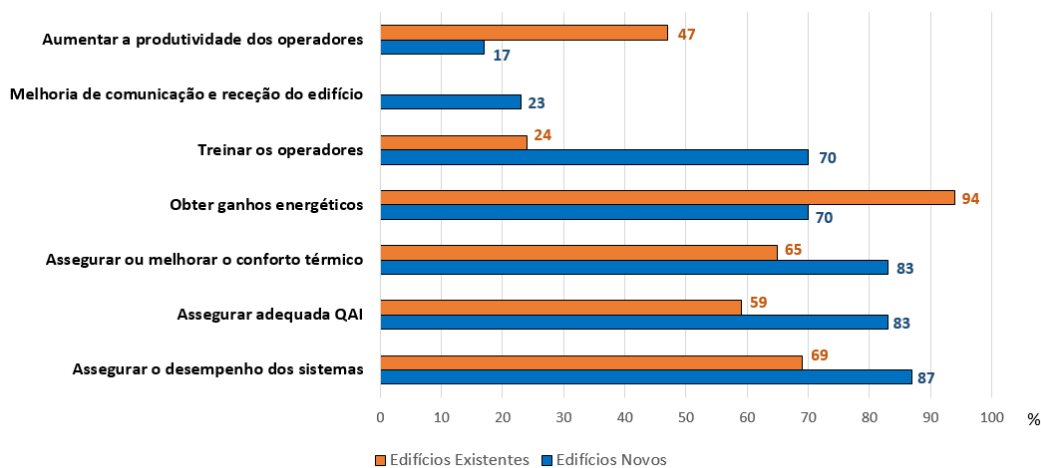
Segundo Cardoso (2015), os primeiros vestígios de comissionamento em edificações surgiram na década de 1950 na Europa, contudo, o conceito estava começando a dar os primeiros passos, bem distante de ser comum na indústria tradicional de construção civil. Foi após seu surgimento nos EUA, que passou a ter maior alcance, contribuindo com maiores desenvolvimentos até aos dias de hoje.

Segundo ASHRAE⁵ (2005) apud (Aldous, 2010, p. 1) o conceito de comissionamento é definido como um processo focalizado na qualidade para melhorar a entrega de um projeto. O processo se concentra na verificação e documentação de que a instalação e todos os seus sistemas e montagens são planejados, projetados, instalados, testados, operados e mantidos para atender aos requisitos de projeto. Neves⁶ (2012) apud (Ishida, 2015, p. 22) complementa, que ao longo do processo de comissionamento, as verificações da instalação, testes de operação e desempenho asseguram as características de projeto dos sistemas, evitando gastos desnecessários com energia.

Nota-se que não há um consenso entre os autores sobre uma frase que defina comissionamento, Ishida (2015) apresentou em seu trabalho, trinta diferentes conceitos para comissionamento na construção civil e explanou a quantidade de palavras chave que mais apareceram dentre eles. Requisitos, expectativa, necessidades, funcionalidades, inspeção, verificação, testes, revisão, processo e desempenho são aqueles que predominaram.

O gráfico mostrado na Figura 14, ilustra as principais razões para aplicar o comissionamento em edifícios tanto em fase de construção, quanto em antigos.

Figura 14 - Principais razões apresentadas para comissionar edifícios.



Fonte: Cardoso (2015)

⁵ ASHRAE. 2005. *ASHRAE Guideline 0-2005, The Commissioning Process*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

⁶ NEVES, F. L. L. Comissionamento ainda é pouco usado no Brasil: processo agrega valor ao projeto. [Entrevista a Ana Paula Basile Pinheiro] **Engenharia e Arquitetura**. 19 dez 2012. Disponível em: < <http://www.engenhariaearquitectura.com.br/noticias/631/Comissionamento-ainda-e-pouco-usado-no-Brasil.aspx> >. Acesso em 18 jul. 2014

Nota-se que em edifícios existentes, o comissionamento é visado principalmente com o objetivo de garantir ganhos energéticos, representando 94%. Quanto aos edifícios novos, os principais motivos que pedem pela implementação da estratégia de comissionar, têm a ver com assegurar o desempenho dos sistemas, representando 87%; a qualidade do ar interior, 83%; e o conforto térmico das instalações 83% (MILLS. E et al. 2004).

De acordo com Ishida (2015), atualmente o comissionamento está sendo mais utilizado para sistemas de ar condicionado e de iluminação, tendo como meta uma economia no uso da água aliado com o aumento da eficiência energética. Estes sistemas, estão sendo mais visados principalmente para o cumprimento de pré-requisitos para a obtenção de certificações como o LEED (*Leadership in Energy and Enviromental Design*). Fato este, também é mostrado pelo gráfico da Figura 14, o qual, mostra que os maiores índices estão relacionados a ganhos energéticos, conforto térmico e sistemas de qualidade do ar.

Cardoso (2015) explica que há diferentes termos que dizem respeito a de distintos tipos de comissionamento, os quais, variam conforme a etapa da construção. Em resumo, retro comissionamento é aplicável a instalações antigas que nunca sofreram processo de comissionamento; recomissionamento, atua em edifícios que já foram comissionados, porém precisam trazer de volta as intenções originais do projeto; e comissionamento contínuo, diz respeito a instalações que contenham planos de operação e manutenção avançadas.

Dentre todas as etapas de comissionamento, mostradas por Stannus e Priece⁷(2005) apud Ishida (2015, p. 21)) e Agústsson e Jensen (2011), merecem destaque:

- “Preparar o plano de gestão de comissionamento, descrever a sequência de atividades, principais dependências e o plano de teste de inspeção;
- Preparar os planos de testes de inspeção que são totalmente integrados no processo de projeto, traçando seus critérios de aceitação para a especificação ou norma de desempenho;
- Inspeccionar os sistemas quando estiverem perto da finalização da execução, atualizando o relatório de comissionamento para mostrar o estado atual dos problemas que foram identificados;
- Testar os sistemas e coletar os dados para verificar se está de acordo com os requisitos de projeto, enviando ao cliente uma

⁷ STANNUS, W. S.; PRICE, B. **Integrated systems comissioning**. Victoria, Australia: A. G. Coomb, Feb. 2005. 8p. Disponível em: <http://www.agcoombs.com.au/downloads/white_papers/Integrated%20Systems%20Commissioning.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2014.

cópia do relatório de comissionamento com os resultados dos testes do sistema”.

São formas de melhorar o desempenho do conjunto, aumentando sua vida útil e garantindo um processo de qualidade global durante o ciclo de vida do edifício (ÁGÚSTSON E JESNE, 2011).

Apesar de ser ainda pouco difundido no Brasil, torna a relação entre construtora e cliente mais transparente, apresentando manuais com os resultados dos testes, gerando uma sensação de tranquilidade aos usuários, além da questão financeira, conforme mostra WBDG (2016):

“Resultados de pesquisa têm indicado que os proprietários podem obter redução de custos operacionais de US\$ 4 durante os primeiros cinco anos de ocupação com resultado direto de cada US\$ 1 investido em comissionamento. No entanto, o custo de não comissionamento é igual ao custo de correção de deficiências mais os custos de operações ineficientes”.

2.5.1 Testes

De acordo com Kudder e Lies (1991), testes de laboratório e testes de simulação geralmente são realizados para demonstrar que uma janela ou parede cortina atende aos requisitos de desempenho das especificações do projeto ou como um método de garantia de qualidade. Testes semelhantes podem ser realizados para diagnosticar problemas e determinar o desempenho atual.

Aldous (2010) explica que os testes podem ser realizados antes do início da construção, e em determinadas etapas de construção (10%, 50% e 90% concluído) e com isso, é possível identificar problemas na obra ou em algum projeto de detalhe. Em conjunto com o controle de qualidade adotado, pode haver a execução de testes a serem adicionados no cronograma como meio de procurar e detectar falhas. Em seu trabalho, também sugere possíveis testes a serem realizados em campo, de acordo com as normas americanas (Quadro 5).

Quadro 5 - Testes sugeridos para sistema fachada cortina.

Teste	Norma	Objetivo do teste
Teste de vazamento de água	<i>ATSM E-1105- Standard Test Method for Field Determination of Water Penetration of Installed Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Uniform or Cyclic Static Air Pressure Differential (2008)</i>	Teste padronizado, mais recomendado para uso em laboratório
	<i>AAMA 501.1- 05, Standard Test Method for Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors for Water Penetration Using Dynamic Pressure (2005)</i>	Teste de pressão dinâmica, mais recomendado para uso em campo por apresentar maior rapidez e facilidade na execução
Teste de Resistência térmica	<i>AAMA 1503 - Voluntary Test Method for Thermal Transmittance and Condensation Resistance of Windows, Doors and Glazed Wall Sections (2009)</i>	A precisão deste teste pode ser questionada, a menos que todos os componentes internos, incluindo cliques de fixação de isolamento e janela, bem como um ambiente de ar interior condicionado e umidificado possa ser simulado
Teste de vazamento de ar	<i>ASTM E783 - Standard Test Method for Field Measurement of Air Leakage Through Installed Exterior Windows and Doors (2002)</i>	Podem não produzir resultados precisos, a menos que todas as fontes de ar estranho possam ser eliminadas da câmara. Mais recomendado para laboratório
	<i>ASTM E1186 - Standard Practices for Air Leakage Site Detection in Building Envelopes and Air Barrier Systems (2009)</i>	Teste qualitativo, destina-se a identificar a localização de um vazamento de ar
Teste de adesão	<i>ASTM C1521-09e1 - Standard Practice for Evaluating Adhesion of Installed Weatherproofing Sealant Joints (2009)</i>	Teste suficiente para determinar a adesão das juntas de vedação com relação as intempéries, pode ser realizado em obra

Fonte: Autor com base em dados de Aldous (2010).

Kudder e Lies (1991) afirmam que a fachada em pele de vidro pode ser testada como um sistema completo, ou seja, com a união de todas as peças, ou como um conjunto de componentes individuais. Geralmente é prudente fazer as duas coisas. Os mesmos autores, propõem como testes a serem realizados em campo para a verificação da estanqueidade de água:

- A aplicação de uma lâmina d'água dotada de uma cor marcante, e observação se há vazamentos com o decorrer do tempo, permitindo a observação do comportamento no painel.

Para a observação da penetração de ar sugerem:

- Aplicação de dispositivo gerador de fumaça, gerando uma pequena corrente de fumaça química branca, a qual permite identificar caminhos de fuga de ar. Este, também pode ser um caminho de água, permitindo identificar possíveis falhas no sistema já montado.

Memari (2013) explica que uma importante vantagem da realização de testes em campo, é a capacidade de conduzi-los em vários estágios da incorporação, tais como o início, meio e até 75% da construção. Além disso, os testes podem ser repetidos em qualquer lugar da fachada.

O mesmo autor, sugere que antes do início da execução seja criado uma maquete da fachada em tamanho reduzido, porém suficientemente grande para acomodar alguns painéis para avaliar o desempenho e o aspecto visual. O modelo visual representa um meio econômico de fazer alterações em materiais ou cores antes da construção em massa do edifício. Os arquitetos gostam especialmente de usar modelos estéticos para explorar ou revisar diferentes materiais. Além disso, estas maquetes visuais são frequentemente erguidas no local como referência de garantia de qualidade para o contratante. Já o modelo de desempenho pode ser submetido a uma sequência de testes, que incluem carregamento de vento, penetração de água (estática e dinâmica), penetração de ar, desempenho térmico e transmissão de som.

Memari (2013) ainda complementa que um dos aspectos mais importantes do teste é a documentação. Um protocolo de teste é seguido, então os resultados de laboratório ou de campo são publicados e podem ser comparados com a modelagem analítica inicial.

Portanto, os resultados dos testes demonstram uma indicação antecipada do desempenho esperado, e fornecem meios para corrigir em projeto a escolha do material e os métodos de execução, ou alterações na sequência executiva. Toda esta etapa de comissionamento atua principalmente na qualidade final do produto.

2.6 GESTÃO DA QUALIDADE

Arditi e Gunaydin (1997) afirmam que a obtenção de níveis aceitáveis de qualidade na construção civil tem sido um problema há muito tempo. Enormes gastos monetários, tempo, recursos humanos e materiais são desperdiçados a cada ano por causa de ineficientes ou inexistentes procedimentos de gestão de qualidade. Pode ser definida como algo que atenda aos requisitos legais, estéticos e funcionais de um projeto. No entanto, só é obtida se os requisitos declarados forem adequados e o projeto concluído estiver em conformidade com os requisitos apresentados.

Segundo Pheng e Teo (2004), os sistemas de qualidade envolvem todo o conjunto da estrutura organizacional, procedimentos, responsabilidades, processos e recursos de modo a implementar a gestão da qualidade, da forma com que haja uma estrutura orientadora para assegurar que todos os processos sejam executados de forma consistente, usando as mesmas informações, métodos, habilidades e controles.

Arditi e Gunaydin (1997) explicam que também deve estar clara a diferença entre qualidade do produto, qualidade do processo, garantia de qualidade e controle de qualidade ou seja:

- 1) Qualidade do produto refere-se qualidade dos elementos diretamente relacionados ao produto físico em si;
- 2) Qualidade do processo que faz com que o produto seja aceitável ou não. Por exemplo, a qualidade do produto na construção civil pode se referir à qualidade nos materiais, equipamentos e tecnologia que entram na construção, enquanto qualidade do processo refere-se à obtenção de qualidade na maneira como o projeto é organizado e gerenciado nas três fases de planejamento/projeto, construção e operação/manutenção;
- 3) Garantia de qualidade são todas as ações planejadas e sistemáticas necessárias para fornecer a confiança adequada de que uma estrutura, sistema ou componente funcionará de maneira satisfatória e em conformidade com os requisitos do projeto;
- 4) Controle de qualidade é um conjunto de procedimentos específicos envolvidos no processo de garantia de qualidade, que visam monitorar e buscar a eliminação de fontes que levam a um desempenho insatisfatório. Esses

procedimentos incluem planejamento, coordenação, desenvolvimento, verificação, revisão e programação do trabalho.

No Brasil, há um crescente busca das empresas de construção civil com certificações de ISO 9001 e PBQP-H. São programas que comprovam e certificam a qualidade construída em edificações. Segundo TEMPLUM (2018), o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é definido como um:

“Sistema de Gestão da Qualidade específico para a construção civil e é regido pela portaria número 383 de 14 de junho de 2018. A busca por esses objetivos envolve um conjunto de ações, entre as quais se destacam: avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras, formação e requalificação de mão-de-obra, normalização técnica, informação ao consumidor, promoção da comunicação entre os setores envolvidos e principalmente visa o estabelecimento de padrões de qualidade dos empreendimentos realizados”.

A certificação ISO 9001 é fundamentada na NBR ISO 9001/2015, estabelece os requisitos para uma empresa obter a certificação. Segundo HITEAM (2018) através da implantação da norma, têm-se uma melhora na prestação de serviço ao cliente, também é usado para medir o nível de satisfação dos clientes, melhorando a eficácia da gestão da empresa.

Da mesma forma, o conceito de *Total Quality Management (TQM)* é entendido como um amplo esforço sistemático, integrado e consistente que compõe toda a organização, dedicando-se à satisfação do cliente por meio de uma melhoria contínua. Como seu objetivo principal ser o envolvimento de todos, a metodologia TQM tem o potencial de melhorar os resultados de negócios, maior orientação e satisfação do cliente, envolvimento e realização dos funcionários, trabalho em equipe e melhor gerenciamento dos trabalhadores dentro das empresas (ARDITI E GUNAYDIN, 1997).

A ausência de qualidade, ou a má gestão dela, levam os sistemas construtivos a níveis com baixíssimas vidas útil. Da mesma forma, se não houver controle de qualidade, desde o recebimento dos materiais até na execução dos serviços geram-se produtos que vão em desacordo com os requisitos normativos ou de projeto. Para contornar esta situação, é necessário que o produto seja manufaturado novamente, processo este, chamado de retrabalho.

Estima-se que o retrabalho, normalmente, é responsável por cerca de 5% dos custos totais do projeto, mostrando-se como um desperdício e um alvo óbvio para melhorias. Em tempos de alta demanda, os empreiteiros são capazes de negligenciar

a qualidade de construção, em certa medida, pelo simples fato de pressa na conclusão da obra. Além disso, ainda alguns evitam ou mascaram estes problemas afim de obter maiores margens de lucro (TAGGART; KOSKELA; ROOKE, 2014).

Love e Edwards (2004) explicam que o termo retrabalho descreve o trabalho que precisa ser feito pela segunda vez. Isso pode ser resultado de uma variedade de erros na execução, como também de mudanças conduzidas pelo cliente após a aprovação e execução do projeto. Se o defeito for causado por erros na execução, é natural que o contratado pague pela correção. Mas se a causa for de mudança solicitada pelo cliente, o contratante pode ter direito a uma compensação contratual.

Os mesmos autores ainda explicam, que os defeitos são descobertos em vários estágios da confecção do produto: durante a construção, durante as inspeções de final de obra, após a entrega do projeto, ou no período de manutenção subsequente. Segundo Hwang et al. (2009), do ponto de vista do contratante, muitas vezes o retrabalho é apenas uma questão de saber se será pago ou não pelo serviço de retrabalho.

Sommerville (2007) identificou em sua pesquisa as principais causas dos defeitos. Questões relacionadas ao projeto correspondem a 50%; Fase de construção, 40%; e relacionadas a falhas no produto final, 10%. Josephson et al. (2002) examinando áreas similares àquelas por Sommerville (2007) encontraram como causas: relacionadas ao projeto 26%; produção/processo do local 20%; mão de obra 20%; falha de materiais 17%; problemas relacionados ao cliente 6%; e falha de maquinário 3%.

Shammas-Toma et al. (1996) explicam que empresas de construção tendem a confiar na prática de identificação de problemas com a realização de inspeções durante e após a execução. Isso geralmente é impulsionado por sistemas formais de qualidade. Essa abordagem, no entanto, lida com os sintomas, enquanto as causas raízes dos problemas permanecem ocultas.

Abdul-Rahman (1996) afirma que o custo das medidas de prevenção é geralmente mínimo quando comparado aos custos de retrabalho, materiais descartados e tempo perdido, por isto, é de grande valia inspecionar e resolver as causas, do que simplesmente ignorá-las. Love e Edwards (2004) mostraram que na comparação em termos de custos diretos (aqueles associados especificamente ao

defeito ou problema) e custos indiretos (associados à visita de retorno da mão de obra) descrevem um caso em que os custos indiretos foram 22,5 vezes os custos diretos.

Love e Li (2000) afirmam que o uso de um sistema formal de gestão da qualidade pode reduzir substancialmente os custos de retrabalho e defeitos. Os autores mostraram que, em projetos típicos de construção civil, os empreiteiros gastam pelo menos três semanas por ano fazendo retrabalho.

Floriani; Giovanela; Machado (2007, p. 1) afirmam que:

“Um dos objetivos das empresas quando se dispõem a implantações de métodos para controle e gerenciamento de processos, é o aumento da satisfação de seus clientes internos e externos com o principal objetivo de desenvolvimento de uma cultura de qualidade. Para se chegar neste objetivo, torna-se importante que os dispêndios empregados na construção de uma empresa de qualidade sejam encarados como investimento e não como custos”.

Cronin e Taylor (1992) citam a diferença entre qualidade percebida e satisfação. Definem como qualidade percebida a maneira como a empresa contratada cria expectativas nos contratantes; e satisfação, como a verificação do cumprimento das expectativas dos clientes. São características que estão interligadas, da forma que níveis mais altos de qualidade percebida resultariam em um aumento na satisfação do consumidor.

Cruz et al. (2006) afirmam que na etapa de gerenciamento da qualidade, a mesma deve ser planejada, projetada e incorporada, e não apenas inspecionada no decorrer dos trabalhos. (FLORIANI; GIOVANELA; MACHADO, 2007) p.6. complementam que:

“Seguramente não se conseguirá atingir níveis satisfatórios de qualidade no produto final, se durante as etapas de desenvolvimento de projeto e planejamento não forem previstas todas as etapas que serão cumpridas durante a execução da obra. Corrigir as falhas apenas no final do processo produtivo, se for possível é comumente muito oneroso, além de significar um custo que seguramente não foi mensurado e quantificado previamente pela empresa construtora”.

Lordêlo; Melhado⁸ (2003) apud Sukster (2005, p. 17) constataram que as principais dificuldades para manutenção do sistema de gestão da qualidade nas empresas estavam na falta de comprometimento dos colaboradores. Misfeldt e Bonke

⁸ LORDÊLO, P. M.; MELHADO, S. B. **A versão 2000 da série de normas NBR ISSO 9000: o caso das empresas construtoras de edifícios.** III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, UFSCar, 2003.

(2004) propõem um modelo de gerenciamento em que são aplicados o planejamento das tarefas e o controle da qualidade das mesmas. O modelo foi dividido em cinco etapas, iniciando pela realização do planejamento das tarefas; distribuição das tarefas aos operários; o autocontrole das tarefas realizadas; preenchimento de documentos da qualidade e por fim, a realização de reuniões para o relato das não conformidades e de propostas de melhorias de serviços (SUKSTER, 2005).

O preenchimento de documentos de qualidade pode ser feito, por exemplo, conforme sugerem De Souza e Mekbekian (1996). Que sejam elaborados os formulários para:

- Procedimento de Execução de Serviços (PES): Apresenta como objetivo descrever a finalidade do procedimento especificando o tipo de método construtivo, relacionar os projetos, especificações e materiais aos quais o serviço a ser executado está vinculado;
- Procedimento de Inspeção de Serviços (PIS): Objetiva discriminar a verificação, ensaio ou teste a ser realizado para controle da qualidade do serviço. Especifica também a maneira como proceder com a verificação, que tipos de equipamentos utilizar, limites de tolerância, critérios de aceitação e ações corretivas;
- Ficha de Verificação de Serviços (FVS): Deve ser preenchida com os dados de aprovação ou rejeição das condições para início do trabalho e verificações durante a execução dos serviços, conforme estabelecidos no PIS;
- Ficha de Verificação de Materiais (FVM): Contém as diretrizes para o recebimento e armazenamento de materiais.

Os procedimentos (PIS e PES) são elaborados em escritório, e as Fichas (FVS e FVM) são levadas para obra, a fim de serem preenchidas durante a execução de serviços. Os mesmos autores, ressaltam que além da correta elaboração dos procedimentos demonstrados a cima, é essencial definir uma estratégia de implantação, a qual, deve levar em conta o tipo da mão de obra, formas de treinamento, períodos de realização das inspeções, responsáveis, entre outros. Exemplos de modelos para as fichas apresentadas, encontram-se no Anexo A deste trabalho.

Wong Wan Sie (2007) expõe que a maioria dos fornecedores de paredes cortina fornecem os conhecimentos necessários e as capacidades de produção para

construir um edifício de qualidade. No entanto, nenhum arquiteto/projetista deve projetar um sistema sem uma compreensão geral das características da tecnologia e métodos construtivos, em particular os requisitos de montagem, programação e teste da parede de cortina em campo ou em laboratório.

2.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

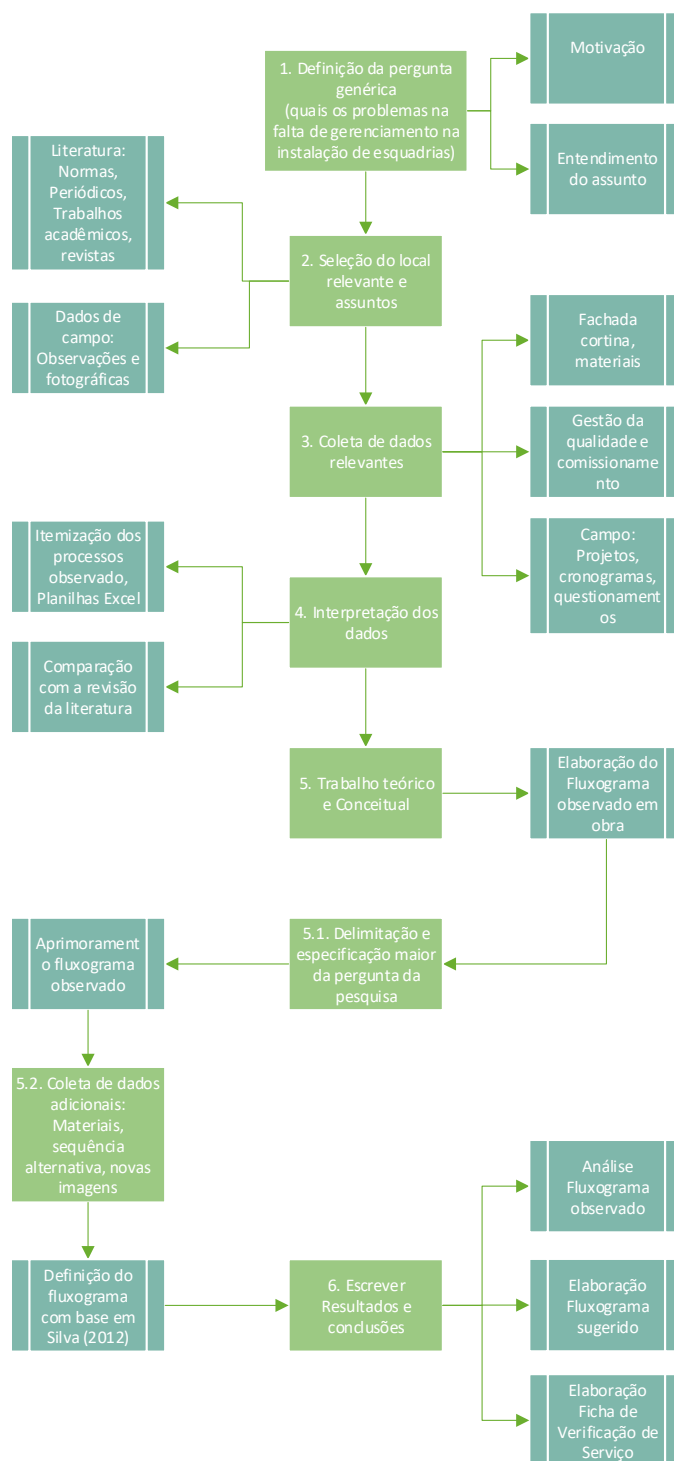
As informações apresentadas nesse capítulo, são de suma importância para o entendimento dos tipos de fachada cortina, métodos de fixação, a importância do correto manuseio das peças e dos processos de controle, que serviram como base para o aprimoramento do método construtivo na construção de fachadas cortina. Todos estes itens, estão presentes no fluxograma de processos sugeridos sob a forma de subprocessos.

Do mesmo modo, a explicação do método de comissionamento, torna possível a inserção desta etapa no final da construção, da forma que a contratada entrega a responsabilidade sob o sistema para a contratante, cabendo a essa aceitar ou não o produto final. Além disso, também foi possível a adição de testes de controle a serem realizados durante a montagem do sistema.

3 MÉTODO

A metodologia deste trabalho encontra-se resumida na Figura 15, na qual, pode-se observar a seqüência de processos utilizados para descrever o Capítulo 3.

Figura 15 – Método.



Fonte: autor com base em Bryman (2008).

A principal motivação para a elaboração deste trabalho está relacionada com a empresa onde o autor fazia estágio. Sua função era o acompanhamento das atividades no canteiro de obras e dentre todas as frentes de serviço, a execução da fachada em pele de vidro foi a que apresentou maiores problemas relativos à mão de obra e execução. Com isso, buscou-se entender todas as etapas do método construtivo utilizado pela construtora, as quais, abrangiam desde o recebimento de materiais, transporte, armazenamento e instalação; os motivos das tomadas de decisões; e principalmente, encontrar as possíveis falhas no sistema. Em geral, a procura por essas informações foi fundamentada na seguinte pergunta:

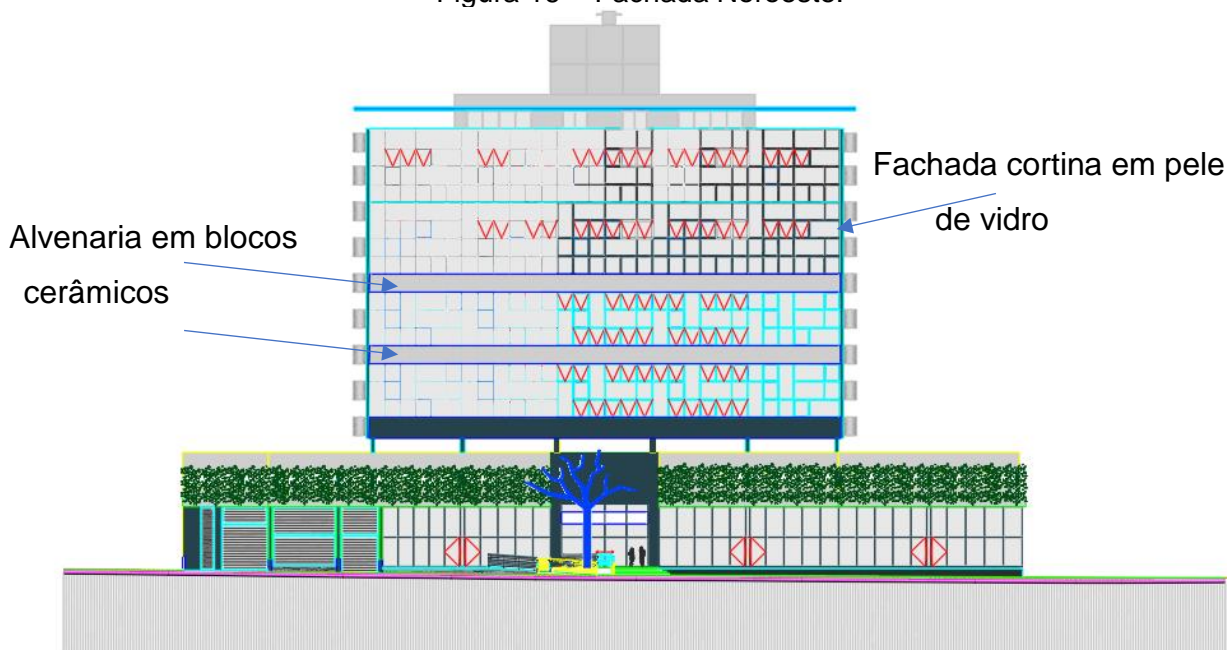
Quais os problemas da falta de gerenciamento na instalação de esquadrias?

3.1 COLETA DE DADOS

Como forma de entender o processo, buscou-se informações em periódicos, livros e normas digitais, visando a caracterização do sistema fachada cortina, formas de execução, tipos de ancoragem e processos de comissionamento. Nesse mesmo contexto, apontaram-se alguns critérios relacionados a determinados requisitos de desempenho da norma NBR 15755 (ABNT, 2013), uma revisão sobre a gestão de qualidade no âmbito de transporte, estocagem e manuseio das peças e possíveis formas de controle que alavanquem qualidade antes, durante e após a instalação do sistema.

A edificação em estudo é do tipo comercial de padrão médio, localizada no município de Florianópolis, em Santa Catarina. Os pavimentos foram divididos em: loja e sobreloja nos dois primeiros andares; além de três pavimentos de garagem (um subsolo, uma garagem e um pilotis); oito pavimentos tipo e um pavimento ático, esses últimos destinados a escritórios. O fechamento vertical de uma das fachadas foi feito com alvenaria em blocos cerâmicos contendo janelas encaixilhadas em esquadria de alumínio e vidro, enquanto nas demais fachadas, com pele de vidro. A Figura 16 lustra a fachada principal, na qual predomina o uso da pele de vidro.

Figura 16 - Fachada Noroeste.



Fonte: construtora (2018)

Nota-se pela Figura 16, que o sistema é composto por alvenaria de blocos cerâmicos, sustentados por vigas de bordo em concreto armado que compõem pequenas faixas e o restante pelo sistema pele de vidro, o qual, apresenta painéis fixos e janelas do tipo *maxim-ar*. Pela Figura 17, é possível observar que estes painéis também estão presentes em parte nas fachadas nordeste e sudoeste, porém, com dimensões menores que aqueles da fachada principal (noroeste).

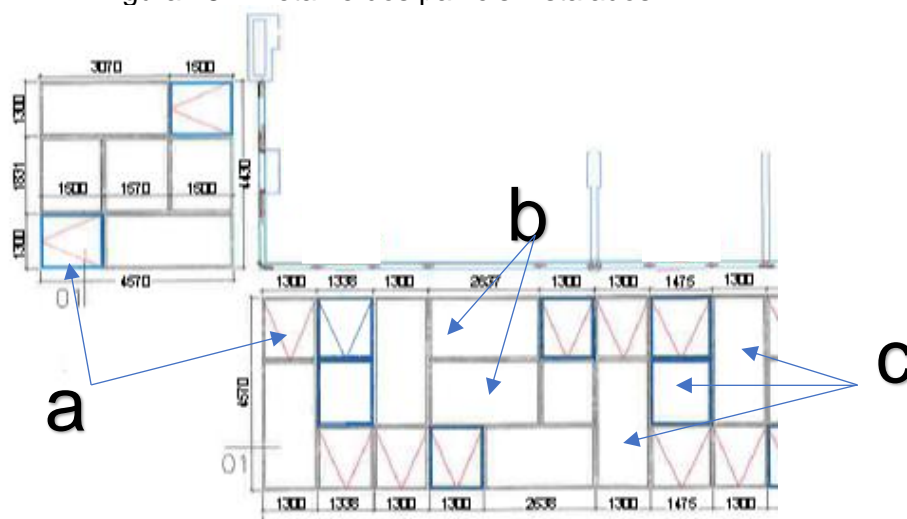
Figura 17 - Fachadas onde há o sistema pele de vidro.



Fonte: construtora (2019)

Os painéis possuem diferentes dimensões, que são identificados por um código determinado pelo projetista. Os mesmos, são posicionados de formas alternadas vertical e horizontalmente (Figura 18) conforme projeto arquitetônico, e nota-se que um conjunto de painéis é repetido por toda a fachada, como se fosse um módulo. Na mesma Figura é possível observar a diferença citada entre as dimensões dos painéis, posicionamento e a fixação ou não dos mesmos. Para o método construtivo, optou-se pela utilização do sistema de montagem que mistura elementos pré-montados, com o uso de painéis contento vidro encaixilhado, com elementos do *stick wall system*. Os vidros são do tipo laminados refletivos e a estrutura de alumínio é natural com pintura fosca, ambos oferecidos pela mesma empresa.

Figura 18 – Detalhe dos painéis instalados.

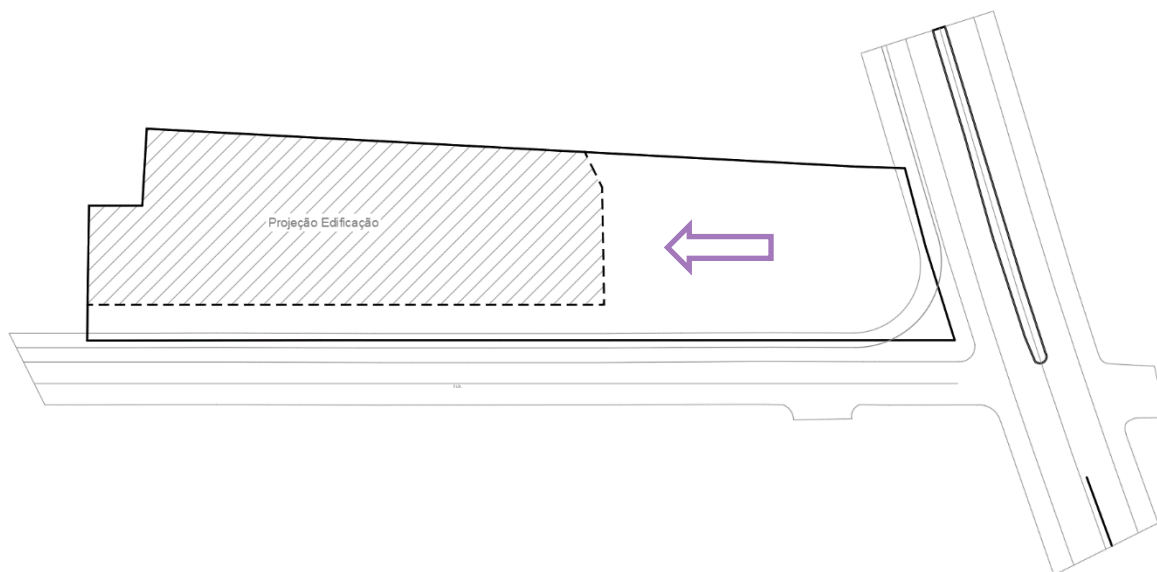


Fonte: o autor (2019)

Legenda: a) Janelas operáveis do tipo *maxim-ar*, b) painéis fixos horizontais e c) painéis fixos verticais

A Figura 19 ilustra o layout do canteiro, no qual, percebe-se que o terreno onde a edificação está construída é bastante amplo, contendo cerca de 1638,3 m² na região achurada, o que gera um grande espaço para a instalação do canteiro de obras, movimentação de máquinas e trabalhadores.

Figura 19 - Canteiro de obras.



Fonte: o autor (2019)

Na parte que não está hachurada, está instalado o escritório, almoxarifado, depósito, banheiros e refeitório. Além disso, ainda tinha espaço para caçambas de entulho e lixeiras. Durante boa parte da obra, esteve presente na fachada sudeste (mostrada com uma seta na Figura 19) um elevador do tipo cremalheira, que servia para movimentação vertical de materiais, similar ao mostrado na Figura 20.

Figura 20 - Elevador Cremalheira.



Fonte: Montarte (2019)

Para esta obra, a construtora optou por subcontratar toda a mão de obra, com exceção dos pintores, os quais, eram mensalistas diretos da empresa. A empresa responsável pela instalação de toda a esquadria da edificação foi subcontratada através de um contrato do tipo permuta, onde a esquadria seria fornecida e instalada

em troca de 3 (três) escritórios na edificação. Esta relação contratual foi firmada pelo fato de a construtora não possuir recursos para arcar com toda a esquadria, e para evitar ainda mais atrasos estabeleceu-se esta relação.

A mão de obra era de responsabilidade da empresa subcontratada e continha um número de colaboradores que variava ao longo das semanas. A frente de serviço era comandada por um colaborador, responsável por liderar e coordenar a execução, que também cumpria as mesmas funções que os demais membros. Eram uma equipe com baixa produtividade, que não cumpria horário e trabalhava sempre desanimada. Quando questionados, reclamavam sobre falta de pagamento e desunião dos membros.

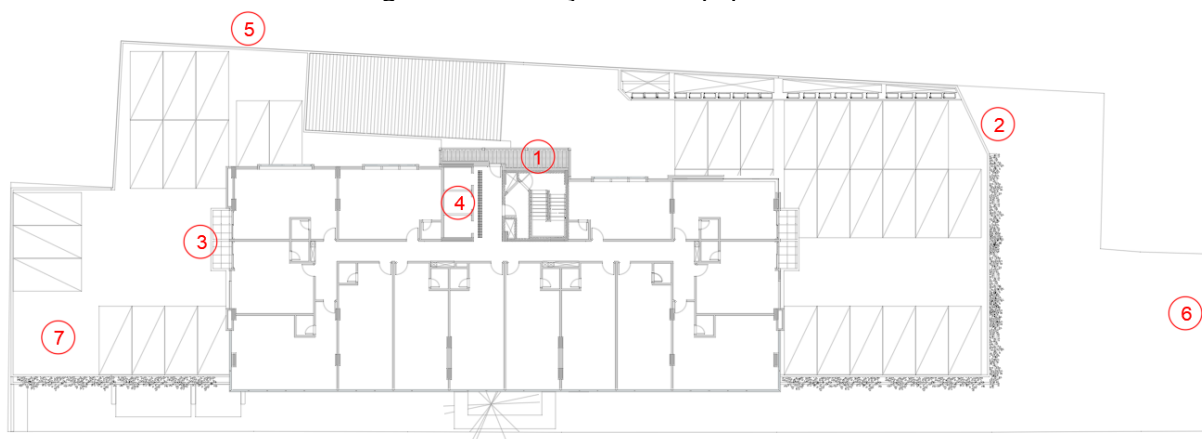
Devido ao andamento da obra, aliado com a falta de recursos, optou-se pela antecipação da instalação dos elevadores de passageiros no interior da edificação, e a remoção do elevador cremalheira. Esse fator, acabou por prejudicar a frente de serviço de esquadria, pois a falta de um equipamento de transporte com maior capacidade, forçou os trabalhadores a utilizarem outros recursos. Como forma de atenuar os efeitos da falta deste tipo de transporte, foram instalados duas minis guas, uma no pavimento Ático (último andar), e outra, no pavimento Pilotis (garagem aberta), ambas com capacidade muito reduzida de utilização, porém, seriam capazes de transportar as partes integrantes da esquadria, além dos materiais de outras frentes de serviço. O Quadro 6 mostra os equipamentos disponíveis durante a execução do serviço, enquanto a Figura 21 ilustra a posição desses.

Quadro 6 - Equipamentos e ferramentas

ID	Categoria	Uso
1	Minigrua	Argamassa, esquadrias, vigotas pré-moldadas
2	Minigrua	Argamassa, esquadrias, vigotas pré-moldadas
3	Balancim elétrico	Aplicação de ACM
4	Elevador de passageiros	Argamassa, esquadrias
5	Balancim manual	Reboco
6	Betoneira 400 L	Argamassa em geral
7	Paleteira manual	Revestimentos cerâmicos

Fonte: o autor (2019)

Figura 21 - Posição dos equipamentos



Fonte: o autor (2019)

Legenda: *1 está posicionado no pavimento Ático e 6 no pavimento térreo

Em vários momentos alguns equipamentos precisavam ser utilizados por mais de uma equipe simultaneamente, causando a ociosidade da mão de obra. Da mesma forma, a empresa fornecedora dos materiais atrasava a entrega de peças componentes, fazendo com que os colaboradores largassem a etapa de instalação e passassem a transportar material ou até mesmo parar o serviço por completo. Desse modo, com a finalização dos outros serviços que também utilizavam dessa minigrua, a construtora optou por remover essas duas máquinas por questões financeiras, pois nem sempre era feito transporte vertical de materiais. Por isso, boa parte dos materiais passou a ser transportado manualmente, com o auxílio de cordas operadas manualmente pelos colaboradores.

No canteiro de obras havia a presença de um técnico de segurança do trabalho, que também era responsável pelo setor de suprimentos, e por esse motivo acabava por ficar mais tempo no escritório do que em obra. A falta de fiscalização aliada a forma contratual entre a empresa fornecedora e a construtora, removia a autoridade do técnico sobre os colaboradores, da forma que não havia a possibilidade de retirada daqueles que se recusassem a respeitar as normas de segurança. Dessa forma, geralmente trabalhavam de bermuda e tênis, se recusavam a usar capacete, luvas e óculos e ao trabalhar em altura, muitas vezes não utilizavam o cinto trava quedas e nenhum outro equipamento de proteção.

Para a execução da fachada, a construtora dispunha do projeto arquitetônico completo, com as especificações e dimensões dos vãos desejados e os posicionamentos de cada um dos painéis fixos ou das janelas *maxim-ar*. Além disto,

dispunha do manual descritivo que continha diretrizes sobre todos os materiais a serem utilizados em obra, e o projeto inicial de esquadrias, contendo os perfis recomendados e tamanho dos cordões de silicone estrutural. A empresa contratada para fazer o projeto arquitetônico estabeleceu que os painéis de vidro seriam fixados através de silicone estrutural;

Em momento algum houve qualquer tipo de controle tecnológico envolvido com os materiais ou a sequência construtiva. Quase sempre a empresa fazia a entrega dos materiais sem nota fiscal, muito menos se sabia quando os materiais seriam entregues. Da mesma forma, havia a existência de fichas de verificação de serviço apenas para esquadrias encaixilhadas. No entanto, não havia nenhum tipo de controle para a esquadria em pele de vidro. Os próprios colaboradores que estabeleciam o padrão de qualidade da execução, bem como as formas de transporte e armazenamento. Além disso, o uso de equipamentos de transporte e meios de armazenamento era feito de qualquer forma, sem o devido cuidado e em nenhum momento fora realizado algum tipo de teste para avaliar a qualidade dos itens individuais e do sistema.

Segundo cronograma estabelecido pela construtora (Apêndice B), o empreendimento iniciaria em setembro de 2014 com prazo de conclusão para agosto de 2016. No entanto, durante a coleta de dados, o empreendimento estava com menos de 80% concluído. Através desse cronograma, o início das atividades de esquadria possuía como condições iniciais de trabalho que toda a fachada estivesse pintada com a superestrutura finalizada. Em paralelo a vedação vertical, ocorriam serviços de revestimento cerâmico (utilizando paleteira e elevador de passageiros), concretagem das lajes da área técnica (utilizando minigruas), reboco da alvenaria de divisa (utilizando balancim), instalação das chapas de ACM (utilizando balancim elétrico) e argamassa (utilizando betoneira).

Os dados obtidos através da literatura foram compilados em planilhas Excel, categorizados conforme o assunto e importância para determinado tema, o que possibilitou filtrar determinados autores por assunto. O mesmo, foi feito para as imagens e observações a respeito da coleta de dados em campo.

A fim de tornar possível a pesquisa com o intuito de não atrapalhar o ambiente de trabalho, pediu-se permissão ao responsável pela execução da obra, para a observação da instalação. Desse modo, a coleta de dados ocorria em horários

variados, nos turnos matutinos e vespertino, pois dependia da disponibilidade de mão-de-obra, material e do tipo de serviço que estava sendo realizado naquele momento. Basicamente, todo serviço de instalação e movimentação de materiais era fotografado.

Toda eventual dúvida sobre a forma de execução era questionada tanto para o encarregado da equipe de instalação quanto para o engenheiro responsável pela execução, o qual, geralmente complementava com maior embasamento teórico a resposta do encarregado. Também foi possível obter determinados projetos e o cronograma da obra diretamente com a construtora.

3.2 ANÁLISE DE DADOS

Através do acompanhamento da frente de serviço, organizaram-se as etapas por meio da listagem dos processos que envolviam a execução da esquadria, as quais, eram feitas com base em registros fotográficos, anotações das etapas de construção e mediante conversas com os responsáveis pela execução. Desse modo, optou-se pela elaboração de um fluxograma inicial que reunia de forma sequencial as etapas executivas. No entanto, após a análise dos processos e comparação com o método executado em campo, concluiu-se que ainda faltavam determinadas etapas no fluxograma.

Com isso, buscou-se na literatura meios para complementar os dados e melhor descrever o conjunto de processos de uma forma que fosse de fácil entendimento. Foi a partir de um fluxograma apresentado por Silva (2012), em conjunto com a complementação dos dados de campo, que se elaborou o fluxograma observado dos processos, o qual, mostrou-se mais completo que aquele proposto inicialmente, e por isto, foi usado como modelo para descrição do processo observado e sugerido.

Do mesmo modo em que foram coletados os dados, também foi possível observar e categorizar todos os problemas que tangiam a frente de serviço. Estes dados foram compilados e estão mostrados no Quadro 7, contendo a origem e causa dos principais problemas encontrados no decorrer das atividades, e uma descrição, explicando cada origem.

Quadro 7 - Relação origem x causa. [Continua 1/2]

Origem	Causa	Descrição
Relação contratual	Sem penalizações para atraso	O contrato estabelecido entra a subcontratada e a construtora foi do tipo permuta. A subcontratada deveria fornecer e instalar toda esquadria em troca de alguns escritórios. Esse fato, fez com que a construtora ficasse presa a esta empresa, que acabou atrasando a entrega dos materiais, e globalmente, em conjunto com outros fatores, levou a um atraso de mais de 3 (três) anos no cronograma de entrega da edificação.
	Impossibilidade de cancelamento de contrato	
Mudanças em projeto	Sem local de furação	O projeto arquitetônico foi feito para a fixação dos painéis com os montantes através de colagem com silicone estrutural. Optou-se então por realizar a fixação através de presilhas, e dessa forma não foi feito um novo projeto que continha detalhes da posição de furação, muito menos do novo detalhamento.
	Falta de detalhamento	
Aquisição de materiais	Falta de materiais por parte da Fábrica	A forma contratual de permuta, aliado ao atraso da entrega da edificação, fizeram com que a empresa subcontratada arcasse com toda a esquadria do próprio bolso, visto que ainda não conseguiam movimentar dinheiro com o aluguel ou venda dos escritórios, pois ainda estavam em construção. Dessa forma, faltava dinheiro para pagar o fornecedor, e em consequência, não recebiam materiais. Logo, não enviavam o produto para obra
Transporte inadequado	Transporte vertical inadequado	A utilização dos balancins em outras frentes de serviço, que poderiam ser feitas com outros meios, aliado a um congestionamento de pessoas para utilizar o mesmo meio de transporte reduziu muito a produtividade. Além disto, durante o transporte dos itens não havia nenhum tipo de proteção tanto na fachada, quando nos itens a serem transportados
	Sem proteção adequada	
	Transporte na obra extremamente manual	
Gerenciamento e Planejamento	Atrasos no cronograma	A falta de um replanejamento das atividades e o estabelecimento de um novo cronograma acarretava na falta de informações sobre o que seria executado, e quais materiais seriam necessários para determinada semana
	Atraso na entrega de materiais	

Quadro 7 – Relação origem x causa [Continuação 2/2]

Origem	Causa	Descrição
Estocagem excessiva e mal planejada	Estoque excessivo e longe do local de instalação	Em paralelo aos atrasos de algum tipo de material, impossibilitando a continuação do serviço, muitos itens permaneciam muito tempo estocados. Além disto, a estocagem era feita de qualquer forma em locais distantes da área de instalação, fazendo com que houvesse muita demanda de trabalhadores para movimentação
Problemas na Operação	Retrabalho	Todo processo envolvendo a remoção e instalação de itens gera um enorme retrabalho. O principal retrabalho observado é observado na instalação de todos os montantes e travessas sem borracha, e posteriormente remoção das travessas para a instalação da borracha. Além disto, a negligencia no uso de EPIs pelos próprios colaboradores colocava em risco a continuidade da operação
	Operação sem devidos EPIs	
Outro	Quebras de material devido ao mau tempo	Muitas vezes os equipamentos eram largados de qualquer forma, balancins permaneciam suspensos no final do expediente, cordas soltas do último pavimento aliado a fortes rajadas de ventos faziam com que houvesse o sinistro de algumas peças de vidro.
	Atrasos no pagamento fornecedor/trabalhador	Observa-se uma reação em cadeia na questão de pagamentos: da forma que a empresa subcontratada não recebia dinheiro das salas permutadas, e assim não conseguia pagar seus fornecedores e muito menos os trabalhadores, que faltavam no trabalho, e quando iam, trabalhavam desmotivados

Fonte: o autor (2019)

Este quadro de problemas, mostrando as origens e causas foi a base para o entendimento dos processos falhos, e serviu como ponto de início para a elaboração do fluxograma sugerido e da ficha de verificação de serviço, as quais, são mostradas no capítulo de Resultados. Além disso, buscou-se complementação teórica na literatura, para a inserção de novas etapas de controle de qualidade no fluxograma sugerido.

4 RESULTADOS

Este capítulo contém a apresentação dos materiais, da técnica construtiva empregada para execução e da sequência (fluxograma) do processo acompanhado na obra do caso. Também, contém uma sugestão de fluxograma de processo ideal elaborado com base nas mesmas condições e sistema construtivo, contendo todos os procedimentos de inspeção, verificações, comissionamento e qualidade. Para garantir estes procedimentos, montou-se também uma ficha de verificação e de serviço; contendo critérios de aceitação e rejeição das etapas de serviço.

4.1 COMPONENTES DA FACHADA UTILIZADOS EM OBRA

O sistema é formado pela união das peças, que juntas tornam a fachada um dos subsistemas mais importantes da edificação, seja esteticamente ou funcional. O Quadro 8 descreve os componentes utilizados em obra, enquanto Figura 22 ilustra-os.

Quadro 8 - Componentes da fachada.

ID	Item	Descrição
a	Perfil de Alumínio	São perfis fabricados com dupla camada de pintura, que possuem seção transversal em forma de "T", com 3 saliências para aplicação da borracha. Os que compõem a mesa da seção são destinados a borrachas que servira para a junção dos montantes com o painel, já a borracha presente na alma da seção, atua no meio da junção entre os painéis.
b	Montantes e travessas	A união vertical dos perfis forma os montantes, enquanto a horizontal, as travessas. Os montantes vêm em módulos com dimensões suficientes para cobrir dois pavimentos, enquanto as travessas são cortadas a partir dos montantes.
c	Cantoneira de chapa fina	Responsável pela fixação interna dos montantes com a laje, e pela ligação entre montante e travessas
d	Cantoneira de chapa grossa	Atua no chumbamento da estrutura metálica na estrutura de concreto da edificação
e	Painéis de vidro	Composto por vidros laminados, refletivos e incolores encailhados num quadro de alumínio. Possuem dimensões variáveis conforme paginação arquitetônica
f	Presilhas	Acessório responsável pela ancoragem do painel com o sistema de montantes e travessas. Fabricadas em aço inoxidável, são parafusadas tanto nos montantes quanto nos painéis, da forma que haja um encaixe do tipo macho-fêmea onde o próprio peso do painel garante a fixação. Optou-se por este sistema devido a insegurança e desconhecimento de capacidade técnica da equipe subcontratada em relação ao uso de silicone estrutural, ou fita dupla face.
g	Borracha	A borracha de vedação é utilizada nos montantes e nas travessas, tem a função de garantir a estanqueidade e o contato entre as diferentes peças. A união de todos os componentes listados compõe o sistema de fachada cortina

Fonte: o autor (2019)

Figura 22 - Componentes do sistema de fachada pele de vidro.



a) Perfil Alumínio



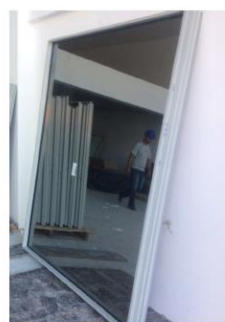
b) Montantes e travessas



c) Cantoneira chapa fina



d) Cantoneira chapa grossa



e) Painéis de vidro



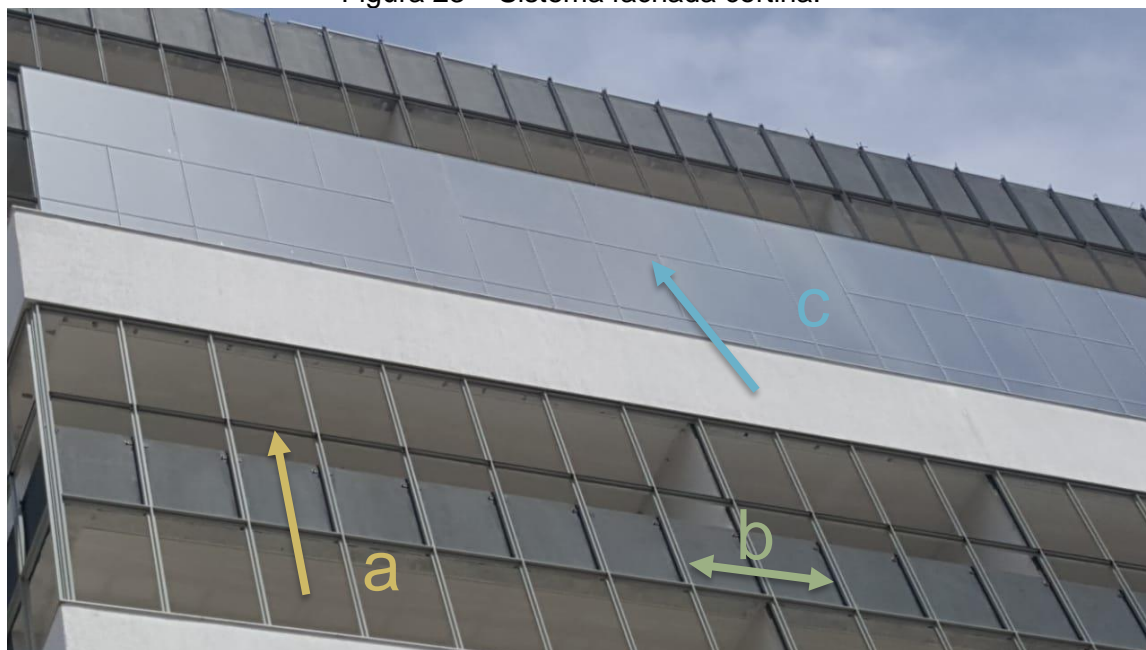
f) Presilhas



g) Borracha

Fonte: o autor (2019) A Figura 23 mostra a união de todos os componentes listados compõe o sistema de fachada cortina. Nota-se que parte da fachada já está com os painéis, enquanto a outra parte ainda está em fase de instalação das presilhas.

Figura 23 – Sistema fachada cortina.



Fonte: o autor (2019)

Legenda: a) Travessas; b) Montante e c) Vidros instalados.

4.2 INSTALAÇÃO DOS COMPONENTES

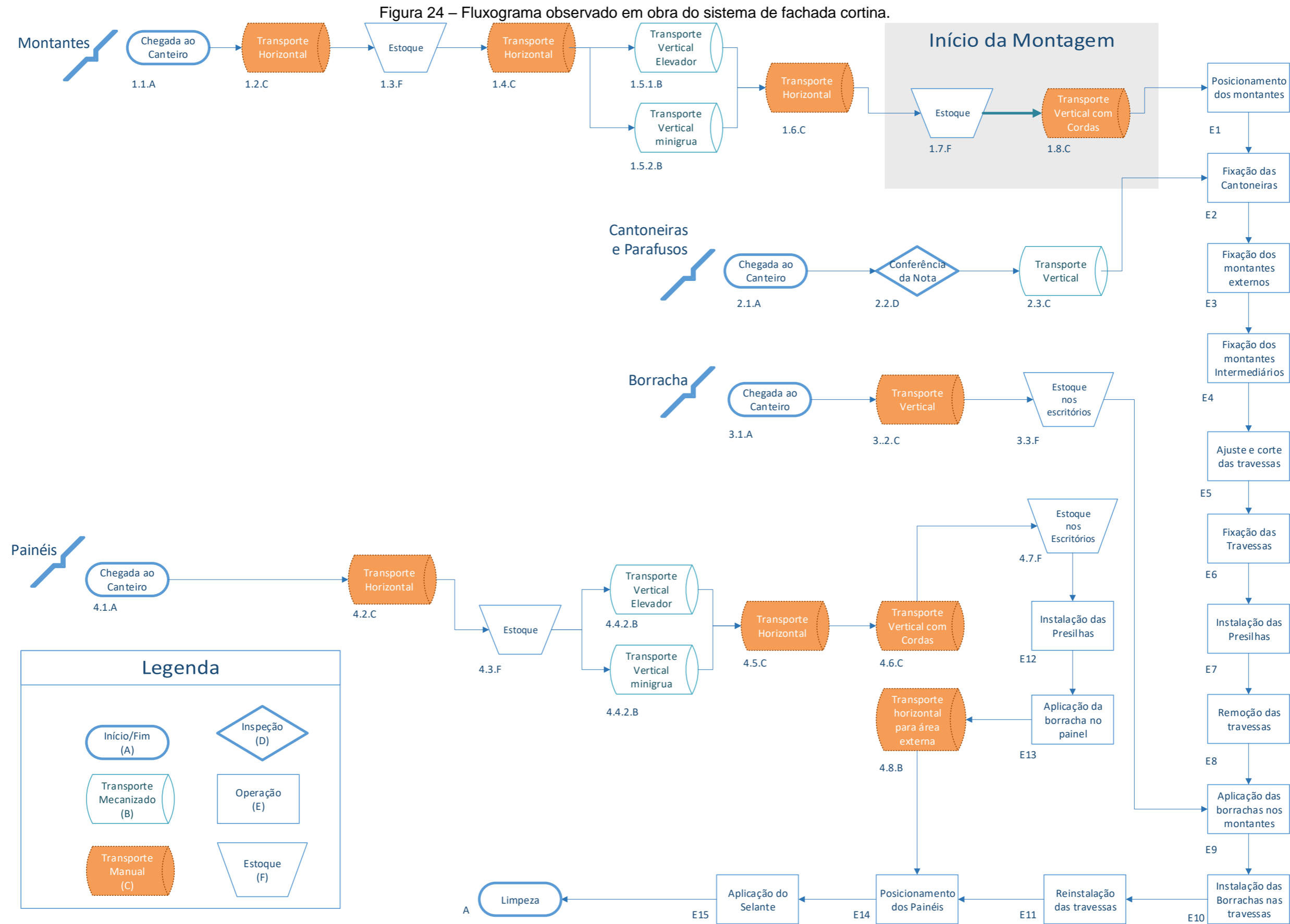
Para descrever a instalação dos componentes da fachada optou-se pela divisão em dois subcapítulos. No primeiro, descreve-se o fluxograma de serviços observados em obra, com comentários acerca dos problemas, enquanto o segundo, mostra alternativas de como pode ser executado para garantir a qualidade e eficiência para o mesmo sistema construtivo, com sugestões de testes e inspeções.

A leitura do fluxograma deve iniciar-se pela numeração 1 e seguir conforme a indicação das flechas. Cada etapa de um material corresponde a um número, enquanto cada etapa de operação corresponde a uma letra.

4.2.1 Ciclo de movimentação e montagem observado em obra

A Figura 24 exemplifica os processos do fluxograma montado a partir de observação em obra, enquanto o Quadro 9 detalha as particularidades de cada etapa.

Com isso, nota-se que muitos itens são estocados mais de uma vez durante o processo de transporte, que é feito com equipamentos inadequados conforme mostrado na Figura 26. Grande parte das peças eram montadas e instaladas em obra, e por muitas vezes até reinstaladas, o que gerava retrabalhos e aumentava o tempo despendido com o transporte. Da mesma forma, se nota que não há nenhuma etapa de verificação durante o recebimento de materiais e acompanhamento dos serviços ou processos que envolvam controle de qualidade.



Fonte: o autor (2019)

Quadro 9 - Ciclo de trabalho observado em obra. [Continua 1/4]

Processo	Etapa	Detalhamento de como foi feito
1.1.A	Chegada dos montantes no canteiro de obras via caminhão	Caminhão permanece estacionado (Vide Figura 26), enquanto aguarda os funcionários que estão trabalhando, chegar para auxiliar. Neste momento, todas as frentes de trabalho param para ajudar no descarregamento
1.2.C	Transporte dos montantes manualmente	Transporte feito manualmente pelos colaboradores, nota-se que há uma perda de produtividade, pois necessitam sair de suas frentes de trabalho. O caminho percorrido é mostrado em TH1 (Vide Figura 26)
1.3.F	Estoque dos montantes ocorre no pavimento térreo	Montantes são estocadas diretamente no chão, sem uma base para proteger do contato com o piso
1.4.C	Transporte manual dos montantes do local de estoque até pontos de elevação vertical	Transporte manual, geralmente realizado por dois colaboradores. O caminho percorrido é mostrado em TH2 (Vide Figura 26)
1.5.1.B	Utilização do elevador para peças inferiores a 2,10 m	Transporte realizado utilizando o único elevador de passageiros operante no momento. Apesar de ser bastante limitado, ainda era mais rápido que aquele com a utilização de minigrua, devido a preparação do material para o içamento.
1.5.2.B	Utilização da minigrua para peças acima de 2,10 m	Este método foi o mais utilizado, porém, tornou-se uma das etapas mais demoradas, pelo fato de que era necessário amarrar todas as peças com cordas, o que é um trabalho manual e lento, e só aí se iniciava o processo de içamento das peças com auxílio do minigrua.
1.6.C	Transporte manual dos montantes até o estoque no Pilotis	Transporte realizado da minigrua/elevador até o local de estocagem no pavimento Pilotis
1.7.F	Estoque dos montantes no pavimento Pilotis	Peças são armazenadas no pavimento, em local coberto para posteriormente serem transportadas verticalmente
1.8.C	Transporte vertical manual dos montantes	Colaboradores amarram as peças em cordas e as puxam manualmente pela fachada do prédio. Além de ser um trabalho de baixa produtividade, ainda exigia a presença de 4 (quatro) colaboradores. Durante esta etapa, muitas peças da esquadria e da fachada eram danificadas
E1	Marcação das posições dos montantes na Alvenaria/Estrutura	A marcação da posição dos montantes era feita com auxílio de régua metálica, com a utilização de trena, nível e prumo para demarcação da posição final conforme projeto
2.1.A	Chegada dos parafusos e cantoneiras material via caminhão	Itens chegavam ao canteiro em caixas e sacolas através de caminhão

Quadro 9 - Ciclo de trabalho observado em obra. [Continuação 2/4]

Processo	Etapa	Detalhamento de como foi feito
2.2.D	Conferência da quantidade	Conferência na nota fiscal da quantidade e especificação dos itens
2.3.C	Transporte vertical dos parafusos e cantoneiras via elevador	Transporte manual no elevador de passageiros até o pavimento de instalação
E2	Chumbamento das cantoneiras	Fixação mecânica das cantoneiras nos locais marcados, com o uso de brocas e parafusos, na alvenaria/vigas de bordo
E3	Fixação dos montantes externos	Fixação mecânica, com brocas e parafusos, dos montantes nas cantoneiras. Este sistema possibilita que o nível e o prumo da estrutura sejam corrigidos, fazendo uma nova furação na cantoneira quando necessário.
E4	Fixação dos montantes intermediários	O processo de fixação dos montantes intermediários é o mesmo dos montantes externos, visto que são utilizados o mesmo perfil
E5	Ajuste em campo do vão entre os painéis e corte	As travessas que compõem a estrutura horizontal, eram ajustadas após o posicionamento dos montantes e cortadas com os próprios perfis dos montantes.
E6	Fixação das travessas	A fixação das travessas era feita por fixação mecânica com parafusos, através de cantoneiras de chapa de menor espessura que aquelas usadas na ligação montante-estrutura.
E7	Instalação das presilhas nos montantes	Instalação dos itens de fixação dos painéis com os montantes, feito através de encaixe do tipo macho fêmea. São parafusadas diretamente nos montantes
E8	Remoção das travessas	Para a instalação da borracha nos montantes, foi necessária a remoção das travessas e, às vezes, a realização de um novo corte dos perfis devido a danos nos itens. É um processo totalmente desnecessário, que ocorreu pelo fato de a borracha ser, às vezes, transportada de forma independente aos montantes, e acabava se atrasando. Além disso, optou-se por instalar todos os montantes mesmo sem borracha, para "mostrar serviço" aos clientes.
3.1.A	Chegada das borrachas ao canteiro de obras	Chegam em sacos plásticos e são cortadas para posterior instalação
3.2.C	Transporte vertical da borracha por elevadores	Pelo fato da borracha ser um material leve, um único trabalhador consegue carrega-las até os elevadores
3.3.F	Estoque da borracha diretamente no local de aplicação	São levadas até o pavimento onde serão aplicadas, enquanto aguardam instalação
E9	Aplicação da borracha nos montantes	São esticadas as três borrachas verticalmente, encaixadas de cima para baixo. É um processo lento, pois é necessário que haja no mínimo 2 (dois) colaboradores para passar a borracha no perfil.

Quadro 9 - Ciclo de trabalho observado em obra. [Continuação 3/4]

Processo	Etapa	Detalhamento de como foi feito
E10	Aplicação da borracha nas travessas	É feito dentro dos escritórios, de forma semelhante aos montantes, por apenas um colaborador
E11	Reinstalação das travessas	Com as travessas dotadas de borrachas, as mesmas são reposicionadas e fixadas novamente aos montantes. Muitas vezes perdia-se a travessa correspondente àquela posição, e era necessário realizar um novo ajuste de outra peça
4.1.A	Chegada dos painéis ao canteiro de obras	Os painéis chegavam ao canteiro pelo mesmo caminhão que trazia os perfis e borracha.
4.2.C	Transporte manual dos painéis	O transporte de descarga e movimentação horizontal das peças até a estocagem era feita pela mesma frente de serviço que estava trabalhando na montagem. Ou seja, tinham de parar seu serviço para auxiliar no transporte.
4.3.F	Estocagem dos painéis no pavimento térreo	Os painéis eram estocados em pé, apoiados sobre estrados de madeira e na parede, em quantidade máxima de 5 itens.
4.4.1.B	Transporte dos painéis por elevador	Optava-se por este elevador, por ser muito mais rápido e gerar menos riscos. No entanto, alguns painéis possuíam dimensões superiores ao vão do elevador, inviabilizando este meio.
4.4.2.B	Transporte dos painéis pela minigrua	Transporte mais demorado que o 4.4.1.B pois havia a necessidade de amarração dos painéis, além de haver congestionamento da minigrua com outras frentes de serviço
4.5.C	Transporte dos painéis até o estoque no pavimento Pilotis	Transporte horizontal da minigrua até a área de armazenamento. Geralmente realizado por dois colaboradores, devido ao peso dos painéis.
4.6.C	Transporte vertical manual dos painéis por cordas	Colaboradores amarram as peças em cordas e as puxam manualmente pela fachada do prédio. Além de ser um trabalho de baixa produtividade, ainda exigia a presença de 4 (quatro) colaboradores. Durante esta etapa, muitas peças da esquadria e da fachada eram danificadas
4.7.F	Estoque dos painéis no local de aplicação	Eram posicionados em pé, encostados na parede com uma inclinação conforme sugerido pela norma, enquanto aguardavam para a instalação
E12	Instalação das presilhas no centro do painel	São instaladas em posições medidas conforme a instalação da presilha dos montantes. Os painéis ficam apoiados em cavaletes, de forma a tornar a posição de instalação confortável aos colaboradores.
E13	Instalação da borracha no painel	Painéis eram apoiados em cima de cavaletes para instalação das borrachas no perímetro do conjunto. A aplicação das borrachas era feita por pressão na saliência presente no painel.

Quadro 9 - Ciclo de trabalho observado em obra. [Continuação 4/4]

Processo	Etapa	Detalhamento de como foi feito
4.8.B	Transporte dos painéis de dentro para fora	São necessários vários colaboradores para transportar o painel do escritório para o local de instalação, posicioná-lo e encaixar na sua posição. O transporte é feito com o auxílio de ventosas. Nota-se que esta etapa os montadores estão sujeitos a riscos envolvendo altura, e não portam os EPI's corretos. Eram toda hora cobrados pela técnica de segurança, que não podia retirá-los da obra.
E14	Encaixe dos painéis nos montantes	Perde-se muito tempo nesse processo, pois há algumas variações das dimensões dos montantes e travessas com a direção do painel, e as vezes é necessário mudar a posição das presilhas. Ao entrar na posição, é necessário que haja uma pressão de cima para baixo, além da força da gravidade, para que o encaixe se torne perfeito. Esta pressão é feita empurrando com o pé as ventosas, até que o painel seja julgado pelos colaboradores como encaixado
E15	Aplicação do selante nas juntas dos painéis	As juntas formadas entre os painéis eram preenchidas com selante de silicone neutro com o auxílio do aplicador.
A16	Limpeza Final	A limpeza era feita de uma forma superficial apenas onde os colaboradores alcançavam

Fonte: o autor (2019)

Percebe-se pela análise do quadro que a grande parte dos problemas relacionados a baixa produtividade, estão associados ao transporte manual das peças, tanto horizontal quanto vertical. Além disso, os colaboradores não tinham preocupação alguma com a sua segurança, se recusavam a utilizar os equipamentos de proteção individual corretamente, bem como enfrentavam o responsável de segurança.

Esse tipo de autonomia que os colaboradores tinham advinha do tipo de contrato que foi estabelecido entre a construtora e a empresa subcontratada responsável pela execução da esquadria. Esse fato, fez com que a construtora ficasse presa a esta empresa que acabou atrasando a entrega dos materiais, e globalmente, em conjunto com outros fatores, levou a um atraso de mais de 3 (três) anos no cronograma de entrega da edificação.

O prazo para instalação de toda a esquadria da edificação, segundo cronograma da obra eram de 23 semanas. As quais, abrangiam além da fachada em pele de vidro, todas as portas, venezianas e janelas encaixilhadas. Desde o início da

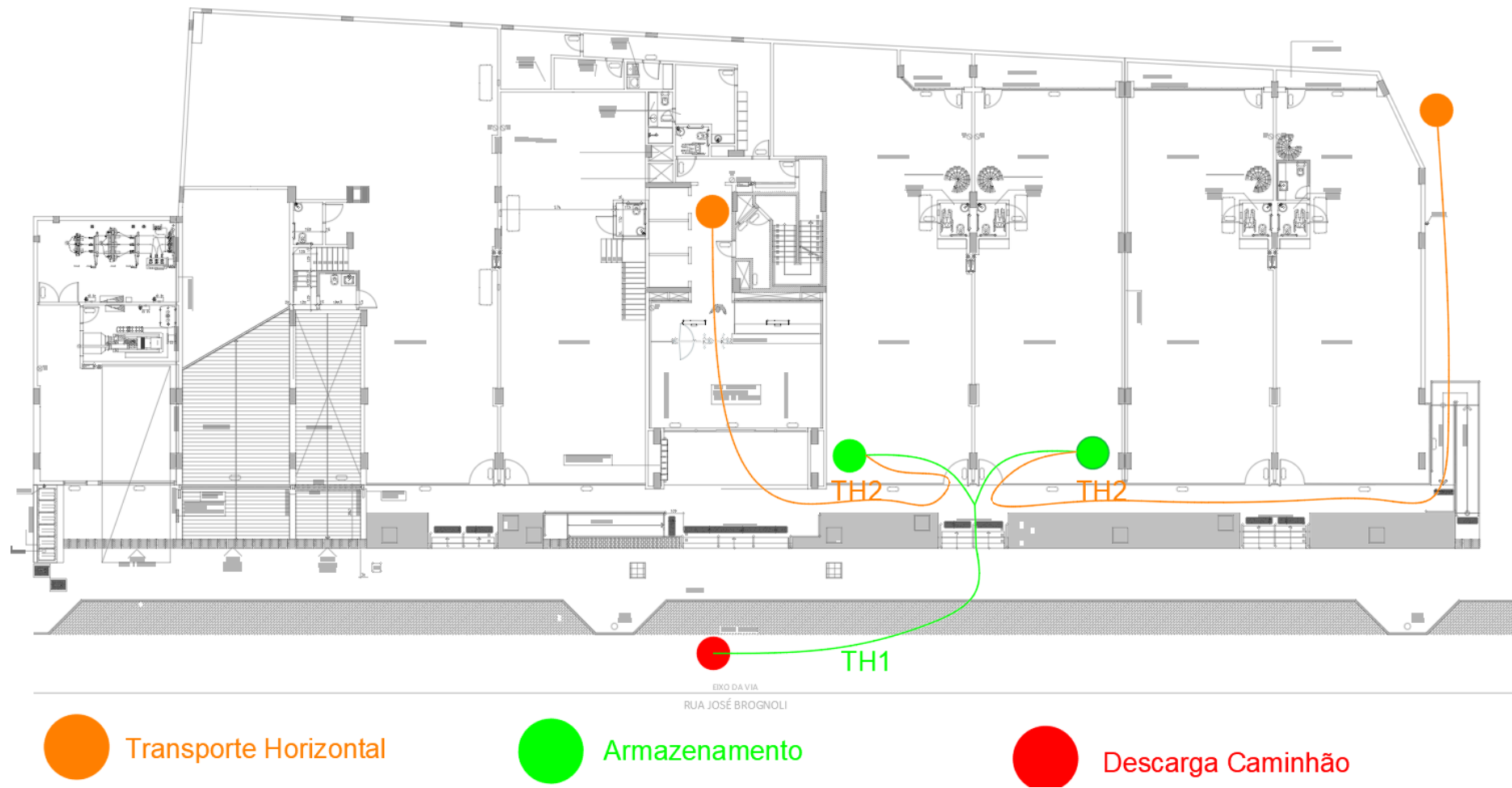
observação e coleta de dados, quase toda a estrutura de alumínio já estava montada, e até a finalização da observação dos dados, menos da metade da fachada de vidro estava finalizada.

Figura 25 - Etapas registradas da execução de fachada cortina.



Fonte: o autor (2019)

Figura 26 - Trajeto percorrido para transporte dos componentes da fachada no recebimento e a partir dos estoques pavimento térreo.



Fonte: o autor (2019)

A análise do fluxograma permite avaliar que inexistem processos que alavanquem qualidade, os quais, são evidenciados pela falta de meios de controle durante o recebimento, manuseio e instalação das peças. Também é possível observar, que a repetição dos processos de transporte aliados ao congestionamento dos equipamentos de movimentação, demandam a paralisação e ociosidade das frentes de serviço. Além disso, a forma de montagem dos painéis em conjunto com o retrabalho, proveniente de um atraso na entrega de materiais, tornou o serviço lento e de baixa produtividade. Todos estes fatores resultam num fluxograma observado que contém 40 etapas de processo, sem haver nenhum tipo de teste, controle e verificação do sistema.

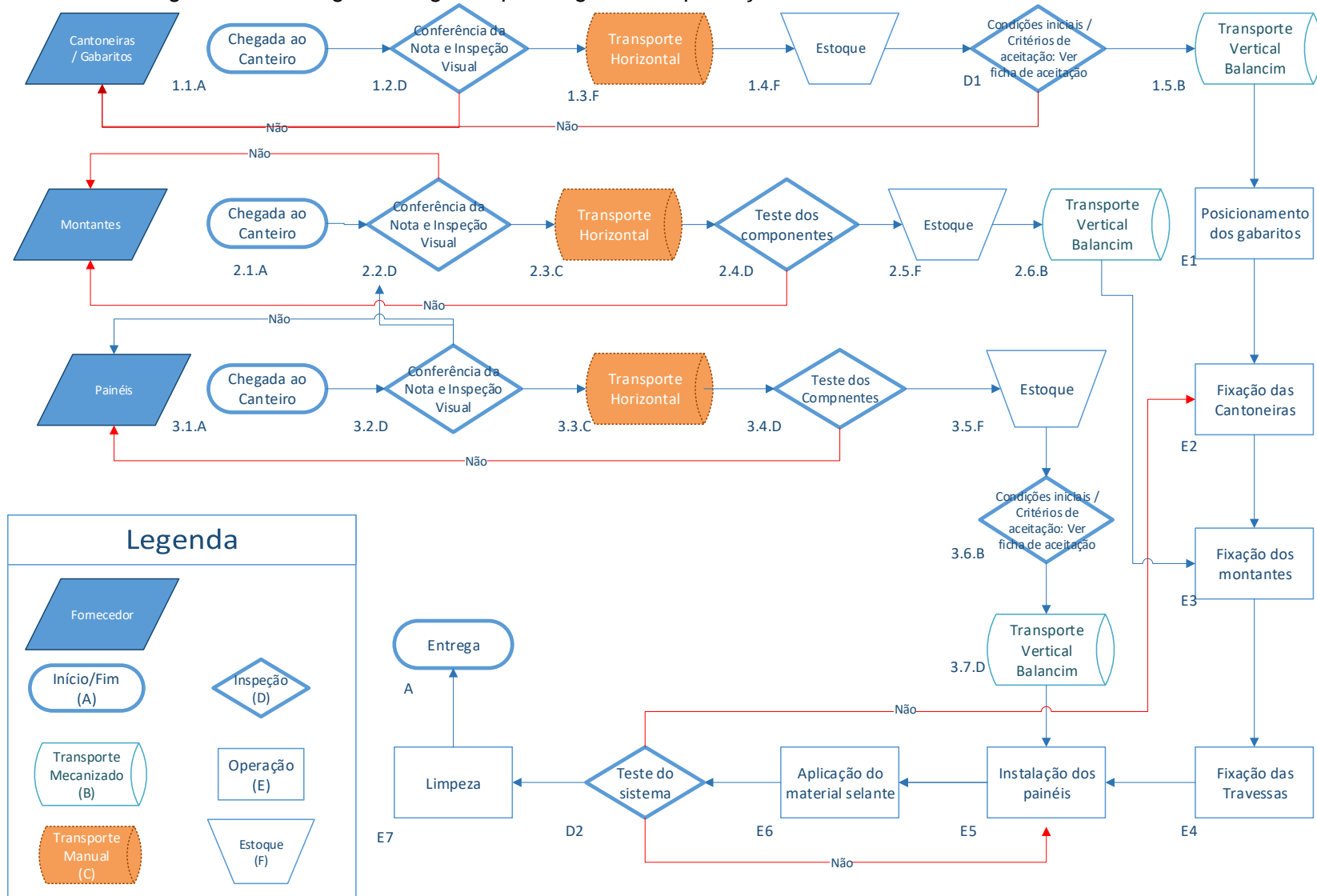
4.2.2 Ciclo de trabalho sugerido para a execução de fachada cortina

Este ciclo foi sugerido com base na análise das etapas ineficientes mostradas no fluxograma observado em obra, visando a diminuição do número de processos e a inserção de etapas de verificação dos serviços, controle e testes dos materiais. Tudo isto com o intuito de evitar retrabalhos e apresentar um produto final de qualidade.

Desse modo, optou-se por propor a pré-montagem de alguns elementos, como são o caso dos perfis e painéis, que já poderiam vir de fábrica com as borrachas e presilhas instaladas, e a utilização de um gabarito com os locais de furação para a ancoragem dos montantes na superestrutura. Para o manuseio das peças, propõem-se a realocação do balancim elétrico para a fachada principal, onde acontecem os serviços, e promover o armazenamento das peças conforme diretrizes da norma esquadrias, localizados no pavimento térreo próximo ao equipamento de transporte. Durante estas etapas de recebimento, transporte e armazenamento, propõe-se a utilização de documentos a serem preenchidos, que sugerem formas de controle dos serviços e materiais.

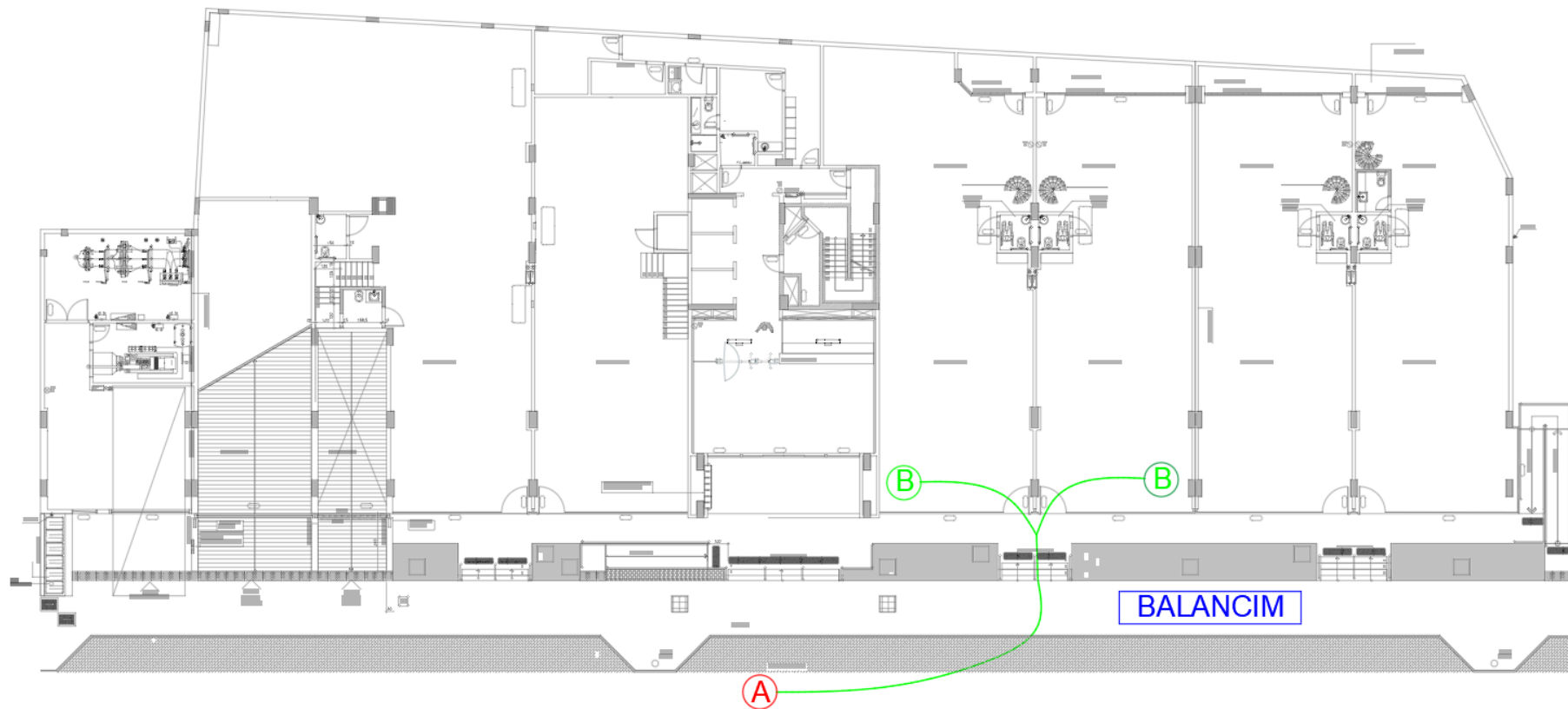
As Figuras 27 e 28 ilustram o fluxograma de operação e o trajeto percorrido, respectivamente, enquanto o Quadro 10 mostra as particularidades de cada processo.

Figura 27 – Fluxograma sugerido para a gestão da produção do sistema fachada cortina.



Fonte: o autor (2019)

Figura 28 - Trajeto percorrido para transporte dos componentes da fachada no recebimento e a partir dos estoques pavimento térreo.



Fonte: o autor (2019)

Quadro 10 - Processo sugerido para a execução de fachada cortina. [Continua 1/2]

Processo	Etapa	Detalhamento do que deve ser feito
1.1.A	Chegada das cantoneiras, parafusos e gabaritos	Caminhão estaciona na posição A (vide Figura 28) enquanto o motorista e ajudante aguardam liberação para descarregar
1.2.D	Conferência da nota fiscal e inspeção visual das cantoneiras/gabaritos	Primeiro teste de verificação, observação visual do estado das peças, conferência da nota fiscal com relação a especificação, quantidade, endereço de entrega e verificar se os materiais estão corretamente identificados
1.3.F	Transporte Horizontal manual das cantoneiras/gabaritos	Transporte feito de forma manual pelo próprio motorista e ajudante em direção ao estoque
1.4.F	Estoque das cantoneiras e gabaritos	A estocagem destes itens pode ser feita em cima de estrados de madeira, nas lojas do pavimento térreo (Posição B vide Figura 28).
D	Ficha de verificação de serviço	Ficha contendo as informações sobre procedimentos de execução, verificações e inspeções para a liberação do serviço. Deve ser preenchida conforme o andamento do processo executivo.
1.5.B	Transporte vertical com balancim das cantoneiras e gabaritos	Transportados verticalmente com auxílio do balancim até a posição de início da marcação
E1	Posicionamento dos gabaritos na superestrutura	Posicionamento dos gabaritos contendo os locais de furação para a fixação da ancoragem (cantoneiras)
E2	Fixação das cantoneiras na superestrutura	Fixação das cantoneiras nos locais pré-determinados pelo gabarito, com a utilização de fixação mecânica.
2.1.A	Chegada em obra dos perfis	Caminhão chega à obra antes do início do expediente dos trabalhadores, e permanece estacionado na posição A (vide Figura 28), enquanto os próprios colaboradores descarregam os perfis
2.2.D	Conferência da nota fiscal e inspeção visual	Observação visual do estado das peças, conferência da nota fiscal com relação a especificação, quantidade, endereço de entrega e verificar se os materiais estão corretamente identificados
2.3.C	Transporte Horizontal manual dos perfis	Devido à disposição do canteiro e a presença de escadas, a mecanização do sistema não se torna possível. No entanto, para contornar esta situação o transporte pode ser feito em horário antes dos trabalhadores iniciarem seu serviço nos diferentes andares.
2.4.D	Teste dos componentes (Perfis)	Podem ser selecionadas peças aleatórias para verificar condições de pintura, posições das presilhas, integridade física das borrachas, verificação das dimensões. Aplicação da Ficha de verificação de materiais
2.5.F	Estoque dos perfis	Os perfis devem ser acomodados em estrados que evitam o contato direto com o chão, deve-se haver um cuidado com o manuseio dos itens e devem ser posicionados da forma que os primeiros itens a serem instalados estejam na parte de cima das pilhas
2.6.B	Transporte Vertical dos perfis	Deve ser feito com a quantidade suficiente de montantes e travessas para fazer a instalação de toda fachada coberta pela área do balancim
E3	Fixação dos montantes nas cantoneiras	Os montantes vindos de fábrica e identificados, devem ser posicionados conforme projeto e identificação. O nível e prumo dos mesmos pode ser corrigido conforme folga na cantoneira. A fixação ocorre por ligação aparafusada

Quadro 10 - Processo sugerido para a execução de fachada cortina. [Continuação 2/2]

Processo	Etapa	Detalhamento do que deve ser feito
E4	Fixação das travessas nos montantes	Como já advém cortados de fábrica, são apenas fixados com chapas menores através de ligação aparafusada nos montantes já existentes.
3.1.A	Chegada dos painéis ao canteiro de obras	Caminhão chega à obra antes do início do expediente dos trabalhadores, e permanece estacionado na posição A (vide Figura 28), enquanto os próprios colaboradores descarregam os perfis
3.2.D	Conferência da nota fiscal e inspeção visual	Observação visual do estado das peças, conferência da nota fiscal com relação a especificação, quantidade, endereço de entrega e verificar se os materiais estão corretamente identificados
3.3.C	Transporte Horizontal manual dos painéis	Devido à disposição do canteiro e a presença de escadas, a mecanização do sistema não se torna possível. No entanto, para contornar esta situação o transporte pode ser feito em horário antes dos trabalhadores iniciarem seu serviço nos diferentes andares.
3.4.D	Teste dos componentes	Podem ser selecionadas painéis aleatórios para verificar condições de pintura, posições das presilhas, integridade física das borrachas, verificação das dimensões. Aplicação da Ficha de Verificação de Materiais
3.5.F	Estoque dos painéis	Estocagem feita conforme recomendações de estocagem, deve ser realizada no pavimento térreo, da forma com que os painéis a serem instalados antes fiquem na parte de cima da pilha
3.6.B	Transporte vertical dos painéis	Deve ser feito com a quantidade suficiente de painéis para fazer a instalação de toda fachada coberta pela área do balancim
3.7.D	Ficha de verificação de serviço	Ficha contendo as informações sobre procedimentos de execução, verificações e inspeções para a liberação do serviço. Deve ser preenchida conforme o andamento do processo executivo.
E5	Instalação dos painéis	Instalados com o auxílio de ventosas, podendo ser feito por dois colaboradores através do encaixe tipo macho-fêmea das presilhas previamente instaladas.
E6	Aplicação do material selante	Preenchimento das juntas entre os painéis, com material selante de cura neutra após a instalação dos painéis
D	Teste do sistema	Prosseguir com o teste do sistema como um todo, verificação do desempenho através de procedimentos executados em campo
E7	Limpeza Final	Deve seguir os procedimentos e materiais recomendados pelo fabricante
A	Entrega	Entrega para a construtora após passar por processo de comissionamento

Fonte: o autor (2019)

Através da observação dos processos descritos, nota-se que mesmo com a inserção de processos de inspeção e verificação, o número de etapas para que o sistema esteja operante é de 29, em contrapartida com as 40 etapas do processo observado em obra. Além disso, com a realocação do balancim, a diminuição de transportes horizontais e estocagens, torna-se possível agilizar o processo, diminui o

tempo em que as peças ficam estocadas e garante que o produto final esteja de acordo com as especificações. Por fim, o sistema torna-se passível de ser comissionado, da forma que a empresa subcontratada entrega as esquadrias finalizadas e em funcionamento para a construtora.

A importância do fluxograma baseia-se nos valores obtidos por Sommerville (2007) e Josephson et al. (2002), no qual estima-se que os principais defeitos nos produtos são originados nas fases de projeto e construção. Abdul-Rahman (1996) mostrou que os custos das medidas de prevenção são mínimos quando comparados aos custos de retrabalho. Ou seja, o mapeamento dos processos e a inserção de inspeções e verificações permite prever problemas e corrigi-los ainda em etapas iniciais.

Através dos resultados obtidos nesse subcapítulo, propõe-se um modelo de Ficha de verificação de serviço para o sistema utilizado durante a execução dos serviços.

4.3 FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO (FVS)

A ficha de verificação de serviço é um documento que pode ser preenchida diariamente pelo responsável por acompanhar o serviço, no próprio canteiro de obras, durante a execução da atividade. Cada empresa estabelece seus critérios e tolerâncias para um determinado serviço de acordo com seus padrões de qualidade. Pode ser consultada a qualquer momento, para ajudar a entender a possível falha de um sistema após um período de tempo, além de ser uma forma de garantia de que a empresa executou o serviço de acordo com o projeto.

Ao analisar-se os processos descritos no fluxograma sugerido para instalação da fachada cortina sugere-se uma possível ficha de verificação de serviço (FVS) a ser utilizada para o acompanhamento da execução através deste sistema, a qual é mostrada no Quadro 11. Para esta ficha, optou-se por verificações visuais e manuais com auxílio de determinadas ferramentas. Estabeleceram-se tolerâncias levando em consideração o tipo de cantoneira utilizada, as quais, permitem um certo ajuste dimensional em caso de peças fora de prumo e nível. Mesmo com este ajuste, ainda se faz necessário conferir o nivelamento e prumo dos painéis, com uma tolerância menor. Também é necessário observar o correto encaixe dos painéis nas presilhas, a

integridade das borrachas e se as juntas foram devidamente preenchidas da forma a manter a estanqueidade.

Quadro 11 - FVS fachada cortina.

FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO DE SERVIÇOS COLOCAÇÃO DE ESQUADRIAS								
OBRA:			LOCAL DE INSPEÇÃO:				DATA INÍCIO:	
NOME DOS FUNCIONÁRIOS:			RESPONSÁVEL DA INSPEÇÃO/FUNÇÃO:				DATA TÉRMINO:	
Itens de Inspeção	Método de Inspeção	Equipamento Utilizado	Tolerância	Situação		OBS:	Situação de Reinspeção	
				A	R		A	R
1. Vigas de borda ou alvenaria de peitoril finalizadas e pintadas?	Visual	-	-					
2. Verificação da diferença de prumo entre as lajes	Manual	Prumo	20 mm					
3. Verificar a Integridade dos perfis e painéis	Visual	-	-					
4. Conferir locação e fixação das ancoragens	Manual/Visual	Trena, nível de bolha	20 mm					
5. Conferir o nivelamento e prumo dos montantes e travessas	Manual	Prumo, nível de bolha	3 mm					
6. Verificar fixação montantes e travessas	Visual	-	-					
7. Verificar borracha dos perfis e presilhas	Visual/Tátil	-	-					
8. Verificar nivelamento e fixação dos painéis	Visual/Manual	Nível	-					
9. Verificar continuidade do material selante	Visual		-					
SITUAÇÃO FINAL:			JUSTIFICATIVA:			ASSINATURA DO RESPONSÁVEL:		
<input type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO								

Fonte: o autor (2019)

Legenda: (A) Aprovado, (R) Reprovado.

A linguagem utilizada na ficha é de fácil entendimento, e pode ser preenchida diariamente pelo responsável pelo acompanhamento dos serviços. Itens com inspeções visuais devem ser analisados visualmente, sem o auxílio de qualquer aparelho, e caso estejam de acordo a situação “A” deve ser preenchida com um “x”. Da mesma forma, se algum item for reprovado, como por exemplo uma diferença de prumo entre as lajes superior a 20mm, a situação deve ser preenchida com um “R” e especificar o motivo no campo “OBS:”. Após a correção do problema e posterior reavaliação, deve-se preencher o campo Situação de Reinspeção novamente com um “X” para Aprovado (A) ou Reprovado (R). Um exemplo de ficha preenchida pode ser encontrado no Anexo B desse trabalho.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho possui como resultados o mapeamento do método construtivo, utilizado por uma construtora na execução de fachada cortina em pele de vidro, a partir da identificação dos processos observados em obra. Com isso, foi possível elaborar um fluxograma sugerido de construção e listar as principais etapas de controles dentro de uma ficha de verificação de serviço.

Dessa forma, nota-se que as operações existentes no canteiro da obra visitado se correspondem com processos artesanais, pois adotaram-se meios de transporte maiormente manuais, desorganização no manuseio das peças, transportes repetitivos e ociosidade da mão de obra. Um conjunto de fatores, a começar pela relação contratual que impedia a construtora de desvincular ou impor multas na subcontratada por questões de atraso, até questões envolvendo o atraso na entrega de materiais, que acabou gerando um enorme retrabalho de reinstalação dos perfis. Todos estes itens aliados a etapas com baixo nível de industrialização e falta de inspeções e controle durante a execução dos serviços, caracterizaram o atraso no cronograma de fechamento da fachada, e conseqüentemente atraso no prazo global da obra.

A partir do fluxograma sugerido, permite-se observar a importância do planejamento e racionalização das etapas construtivas, que se obtém através de métodos de controle e mecanização dos sistemas. Da mesma forma, a aplicação de fichas de verificação de serviço, controle e manuseio de materiais são medidas que podem ser implantadas e que alavancam qualidade para empresas.

Com isso, foi possível observar que ainda existem poucos trabalhos tratando a respeito de fachadas cortinas, bem como ainda há poucas construtoras utilizando dessa alternativa para fachadas. Como sugestões de trabalhos futuros, pode-se haver a análise de um fluxograma com o uso do sistema de montagem unitizada, através da comparação com o método *stick wall* e a posterior avaliação do sistema executivo mais vantajoso economicamente, levando em consideração a relação custo x tempo. Pode-se propor a implantação de etapas de controle conforme a norma de desempenho nas fichas de verificação de serviço, a elaboração de um fluxograma de manutenção da fachada, procedimentos de execução e inspeção de serviços, ficha de verificação de materiais, e testes a serem realizados em campo.

REFERÊNCIAS

ABDUL-RAHMAN, H. Some observations on the management of quality among construction professionals in the UK. **Construction Management & Economics**, v. 14, n. 6, p. 485–495, 1996.

ÁGÚSTSSON, Rúnar Örn; JENSEN, Per Anker. Building commissioning: what can Denmark learn from the US experience?. **Journal of performance of constructed facilities**, v. 26, n. 3, p. 271-278, 2011.

ALDOUS, F. **Developing an exterior enclosure commissioning plan**. Wiss, Janney, Elstner Assoc., Northbrook, IL, United States: American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2010.

ARDITI, D.; GUNAYDIN, H. M. Total quality management in the construction process. **International Journal of Project Management**, v. 15, n. 4, p. 235–243, 1997.

ARRUDA, T. S. **Estudos de Modalidades para a Execução de Fachada Cortina**. 2010. Monografia (Graduação) – Escola politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-1**: Esquadrias para edificações: Parte 1: Esquadrias externas: Terminologia. 2.ed. Rio de Janeiro, 2017. 15 p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=367109>. Acesso em: 30 abr. 2019. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-5**: Esquadrias para edificações: Parte 5: Esquadrias externas: Instalação e manutenção. 1.ed. Rio de Janeiro, 2017. 18 p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=367385>. Acesso em: 30 abr. 2019. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **15575-1**: Edificações habitacionais: Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. 4.ed. Rio de Janeiro, 2013. 71 p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=195568>. Acesso em: 02 mai. 2019. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **15575-4**: Edificações habitacionais: Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas: SVVIE. 4.ed. Rio de Janeiro, 2013. 63 p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=195612>. Acesso em: 10 jan. 2019. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7199**: Vidros na Construção Civil: Projeto, execução e aplicações. 2.ed. Rio de Janeiro, 2016. 57 p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=358110>. Acesso em: 23 abr. 2019. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

BERNHARDT, Eduardo. **Alumínio**. In: Recicloteca: Centro de informações sobre reciclagem e meio ambiente. [S.l.]. Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/met/aluminio/>. Acesso em: 12 mai. 2019.

BIM OBJECT. Fachada Cortina. Nordenskiöldsgatan, 2013. Disponível em: <https://www.bimobject.com/pt-br/laminam/product/ceramic-slab-curtain-wall/>. Acesso em: 05 dez. 2018.

BRYMAN, Alan. Why do researchers integrate/combine/mesh/blend/mix/merge/fuse quantitative and qualitative research. **Advances in mixed methods research**, p. 87-100, 2008.

CARDOSO, R. E. S. **Avaliação do impacto no desempenho energético de edifícios sujeitos às metodologias de comissionamento**: caso particular de edifícios escolares. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

CBIC. **Esquadrias para edificações, desempenho e aplicações:** orientações para especificação, aquisição, instalação e manutenção. Brasília: CBIC/SENAI, 2017. E-book.

CONSTRUNORMAS. **Janelas: Esquadrias externas.** Disponível em: <http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/vedacoes-revestimentos/artigo340450-4.aspx>. Acesso em: 10 jun. 2019.

CORSINI, Rodnei. **Módulos rápidos: Sistemas de fachadas unitizadas com caixilhos pré-fabricados favorece alta produtividade em obras de edifícios comerciais e corporativos.** In: *téchné*. [S.l.], fev. 2013. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/191/artigo288022-3.aspx>. Acesso em: 22 abr. 2019.

CROCE, Bruna. **Isolamento Acústico: Lei da massa.** In: Portal acústica. [S.l.], 8 abr. 2019. Disponível em: <http://portalacustica.info/isolamento-acustico-lei-da-massa/>. Acesso em: 02 mai. 2019.

CRONIN JR, J. Joseph; TAYLOR, Steven A. Measuring service quality: a reexamination and extension. **Journal of marketing**, v. 56, n. 3, p. 55-68, 1992.

CRUZ, Amaury Bordalho; FERNANDES, Elton; LIMA, Solange; ARAUJO, Renato S.B. de. Uma abordagem comparativa do gerenciamento da qualidade do projeto. **XXVI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Fortaleza, CE - 2006. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR470319_7487.pdf. Acesso em 05 mai. 2019.

CRV INDUSTRIAL PARAFUSOS. **Rebite: Principais tipos e aplicações.** Curitiba, 2018. Disponível em <http://www.crvindustrial.com/rebite-principais-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 06 jun. 2019.

DA SILVA, Fernando Benigno. **Sistemas construtivos: Sistema unitizado de fachadas modulares**. In: *téchne*. [S.l.], dez. 2011. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/181/artigo287934-4.aspx>. Acesso em: 22 abr. 2019

DE SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. [s.l.] Pini, 1996.

FLORIANI, R.; GIOVANELA, A.; MACHADO, D. D. P. N. Estudos para implantação de sistema de gestão da qualidade em empresa da construção civil. **SEGeT–Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2007.

FREITEN, Maurício. In: *Linkedin* [S.l.], 3 jul. 2017. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/fachada-unitizada-da-fabricacao-a-instalacao-mauricio-feiten/?originalSubdomain=pt> . Acesso em: 30 abr. 2019.

GYPSTEEL. Perfis de aço: dicas para estocagem, transporte e manuseio. In: *Gypsteel: a indústria de aço*. [S.l.], 6 set. 2017. Disponível em: <http://www.gypsteel.com.br/perfis-de-aco-dicas-para-estocagem-transporte-e-manuseio/>. Acesso em: 01 jun. 2019.

HI TEAM. **Gestão da Qualidade: como a ISO 9001 se aplica no atendimento ao cliente**. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.hiplatform.com/blog/gestao-da-qualidade-como-a-iso-9001-se-aplica-no-atendimento-ao-cliente/>. Acesso em: 09 jun. 2019.

HWANG, Bon-Gang et al. Measuring the impact of rework on construction cost performance. **Journal of construction engineering and management**, v. 135, n. 3, p. 187-198, 2009.

ISHIDA, C. DOS S. F. **Modelo conceitual para comissionamento de sistemas prediais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Programa de mestrado em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

JOSEPHSON, Per-Erik; LARSSON, Bengt; LI, Heng. Illustrative benchmarking rework and rework costs in Swedish construction industry. **Journal of Management in Engineering**, v. 18, n. 2, p. 76-83, 2002.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. [s.l.] Stanford university Stanford, 1992. v. 72

KUDDER, R. J.; LIES, K. M. Diagnosing Window and Curtain Wall Leaks. In: **Water in Exterior Building Walls: Problems and Solutions**. [s.l.] ASTM International, 1991.

LOURENÇON, Ana Carolina. **Debates Técnicos: Fachada Inteligente**. In: *téchne*. [S.l.], jun. 2011. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/120/fachada-inteligente-283906-1.aspx>. Acesso em: 15 mar. 2019

LOVE, P. E. D.; EDWARDS, D. J. Forensic project management: The underlying causes of rework in construction projects. **Civil Engineering and Environmental Systems**, v. 21, n. 3, p. 207–228, 2004.

LOVE, Peter ED; LI, Heng. Quantifying the causes and costs of rework in construction. **Construction Management & Economics**, v. 18, n. 4, p. 479-490, 2000.

MEMARI, A. M. **Curtain wall systems: a primer**. [s.l.] American Society of Civil Engineers (ASCE), 2013.

MILLS, Evan et al. **The cost-effectiveness of commercial-buildings commissioning**. LBNL-56637, 2004.

MISFELDT, Esben; BONKE, Sten. Quality control in lean construction. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. 2004.

MONTARTE. **Elevador pinhão e cremalheira**. Santa Isabel, 2019. Disponível em: <http://www.montarte.com.br/elevador-pinhao-cremalheira.html>. Acesso em: 06 jan. 2019.

NETO, Dirceu. **Fachadas unitizadas completam 15 anos no Brasil e se consolidam como solução otimizada de fechamento.** In: *téchne*. [S.l.], 15 abr. 2017. Disponível em: <https://techne.pini.com.br/2017/04/fachadas-unitizadas-completam-15-anos-no-brasil-e-se-consolidam-como-solucao-otimizada-de-fechamento/>. Acesso em: 22 abr. 2019

NETO, Dirceu. **Como construir: chumbadores químicos.** In: *téchne*. [S.l.], 15 abr. 2018. Disponível em: <https://techne.pini.com.br/2018/04/como-construir-chumbadores-quimicos/>. Acesso em: 06 jun. 2019.

PHENG, L. S.; TEO, J. A. Implementing total quality management in construction firms. **Journal of management in Engineering**, v. 20, n. 1, p. 8–15, 2004.

ROSSO, Silvana. Projetos: Cortina de vidro. In: *téchne*. [S.l.], mai. 2007. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/122/artigo286403-1.aspx>. Acesso em: 15 abr. 2019

SHAMMAS-TOMA, Mazin; SEYMOUR, David E.; CLARK, Leslie. The effectiveness of formal quality management systems in achieving the required cover in reinforced concrete. **Construction Management & Economics**, v. 14, n. 4, p. 353-364, 1996.

SIMÕES, Gustavo Francisco Bodas. Vidros de Segurança e suas diferenças. In: *ASimões vidros*. [S.l.], 14 jun. 2014. Disponível em: <http://www.asimoes.com.br/vidros-de-seguranca-e-suas-diferencas/>. Acesso em: 08 jun. 2019.

SILVA, Fernanda B.; BARROS, MMSB. Planejamento de Processos de Construção Para a Produção Industrializada em Larga Escala de Edifícios Habitacionais: um modelo baseado na indústria de manufatura. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 15, 2012.

SOMMERVILLE, J. Defects and rework in new build: an analysis of the phenomenon and drivers. **Structural Survey**, v. 25, n. 5, p. 391–407, 2007.

SOUSA, Fernando Manuel Fernandes de. **Fachadas ventiladas em edifícios: tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento**. 2010. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construções) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

SOUZA, Josiani. **Alternativas tecnológicas para edificações**. 1. ed. São Paulo: Editora PINI, 2008.

SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2005. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

TAGGART, M.; KOSKELA, L.; ROOKE, J. The role of the supply chain in the elimination and reduction of construction rework and defects: An action research approach. **Construction Management and Economics**, v. 32, n. 7–8, p. 829–842, 2014.

TAGHAVI, M.; ITURRALDE, K.; BOCK, T. **Cable-driven parallel robot for curtain wall modules automatic installation**. Proceedings of the 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC). Anais...2018

TEMPLUM. PBQP-H: O que é?: Pra que serve?: Benefícios. 2018. Disponível em: <https://certificacaoiso.com.br/pbqp-h/>. Acesso em: 04 mai. 2019.

VOITILLE, Nadine. Janelas Maxim-Ar. In: Clique Arquitetura. [S.l.], 5 set. 2012. Disponível em: <https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/janelas-maxim-ar.html>. Acesso em: 18 mai. 2019.

WHOLE BUILDING DESIGN GUIDE PROJECT MANAGEMENT COMMITTEE (WBDG). **Building Commissioning**. Washington, 2016. Disponível em: <http://www.wbdg.org/building-commissioning>. Acesso em 10 mai. 2019.

WONG WAN SIE, W. Analysis and design of curtain wall systems for high rise buildings. 2007.

WURM, J. **Glass structures: design and construction of self-supporting skins**. [s.l.] Walter de Gruyter, 2007.

ANEXO A – Fichas

As presentes fichas são sugestões exibidas no trabalho de (DE SOUZA; MEKBEKIAN, 1996).

Quadro A.1 - Modelo de formulário PES.

Logotipo da Empresa	Sistema da Qualidade PES - Procedimento de Execução de Serviços	Departamento	
SERVIÇO		PES Nº / VERSÃO	FOLHA Nº
1 Objetivo			
2 Documento de Referência			
3 Materiais e Equipamentos			
4 Método Executivo			
Elaborado/Revisado por		Aprovado para uso	
_____	_____	_____	_____
Nome/Assinatura	Data	Nome/Assinatura	Data

Fonte: De Souza; Mekbekian (1996).

Quadro A.2 - Modelo de formulário PIS.

Logotipo da Empresa	Sistema da Qualidade PIS - Procedimento de Inspeção de Serviços			Departamento		
SERVIÇO			PIS Nº	VERSÃO	PES DE REF	FOLHA Nº
Nº do Item	Item de Verificação		Metodologia e critério de avaliação			
Elaborado/Revisado por			Aprovado para uso			
_____			_____			
Nome/Assinatura		Data	Nome/Assinatura		Data	

Fonte: De Souza; Mekbekian (1996).

Quadro A.3. - Modelo de Formulário FVS.

Logotipo da Empresa	Sistema da Qualidade FVS - Ficha de Verificação de Serviços				Departamento	
SERVIÇO		FVS Nº		PIS DE REF	FOLHA Nº	
Local do Serviço		Quantidade Verificada		Início	Término	
Mestre	Encarregado	Equipe				
Condições para o início da execução do serviço		Aprovação			Observações e ações	
Nº	Verificações de Rotina	Aprovado (A) ou Rejeitado (R)				Observações e Ações
		Verif. 1	Verif. 2	Verif. 3	Verif 4.	
Responsável pela Verificação		Engenheiro				
_____		_____				
Nome/Assinatura	Data	Nome/Assinatura		Data		

Fonte: De Souza; Mekbekian (1996).

Quadro A.4 - Modelo formulário FVM.

Logotipo da Empresa	Sistema da Qualidade FVM - Ficha de verificação de Materiais	Obra	FVM Nº	
Material		EIM Referência	Responsável pelo Recebimento	
Local de Uso do Material	Fornecedor/Fabricante	Quantidade	NF Nº	Data Entrega
Ensaio e/ou Verificação (Em casos de ensaios realizados em laboratório, anexar certificado)		Resultado Obtido	Atende os critérios de aceitação da EIM	
			Sim	Não
Observações e ações corretivas em caso de não conformidade				

Fonte: De Souza; Mekbekian (1996).

APÊNDICE A

Quadro A.1 – Ficha de verificação de serviço. [Continua 1/2]

FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO DE SERVIÇOS COLOCAÇÃO DE ESQUADRIAS								
OBRA: Estudada			LOCAL DE INSPEÇÃO: Primeiro pavimento tipo				DATA INÍCIO: 02/06/19	
NOME DOS FUNCIONÁRIOS: João, José, Mário e Clovis			RESPONSÁVEL DA INSPEÇÃO/FUNÇÃO: Matheus – Estagiário Engenharia Civil				DATA TÉRMINO: 02/06/19	
Itens de Inspeção	Método de Inspeção	Equipamento Utilizado	Tolerância	Situação		OBS:	Situação de Reinspeção	
				A	R		A	R
1. Vigas de borda ou alvenaria de peitoril finalizadas e pintadas?	Visual	-	-	x				
2. Verificação da diferença de prumo entre as lajes	Manual	Prumo	20 mm		x	Diferença de 30mm		x
3. Verificar a Integridade dos perfis e painéis	Visual	-	-		x	Perfil riscado, sem proteção	x	
4. Conferir locação e fixação das ancoragens	Manual/Visual	Trena, nível de bolha	20 mm	x				
5. Conferir o nivelamento e prumo dos montantes e travessas	Manual	Prumo, nível de bolha	3 mm		x	Fora de prumo, reinstalar	x	
6. Verificar fixação montantes e travessas	Visual	-	-	x				
7. Verificar borracha dos perfis e presilhas	Visual/Tátil	-	-	x				
8. Verificar nivelamento e fixação dos painéis	Visual/Manual	Nível	-	x				
9. Verificar continuidade do material selante	Visual		-		x			
SITUAÇÃO FINAL: () APROVADO (X) REPROVADO			JUSTIFICATIVA: Diferença de prumo nas lajes do 1º e 2º pavimento tipo superior ao aceitável			ASSINATURA DO RESPONSÁVEL: Matheus M.		

Fonte: o autor (2019)

