

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Carolina Dressel**

**TECNOLOGIAS DE FACHADAS: ESTUDO COMPARATIVO  
ENTRE SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL COM PAINÉIS  
DE CONCRETO ARQUITETÔNICO E DE ALVENARIA COM  
REVESTIMENTO CERÂMICO**

Porto Alegre  
dezembro 2012

**CAROLINA DRESSEL**

**TECNOLOGIAS DE FACHADAS: ESTUDO COMPARATIVO  
ENTRE SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL COM PAINÉIS  
DE CONCRETO ARQUITETÔNICO E DE ALVENARIA COM  
REVESTIMENTO CERÂMICO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheiro Civil

**Orientador: Luis Carlos Bonin**

Porto Alegre  
dezembro 2012

**CAROLINA DRESSEL**

**TECNOLOGIAS DE FACHADAS: ESTUDO COMPARATIVO  
ENTRE SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL COM PAINÉIS  
DE CONCRETO ARQUITETÔNICO E DE ALVENARIA COM  
REVESTIMENTO CERÂMICO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2012

**Prof. Luis Carlos Bonin**  
Mestre pelo PPGEC/UFRGS  
Orientador

**Profa. Carin Maria Schmitt**  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Nei Ricardo Vaske**  
Dr. pelo PPGEC/UFRGS

**Anderson Augusto Muller**  
Eng. Civil pela UFRGS

**Luis Carlos Bonin**  
Mestre pelo PPGEC/UFRGS

Dedico este trabalho ao meu pai, minha maior inspiração,  
e ao meu namorado, Pedro, que sempre me apoiou  
e esteve ao meu lado durante todo  
o meu Curso de Graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho, por todo o conhecimento compartilhado, pelo incentivo e pela disponibilidade e colaboração ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Agradeço à Prof. Carin Maria Schmitt pela dedicação inquestionável na correção e, ainda, pelas contribuições para o aprimoramento deste trabalho.

Agradeço às empresas que permitiram o acompanhamento de atividades em suas obras e, assim, auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Irineu e Janete, e às minhas irmãs, Paula e Joaquina, pelo incentivo, apoio e, especialmente, pelo amor incondicional.

Agradeço ao meu namorado, Pedro, pelo amor, companheirismo, incentivo, colaboração e, principalmente, pela compreensão durante o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço às amigas e colegas da Engenharia Civil, por todos os bons momentos compartilhados.

Agradeço ao amigo Lúcio pelo grande auxílio em algumas disciplinas ao longo do curso.

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar,  
não seremos capazes de resolver os problemas causados  
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

*Albert Einstein*

## RESUMO

Este trabalho versa sobre a comparação entre os sistemas de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico e de alvenaria com revestimento cerâmico. Para a comparação dos sistemas, são considerados aspectos relacionados ao planejamento de obra, ao planejamento do canteiro, à mão de obra empregada e à execução das fachadas. As informações apresentadas são provenientes de pesquisa bibliográfica e de acompanhamento de atividades em canteiros de obras. Primeiramente, são apresentados os diferentes sistemas de vedação vertical, bem como sua classificação e também os fatores que são analisados para a definição da tecnologia a ser adotada em cada obra. Após isso, são descritos, mais detalhadamente, os sistemas de vedação vertical de alvenaria com revestimento cerâmico e com painéis de concreto arquitetônico. A vedação vertical de alvenaria com revestimento cerâmico é a mais comumente adotada, e se caracteriza por improvisos durante a execução. Os painéis de concreto arquitetônico são painéis pré-fabricados, que já possuem a camada de revestimento incorporada a sua superfície. É um sistema que insere, portanto, industrialização ao sistema construtivo. Diversos são os fatores que interferem na decisão do sistema a ser empregado. O trabalho, conforme mencionado, trata de fatores relacionados ao planejamento de obra, ao planejamento de canteiro, à mão de obra empregada e à execução das fachadas. A comparação é apresentada em quadros e não tem por finalidade apresentar o melhor sistema, e sim, aumentar a compreensão acerca das alternativas comparadas. Nenhum dos sistemas de vedação vertical analisados se mostra vantajoso em todos os aspectos considerados, e ambos apresentam falhas de qualidade e precisam, portanto, ser aprimoradas.

Palavras-chave: Tecnologias de Fachadas. Sistemas de Vedação Vertical. Painéis de Concreto Arquitetônico. Alvenaria com Revestimento Cerâmico.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa .....	16
Figura 2 – Componentes do revestimento cerâmico.....	27
Figura 3 – Possibilidades de acabamento superficial.....	34
Figura 4 – Fixação inferior, superior e entre painéis.....	36
Figura 5 – Fixação entre painéis.....	37
Figura 6 – Juntas verticais e horizontais.....	38
Figura 7 – Esquema em corte de junta horizontal e vertical.....	38
Figura 8 – Tipos de juntas.....	39
Figura 9 – Cavaletes de apoio de painéis.....	40
Figura 10 – Içamento de cavaletes.....	41
Figura 11 – Armazenamento de blocos.....	48
Figura 12 – Armazenamento de argamassa de assentamento.....	48
Figura 13 – Pavimento com marcação da alvenaria.....	50
Figura 14 – Conferência da marcação com prumo na fachada.....	51
Figura 15 – Contra vergas.....	52
Figura 16 – Área de estoque de peças cerâmicas.....	53
Figura 17 – Fachada em diferentes estágios de revestimento.....	55
Figura 18 – Transporte de argamassa pelo mangote.....	56
Figura 19 – Assentamento de peças cerâmicas.....	57
Figura 20 – Área de estoque escorada.....	58
Figura 21 – Capacidade da área de estoque excedida.....	59
Figura 22 – Estrutura com dispositivos de fixação ancorados.....	60
Figura 23 – Amarração do painel para içamento.....	61
Figura 24 – Içamento do painel.....	62
Figura 25 – Utilização de talha tirfor.....	63
Figura 26 – Utilização de cunha de madeira.....	63
Figura 27 – Soldagem dos elementos de fixação.....	64
Figura 28 – Andaime tipo cadeirinha.....	64

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios de comparação.....	45
Quadro 2 – Comparação dos sistemas de vedação vertical estudados: planejamento de obra.....	66
Quadro 3 – Comparação dos sistemas de vedação vertical estudados: planejamento do canteiro.....	67
Quadro 4 – Comparação dos sistemas de vedação vertical estudados: mão de obra.....	69
Quadro 5 – Comparação dos sistemas de vedação vertical estudados: execução.....	70

## **LISTA DE SIGLAS**

*ACI – American Concrete Institute*

*BSI – British Standard Institution*

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

EPI – Equipamento de Proteção Individual

*PCI – Precast Concrete Institute*

PPCA – Painéis Pré-Fabricados de Concreto Arquitetônico

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA .....</b>	<b>14</b>
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	14
<b>2.2.1 Objetivo Principal.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2 Objetivos Secundários .....</b>	<b>14</b>
2.3 PRESSUPOSTO .....	15
2.4 DELIMITAÇÕES.....	15
2.5 LIMITAÇÕES .....	15
2.6 DELINEAMENTO .....	15
<b>3 SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL.....</b>	<b>18</b>
3.1 DIFERENTES SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL.....	18
<b>3.1.1 Classificações do Sistema de Vedação Vertical.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.2 Tipos de Vedação Vertical.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.3 Critério de Escolha do Sistema de Vedação Vertical.....</b>	<b>22</b>
3.2 VEDAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO.....	23
<b>3.2.1 Cenário.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.2 Execução de Alvenaria de Vedação com Tijolos.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2.3 Execução de Revestimento Cerâmico em Paredes de Alvenaria.....</b>	<b>26</b>
3.2.3.1 Componentes.....	27
3.2.3.1.1 Base e Preparo da Base.....	27
3.2.3.1.2 Camada de Regularização.....	27
3.2.3.1.3 Camada de Fixação.....	28
3.2.3.1.4 Juntas.....	28
3.2.3.2 Armazenamento.....	28
3.2.3.3 Mão de Obra.....	29
3.2.3.4 Ferramentas e Equipamentos Necessários.....	29
3.2.3.5 Sequência de Execução.....	29
3.3 VEDAÇÃO VERTICAL COM PAINÉIS DE CONCRETO ARQUITETÔNICO....	30
<b>3.3.1 Cenário.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2 Processo de Fabricação e Execução.....</b>	<b>34</b>
3.3.2.1 Dispositivos de Fixação.....	35

3.3.2.2 Juntas.....	37
<b>3.3.3 Transporte Vertical e Armazenamento.....</b>	<b>39</b>
3.4 PARÂMETROS DE COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS.....	42
<b>4 DESCRIÇÃO E COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO ESTUDADOS.....</b>	<b>46</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS VISITADAS PARA A COLETA DE DADOS.....	46
4.2 FACHADAS DE ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO.....	47
<b>4.2.1 Fachadas de Alvenaria.....</b>	<b>47</b>
4.2.1.1 Planejamento de Obra.....	47
4.2.1.2 Planejamento do Canteiro.....	47
4.2.1.3 Mão de Obra.....	49
4.2.1.4 Execução.....	49
<b>4.2.2 Revestimento Cerâmico em Fachadas de Alvenaria.....</b>	<b>52</b>
4.2.2.1 Planejamento de Obra.....	52
4.2.2.2 Planejamento do Canteiro.....	53
4.2.2.3 Mão de Obra.....	54
4.2.2.4 Execução.....	54
4.3 FACHADAS COM PAINÉIS DE CONCRETO ARQUITETÔNICO.....	57
<b>4.3.1 Planejamento de Obra.....</b>	<b>57</b>
<b>4.3.2 Planejamento do Canteiro.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.3 Mão de Obra.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3.4 Execução.....</b>	<b>60</b>
4.4 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL.....	65
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>75</b>
REFERÊNCIAS.....	76



## 1 INTRODUÇÃO

O aquecimento econômico brasileiro tem grande reflexo no mercado da construção civil. Esse crescimento, ao mesmo tempo que abre espaço para diversas empresas, acirra a concorrência entre elas. O que surge então é a necessidade de soluções construtivas para se atender de maneira mais eficiente as exigências dos clientes. A eficiência, no que diz respeito à construção civil, consiste em otimizar tempo, custo e qualidade.

Outros fatores que têm influenciado a construção civil são o desenvolvimento tecnológico e a industrialização da produção. O surgimento de novas técnicas e novos produtos tem o intuito de aumentar a eficiência produtiva, porém, requerem mudanças nos padrões construtivos tradicionais: especialização da mão de obra e aumento da precisão construtiva.

É possível perceber, entretanto, que muitas empresas permanecem adotando técnicas do sistema construtivo tradicional, sem abrir espaço para inovações tecnológicas. Ainda assim, há espaço no mercado para os seus produtos.

No subsetor de edificações, o sistema de vedação vertical apresenta diferentes técnicas construtivas: das tradicionais de alvenaria às industrializadas pré-fabricadas. A escolha da técnica mais adequada depende da análise de diversas variáveis, tais como disponibilidade de material e mão de obra, custos, prazos e desempenho.

O objetivo deste trabalho é comparar o sistema de vedação vertical de alvenaria com revestimento cerâmico com o de painéis de concreto arquitetônico. São considerados na comparação fatores relacionados ao planejamento de obra, ao planejamento do canteiro, à mão de obra empregada e ainda, à execução das fachadas.

Este trabalho é composto por cinco capítulos, sendo o primeiro a sua introdução. O segundo capítulo apresenta as diretrizes de pesquisa que são a questão, os objetivos principal e secundários, o pressuposto, as delimitações, as limitações e o delineamento.

O terceiro capítulo é resultado de revisão bibliográfica. Nele são apresentados os diferentes sistemas de vedação vertical, sua classificação e os critérios de escolha, além de uma abordagem mais detalhada dos sistemas de vedação vertical com painéis de concreto

arquitetônico e de alvenaria com revestimento cerâmico, avaliando aspectos relacionados à execução e, também, ao cenário em que se encontram ambas as soluções no contexto da construção civil. Na última parte do capítulo, se discorre a respeito da comparação dos sistemas.

No quarto capítulo são apresentadas as informações a respeito dos sistemas com base em observação de atividades em campo, e é feita a comparação entre os dois sistemas. No quinto capítulo, são apresentadas as considerações finais do trabalho.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: quais as diferenças entre o sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico e de alvenaria com revestimento cerâmico, avaliando-se fatores relativos ao planejamento de obra, ao planejamento do canteiro, à mão de obra empregada e à execução das fachadas de edificações?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é a comparação dos sistemas de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico e de alvenaria com revestimento cerâmico.

#### **2.2.2 Objetivos Secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) a criação de um quadro comparativo entre sistemas de vedação vertical;
- b) a caracterização, quanto aos fatores estudados, do sistema de vedação vertical de alvenaria com revestimento cerâmico;
- c) a caracterização, quanto aos fatores estudados, do sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico.

## 2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que tanto o sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico quanto o de alvenaria com revestimento cerâmico atendem satisfatoriamente às exigências dos usuários.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à comparação dos sistemas de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico e de alvenaria com revestimento cerâmico.

## 2.5 LIMITAÇÕES

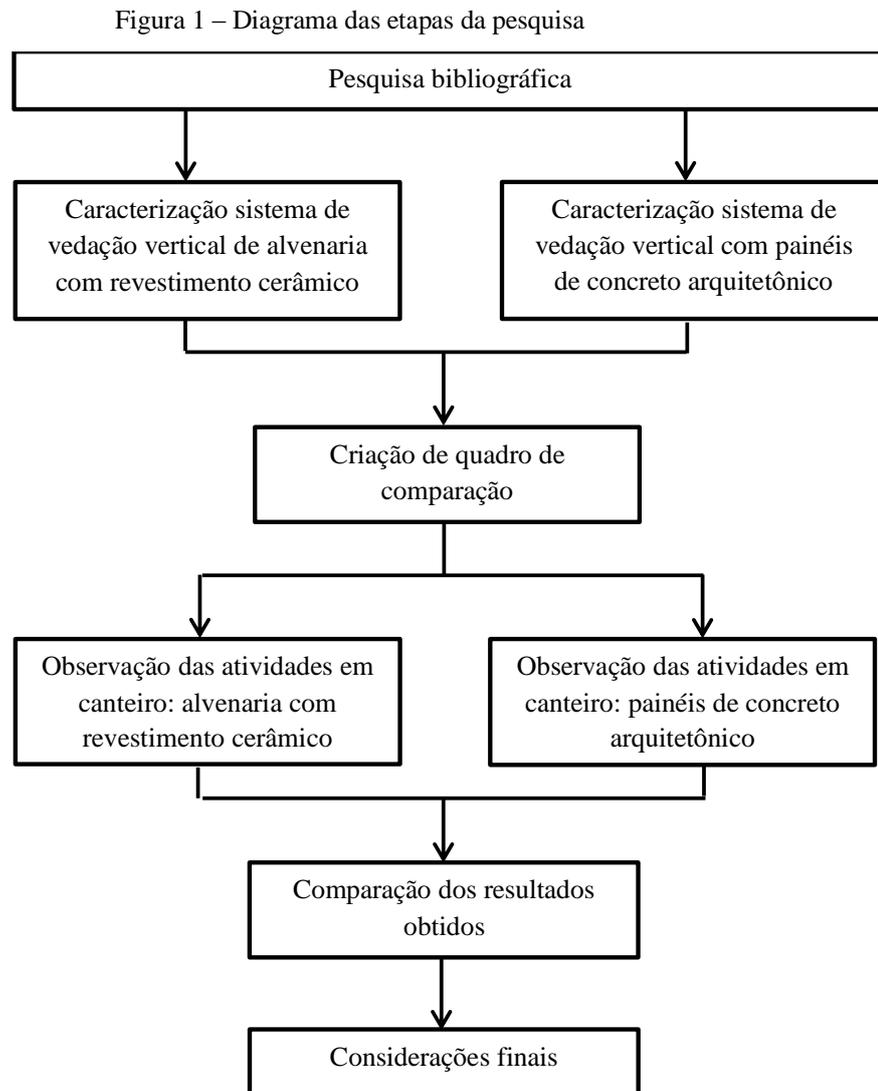
O trabalho limita-se a comparar os sistemas utilizando parâmetros relacionados ao planejamento de obra, ao planejamento do canteiro, à mão de obra empregada e à execução das fachadas. São utilizadas na comparação informações obtidas por meio de pesquisa bibliográfica e em acompanhamento das atividades em canteiro de obra. Aspectos relacionados ao custo, à segurança do trabalho, a tempos de execução e à disponibilidade de recursos para empregar os sistemas em locais específicos não são abordados.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) caracterização do sistema de vedação vertical com alvenaria com revestimento cerâmico;
- c) caracterização do sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico;
- d) criação de um quadro comparativo entre os dois sistemas;
- e) observação, em canteiro de obra, da execução do sistema de vedação vertical de alvenaria com revestimento cerâmico;

- f) observação, em canteiro de obra, da execução do sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico;
- g) comparação dos resultados obtidos;
- h) considerações finais.



(fonte: elaborado pela autora)

Na etapa de pesquisa bibliográfica, foram buscadas informações sobre os diferentes sistemas e as diferentes tecnologias de vedação vertical. Foram consultados livros e outras publicações a respeito do tema.

As etapas de caracterização dos sistemas envolveram um aprofundamento do estudo dos sistemas de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico e de alvenaria com

revestimento cerâmico. A pesquisa bibliográfica, nesta etapa, foi direcionada a esses dois sistemas.

A criação do quadro de comparação entre os sistemas teve por finalidade orientar e otimizar a etapa de acompanhamento das atividades em canteiro, destacando quais os aspectos que deveriam ser analisados em obra, para a posterior comparação dos sistemas. Ele foi criado com base nas informações obtidas na pesquisa bibliográfica, acrescido do que se almejava visualizar em campo.

A observação das atividades em canteiro teve por finalidade analisar a execução de fachadas adotando as duas técnicas estudadas no trabalho. Para tanto, foram visitadas três obras na cidade de Porto Alegre que adotavam alguma dessas técnicas.

De posse das informações provenientes da pesquisa bibliográfica e das obtidas durante o acompanhamento das atividades em canteiro, foi possível realizar a comparação dos dois sistemas de vedação vertical. A comparação foi guiada pelo quadro comparativo elaborado em etapa anterior.

Nas considerações finais, foram expostos os principais pontos observados ao longo do desenvolvimento do trabalho. Além disso, foram apresentadas informações para possibilitar um esclarecimento maior sobre o assunto.

### 3 SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL

A seguir, estão apresentados diferentes sistemas de vedação vertical e um estudo mais detalhado a respeito dos sistemas de vedação vertical de alvenaria com revestimento cerâmico e de painéis de concreto arquitetônico. Ao final do capítulo, é apresentado um quadro comparativo entre os dois sistemas.

#### 3.1 DIFERENTES SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL

Sabbatini et al. ([2007?], p. [1]) afirmam que “A vedação vertical pode ser entendida como sendo um subsistema do edifício constituído por elementos que compartimentam e definem os ambientes internos, controlando a ação de agentes indesejáveis.”. No que diz respeito aos sistemas de vedação vertical existentes, Sabbatini (1998, p. 13) afirma:

São muitas as tipologias possíveis de serem empregadas como vedação vertical em edifícios com estrutura reticulada de concreto armado. Da parede tradicional de alvenaria de tijolo cerâmico maciço com emboço mais reboco aos painéis pesados pré-fabricados com revestimento incorporado ou da divisória em lambris à de gesso acartonado ou da parede de bloco de vidro às fachadas cortinas de alumínio e vidro, são incontáveis as possibilidades de escolha.

Quanto aos processos de execução, existem os moldados no próprio local e aqueles de montagem mecânica de componentes industrializados. Existem ainda processos com os mais variados graus de industrialização e níveis de custo, bem como grande distinção de desempenho funcional (SABBATINI, 1998, p. 13).

As funções da vedação vertical são (além da compartimentação e definição dos espaços internos e controle de ação de agentes indesejáveis) suportar e proteger as instalações do edifício nos casos em que são embutidas e criar condições de habitabilidade para o edifício (SABBATINI et al., [2007?], p. [2]). Para a realização das suas funções, o subsistema de vedação vertical deve atender determinados critérios de desempenho. Barth e Vefago (2007, p. 149) definem critério de desempenho como um conjunto de discriminações e procedimentos, que têm por finalidade representar as exigências dos usuários (que são qualitativas) por valores numéricos.

### 3.1.1 Classificações do Sistema de Vedação Vertical

Sabbatini et al. ([2007?], p. [3-5]) classificam o sistema de vedação vertical adotando diferentes enfoques:

- a) quanto à função,
  - vedação de fachada: proteção em relação aos agentes externos;
  - divisória interna: divisão de ambientes internos;
  - divisória entre unidades e área comum;
- b) quanto à técnica de execução,
  - por conformação: moldadas no local de utilização, com utilização de água;
  - por acoplamento a seco: montadas a seco, sem utilização de água;
  - por acoplamento úmido: vedações que utilizam argamassa para solidarizar os elementos;
- c) quanto à mobilidade,
  - fixas: recebem acabamentos no local definitivo, e não podem ser transferidas de local;
  - desmontáveis: apresentam possibilidade de serem desmontadas, e posteriormente remontadas;
  - removíveis: vedações que são montadas e desmontadas com facilidade;
  - móveis: desvinculadas de outras partes do edifício, utilizadas apenas para compartimentar ambientes;
- d) quanto à densidade superficial,
  - leves: vedações verticais não estruturais, com limite de densidade aproximado de 100 kg/m<sup>2</sup>;
  - pesadas: vedações verticais que podem ou não ser estruturais, com densidade superficial superior a 100 kg/m<sup>2</sup>;
- e) quanto à estruturação,
  - estruturadas: vedações que requerem estrutura para suporte dos seus componentes;
  - autossuportante: vedações que dispensam estrutura de suporte;
  - pneumáticas: vedações suportadas por injeção de ar comprimido;
- f) quanto à continuidade do pano,
  - monolíticas: vedações que trabalham solidariamente, suportando conjuntamente as solicitações;
  - modulares: vedações cujos esforços são absorvidos por cada componente individualmente;

- g) quanto ao acabamento,
- com revestimento incorporado: vedações verticais que recebem acabamento antes de seu posicionamento definitivo, dispensando acabamentos após sua execução;
  - com revestimento *a posteriori*: vedações verticais que recebem revestimento após sua execução;
  - sem revestimento: vedações verticais que dispensam revestimentos;
- h) quanto à continuidade superficial,
- descontínuas: vedações com juntas aparentes;
  - contínuas: vedações com juntas não aparentes.

### 3.1.2 Tipos de Vedação Vertical

Segundo Sabbatini et al. ([2007?], p. [5-6]), pode-se definir os sistemas de vedação vertical mais utilizados como:

- a) paredes de alvenaria ou maciças;
- b) painéis leves;
- c) painéis pré-moldados ou pré-fabricados.

De acordo com a classificação acima, uma parede pode ser compreendida como sendo um elemento de vedação vertical, que pode ser de fachada, de divisória interna ou de separação; produzida por conformação ou acoplamento úmido; fixa; pesada; monolítica; com revestimento *a posteriori* ou sem revestimento; e descontínuas. O termo alvenaria pode ser entendido como componente conformado em canteiro de obras, constituídos por elementos (tijolos ou blocos) unidos por juntas de argamassa, que formam um conjunto rígido e coeso (SABBATINI et al., [2007?], p. [6]).

Desta forma, é possível classificar as paredes de alvenaria de acordo com o material utilizado, ou seja, de (SABBATINI et al., [2007?], p. [6]):

- a) bloco de concreto;
- b) bloco cerâmico;
- c) bloco de concreto celular;
- d) bloco de solo-cimento;
- e) pedra.

De acordo com Sabbatini et al. ([2007?], p. [6-7]), “As paredes maciças são aquelas obtidas por moldagem no local, empregando-se fôrmas laterais, com a possibilidade de uso de diferentes materiais.” e podem ser de:

- a) concreto;
- b) solo cimento;
- c) taipa;
- d) concreto celular.

As paredes maciças pré-fabricadas ou pré-moldadas, segundo Sabbatini et al. ([2007?], p. [7]), “São aquelas constituídas pelo acoplamento de painéis pré-moldados ou pré-fabricados [...]” e podem ser sub classificadas como:

- a) autoportante;
- b) estruturadas.

Para Lordsleem Júnior (1998, p. 53), as paredes pré-moldadas ou pré-fabricadas “São paredes constituídas por elementos em forma de painéis pré-moldados ou pré-fabricados, geralmente de concreto armado, obtidas por acoplamento úmido ou mecânico.”. Quanto à diferença entre elementos pré-fabricados e elementos pré-moldados, considera-se que o pré-fabricado é executado com rigoroso controle de qualidade, seja em uma fábrica ou em instalações temporárias em canteiro de obras, e o pré-moldado como aquele que é executado em local que não o de utilização definitiva, com controle de qualidade inferior ao pré-fabricado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 2).

Para Barth e Vefago (2007, p. 22):

As vedações pré-fabricadas constituem um conjunto de soluções construtivas bastante abrangentes e diferenciadas, que vão desde os painéis de alumínio, fachadas em pele de vidro, painéis cerâmicos e painéis em concreto arquitetônico, entre outros.

Para o desenvolvimento deste trabalho, são estudadas as paredes de alvenaria e as paredes maciças de concreto, formadas por painéis pré-fabricados de concreto arquitetônico (PPCA) que se classificam como: vedações de fachadas, obtidas por acoplamento a seco, pesadas, sem função estrutural, autossuportantes, descontínuas e modulares. Sobre essa classificação, Oliveira (2002, p. 16-17) ressalta:

[...] as vedações que se enquadram na classificação anterior deveriam ser consideradas como industrializadas, pois, potencialmente, a tecnologia é assim considerada. Mas, essa classificação só é correta se as ações organizacionais de planejamento e controle fizerem parte, tanto do processo de fabricação, quanto de execução (montagem), nos quais se alcancem elevada produtividade, baixo desperdício e baixo custo.

### 3.1.3 Critério de Escolha do Sistema de Vedação Vertical

Para Barth e Vefago (2007, p. 22), “As fachadas possuem papel estratégico na valorização de um empreendimento, podendo gerar destaque ao edifício e também compor o espaço urbano.”. Assim sendo, a escolha da técnica a ser utilizada deve ser feita após um aprofundado estudo das opções disponíveis para cada obra.

Tratando-se de critério de escolha para o sistema de vedação vertical a ser empregado em determinada obra, Sabbatini (1998, p. 13-14) se manifesta da seguinte forma:

Como escolher? Quais critérios devem ser considerados para a definição do produto?

Somente por custo? De R\$ 15,00 à R\$ 150,00/m<sup>2</sup> temos à escolha do freguês. Se assim fosse, estaríamos trabalhando com bem poucas opções e estaríamos procurando técnicas de manter folhas de papelão em pé.

Por tradição construtiva local? Certamente não teríamos abandonado o bom e velho tijolo de ‘barro’, que vedou eficientemente nossos edifícios multipavimentos até cerca de 30 a 40 anos atrás.

Pelo grau de industrialização? Se assim fosse, o primeiro mundo não estaria redescobrimdo a alvenaria, após ter investido nos, e utilizado intensamente, os pré-fabricados e as técnicas de montagem industrial.

Porque o mercado consumidor impõe? O que é mesmo que o consumidor quer? Gostaríamos de ter a resposta para esta questão. [...]

Pelo desempenho funcional? Durabilidade? Aspectos estéticos? Outros aspectos econômicos, além do custo? Disponibilidade local? Interesses comerciais, sociais ou geopolíticos? Por exigências ambientais?

Por tudo isso ao mesmo tempo e por ainda muitos outros critérios. É uma escolha complexa, difícil, delicada. E de fundamental importância para a qualidade do edifício, da vida humana que irá ocupar o edifício e do processo de produção do edifício. É uma escolha técnica, uma definição essencialmente técnica.

Segundo Barth e Vefago (2007, p. 23), “Na escolha do sistema construtivo de fachadas deve-se levar em consideração [...] acabamentos superficiais, relação custo-benefício, prazos de execução, durabilidade e atendimento a requisitos e critérios de desempenho.”.

Fica evidente, portanto, que os fatores que influenciam na decisão do tipo de tecnologia a ser utilizada são os mais variados. A definição do sistema de vedação, além de ser uma decisão técnica, deve levar em consideração os conhecimentos dos mais diversos intervenientes da execução, de um conjunto de profissionais capacitados para tanto (SABBATINI, 1998, p. 15).

## 3.2 VEDAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO

O detalhamento do cenário em que se encontra o sistema de vedação de alvenaria, e ainda, o processo executivo de alvenaria de vedação e de revestimento cerâmico de fachada são apresentados a seguir.

### 3.2.1 Cenário

A alvenaria de vedação tradicional, que é ainda utilizada com frequência nas edificações, se caracteriza por improvisos durante a execução, uma vez que não adota projeto. Além disso, a qualidade do produto final está totalmente vinculada à qualidade da mão de obra empregada. Outro fator que se evidencia nessa técnica é o grande desperdício de materiais, que demandam limpeza constante e geram grande quantidade de entulhos. A falta de controle de execução, também percebida nessa técnica, impede a detecção de problemas de execução em estágios iniciais, acarretando acúmulo de pequenos erros ao longo da execução, e que demandam mais tempo de trabalho para a conclusão do serviço (SILVA et al., 2006, p. 76-80).

Segundo Barros e Sabbatini (2001, p. 1), a construção é uma atividade complexa, que requer um conjunto de ações integradas e coerentes desde a concepção da obra até a produção propriamente dita para que possa ser conduzida com eficácia e eficiência. Tradicionalmente, o subsetor de construções prioriza a execução de algumas das partes da edificação, como por exemplo, a estrutura, e não adotam projetos e planejamento para outros subsistemas, como acontece com as alvenarias e revestimentos. Para essas atividades, o processo é geralmente falho, incompleto e pouco eficiente.

Quanto ao planejamento das atividades de alvenaria e revestimento, Barros e Sabbatini (2001, p. 1) afirmam que as atividades de alvenaria e revestimento são avaliadas antes de sua execução apenas na fase de orçamento da obra. Nessa situação, porém, são adotados alguns parâmetros que muitas vezes apresentam distorções se comparados aos aplicados em canteiro. A produção propriamente dita é conduzida sem nenhum estudo prévio, e sem a utilização de projetos, o que dificulta o controle e obriga que as decisões de como fazer sejam feitas pelos executores.

Quanto ao atraso tecnológico presente em algumas atividades dentro do canteiro afirma-se (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 1):

[...] é, em grande parte, de responsabilidade dos técnicos envolvidos com as mesmas, que adotam uma postura passiva frente aos problemas que deveriam ser enfrentados. É certo porém, que tal postura muitas vezes é involuntária, sendo consequência de uma série de fatores, entre os quais se destacam: a deficiência no processo de formação profissional de todos os envolvidos; a pouca disponibilidade de conhecimentos técnicos relativos a estas atividades, resultando em uma grande carência de informações confiáveis que possam subsidiar as tomadas de decisões; a inexistência de um banco de dados técnicos fundamentados em obras já executadas, que possa auxiliar o desenvolvimento de outros projetos e ainda, a dificuldade de troca de informações dentro do setor da construção civil.

### **3.2.2 Execução de Alvenaria de Vedação com Tijolos**

Yazigi (2008, p. 453) define alvenaria como “[...] conjunto de paredes, muros e obras similares, composto de pedras naturais e/ou blocos ou tijolos artificiais, ligados ou não por argamassa.”. Para o início da execução dos serviços é necessário que se tenha disponível os projetos de arquitetura da edificação, bem como de alvenaria (se houver), estrutura e instalações hidráulicas e elétricas (YAZIGI, 2008, p. 470). Quanto aos materiais e equipamentos necessários, Yazigi (2008, p. 470) os divide em duas categorias: os existentes obrigatoriamente no canteiro de obra e os mais específicos para a execução de alvenaria. Entre os existentes em qualquer canteiro ele cita como exemplos: água limpa, cimento Portland, areia média, equipamentos de proteção individual e coletiva (EPI e EPC), colher de pedreiro, desempenadeira, linha de náilon, esquadro de alumínio, nível de bolha, nível de mangueira ou a *laser*, prumo de face, caixa para argamassa, vassoura, andaime, carrinho de mão e guincho. Os demais materiais e equipamentos são classificados como destinados especificamente à execução da alvenaria: blocos cerâmicos vazados, argamassa

industrializada para assentamento, chapisco industrializado, tela de aço zincado, aditivo expansor, escantilhão, gabaritos para vãos de portas e janelas, argamassadeira ou betoneira, andaime fachadeiro ou suspenso, entre outros.

A execução da alvenaria inicia pela marcação da primeira fiada. É nessa fiada que devem ser corrigidos eventuais desníveis na laje, para que não se propaguem ao longo da elevação. Essa fiada deve obedecer rigorosamente às medidas e alinhamentos indicados em projeto, deixando livres vãos de portas e janelas que se apoiam no piso (YAZIGI, 2008, p. 459).

A modulação é indicada para a execução de paredes em alvenaria, uma vez que reduz o desperdício, adotando o emprego de blocos inteiros. Na prática, entretanto, isso não é sempre observado (YAZIGI, 2008, p. 458).

É recomendado que o assentamento dos componentes preveja juntas de amarração, desalinhando as juntas verticais. Para o aumento de aderência, é recomendado chapiscar a face da estrutura que fica em contato com os tijolos. Uma sugestão executiva é de não se deixar panos soltos de alvenaria por longos períodos e nem executá-los com muita altura de uma vez só. Nas alvenarias com tijolos vazados, eles não podem ser utilizados com furo na vertical e nem na direção transversal ao plano da parede (com exceções para situações particulares) (YAZIGI, 2008, p. 458).

A execução deve iniciar pelos cantos ou então pelas ligações com quaisquer outros elementos da edificação. Para a definição das juntas horizontais, emprega-se o escantilhão, graduado de acordo com a altura de cada fiada. É necessário também marcar as alturas das juntas nos pilares, bem como as alturas indicadas para o posicionamento dos ferros-cabelos, que servem para amarrar a alvenaria à estrutura, e podem ser montados com barra de aço CA50 de bitola de 5 mm dobradas em forma de U, ou com telas de aço galvanizado com fios de diâmetro de 1,5 mm. Os ferros-cabelos devem ser chumbados na estrutura. Se forem utilizadas barras de aço, é necessário furar o pilar com broca de bitola imediatamente superior, e executar o chumbamento com adesivo a base de resina epóxi. Caso se empregue a tela galvanizada, ela deve ser fixada com pinos de aço por meio de sistema de fixação à pólvora (YAZIGI, 2008, p. 458).

Para garantir o alinhamento vertical, utiliza-se prumo de face. O alinhamento horizontal é garantido esticando-se, após a elevação dos cantos, uma linha que serve de guia. Essa linha deve ser reposicionada a cada fiada (YAZIGI, 2008, p. 458).

Em paredes executadas em estruturas de concreto armado, a alvenaria deve ser interrompida abaixo das vigas e lajes, para permitir que a estrutura sofra as deformações iniciais devidas ao peso próprio, para depois ser travada. Em caso de edificações de mais de um pavimento, antes do travamento, deve ser executada a alvenaria do pavimento imediatamente superior. Nas situações em que é necessário o rasgo da alvenaria para embutimento de instalações (elétricas ou hidráulicas), esses só devem ser executados após o travamento das paredes (YAZIGI, 2008, p. 458-459).

Os vãos de portas e janelas devem atender as indicações de medida e posicionamento do projeto, e devem ser consideradas nas medidas dos vãos as folgas para encaixe dos marcos e contramarcos das esquadrias. Sobre esses vãos, deve-se utilizar vergas, e sob os vãos das janelas, deve-se utilizar contravergas. Tanto as vergas quanto as contravergas podem ser moldadas em loco ou pré-moldadas. As vergas devem exceder a largura do vão em pelo menos 20 cm e ter altura de pelo menos 10 cm (YAZIGI, 2008, p. 458-459).

A argamassa utilizada para assentamento deve ter comportamento plástico e consistência suficiente para suportar o peso dos tijolos e mantê-los no alinhamento do assentamento. Para paredes externas não revestidas, a argamassa deve ser também impermeável (YAZIGI, 2008, p. 459).

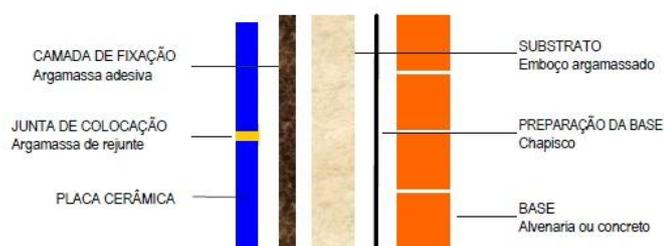
### **3.2.3 Execução de Revestimento Cerâmico em Paredes de Alvenaria**

O revestimento cerâmico em paredes de alvenaria é composto por um conjunto de elementos e atividades que influenciam no seu resultado final. É fundamental dedicar atenção a todos eles durante o processo executivo para se obter um revestimento com a qualidade (estética e funcional) almejada.

### 3.2.3.1 Componentes

As paredes com revestimento cerâmico apresentam cinco componentes principais: a base, a camada de regularização, a camada de fixação, as peças cerâmicas e as juntas. Para revestimento cerâmico em fachadas, é necessário também uma camada de preparo da base ou chapisco (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 2). A figura 2 representa esses componentes.

Figura 2 – Componentes do revestimento cerâmico



(fonte: MEDEIROS; SABBATINI, 1999, p. 6)

#### 3.2.3.1.1 Base e Preparo da Base

A base interfere no resultado final do revestimento em função do seu comportamento perante as diferentes solicitações. Diferentes materiais empregados na base podem apresentar comportamentos distintos. Por se tratar do suporte do revestimento, é que a base é considerada um elemento importante. Já o preparo da base deve ser executado em todas as superfícies de fachada, para aumentar a aderência do revestimento na base (BARROS; SABBATINI, 2001).

#### 3.2.3.1.2 Camada de Regularização

A camada de regularização da base deve apresentar espessura mínima de 10 milímetros para revestimento de superfícies internas e 20 milímetros para revestimento de superfícies externas. A necessidade de maior espessura do revestimento externo é devido ao maior grau de solicitação sofrido por essa camada, devido às maiores deformações e a maior exposição à água e à chuva. Essa camada que deve garantir estanqueidade ao revestimento, e não a camada de acabamento. Quanto à execução, essa camada “[...] deverá ser sarrafeada a partir de mestras definidas com precisão e apresentar acabamento desempenado (com

desempenadeira de madeira), a fim de que apresente planicidade, textura e regularidade adequadas.” (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 8).

#### *3.2.3.1.3 Camada de Fixação*

A camada de fixação tem a finalidade de garantir a aderência necessária entre os componentes cerâmicos e a camada de regularização. Para a execução dessa camada, pode-se utilizar argamassa colante ou cola. A diferença entre as camadas executadas com esses produtos está na espessura da camada final e na capacidade de aderência a bases não porosas (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 2).

#### *3.2.3.1.4 Juntas*

Devido ao caráter modular do revestimento cerâmico, sempre existem juntas entre as peças. Algumas vezes, de acordo com as características da base, pode ser necessário o emprego de juntas de trabalho ou de movimentação (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 5).

As juntas entre os componentes, que podem ser denominadas juntas de assentamento, são originadas, durante o processo de assentamento, pelo afastamento de alguns milímetros entre os componentes cerâmicos. Elas são empregadas com a finalidade de aumentar a capacidade do pano de revestimento de absorver deformações intrínsecas provocadas pela variação térmica ou higroscópica, de absorver variações dimensionais das peças cerâmicas e ainda, de permitir alinhamento preciso entre as peças que eventualmente apresentem variação dimensional e que, portanto, não poderiam ser encostadas umas nas outras sem perder o alinhamento (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 5-6).

#### *3.2.3.2 Armazenamento*

O armazenamento apropriado dos materiais evita possíveis perdas e deterioração. Os componentes cerâmicos poderiam ser estocados a céu aberto, devido às suas características de resistência e durabilidade, porém, quando submetidos a essas condições, sujeitam-se a um elevado grau de umidade e acúmulo de pó sobre sua superfície, que pode ser prejudicial à aderência quando assentados. Por isso então, é recomendado que ele seja estocado em local abrigado, protegido de intempéries (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 16).

A argamassa, por conter cimento em sua composição, deve, obrigatoriamente, ser armazenada em local onde não tenha contato com intempéries e nem com umidade. Além disso, sugere-se que seja estocada afastada de paredes e teto, para garantir arejamento, sobre *pallets* para não ter contato com o piso, e em local seco e fresco (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 16).

### 3.2.3.3 Mão de Obra

O emprego de materiais de boa qualidade não implica necessariamente em um revestimento de boa qualidade. O bom desempenho do revestimento está também relacionado com a qualificação da mão de obra empregada para sua execução. Recomenda-se, portanto, que os profissionais envolvidos tenham a habilidade necessária para a execução do serviço já reconhecida pelo contratante, e, além disso, deve-se buscar aprimorar as suas habilidades por meio de treinamentos operacionais, e ainda, adotar estímulos econômicos vinculados à produtividade e à qualidade dos serviços (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 16).

### 3.2.3.4 Ferramentas e Equipamentos Necessários

Para a verificação e preparo do substrato são necessárias as seguintes ferramentas: prumo, esquadro, mangueira de nível, régua de alumínio 15 centímetros menor que o pé direito do pavimento, régua de alumínio de 70 a 80 centímetros e metro articulado com 2 metros. Para o preparo e aplicação de argamassa são necessários: colher de pedreiro, caixa para preparo de argamassa, balde e desempenadeira dentada de aço. Para o preparo e aplicação dos revestimentos cerâmicos são necessários: riscador com broca de vídea, cortador mecânico, lima triangular de trinta a quarenta centímetros, torquês, colher de pedreiro, espátula, placa de compensado, serra elétrica, furadeira e rodo para aplicação de rejunte (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 18-19).

### 3.2.3.5 Sequência de Execução

Antes da execução do revestimento, é necessário certificar-se que o substrato tenha suas características avaliadas e corrigidas, para atender às especificações de planeza, rugosidade e limpeza superficial. Quanto à planeza, as superfícies não devem apresentar desvio superior a 3mm, verificado com régua de 2 m de comprimento em todas as direções. Se for constatado

desvio superior ao tolerado, deve-se corrigir antes da aplicação de argamassa colante. No quesito rugosidade, deve-se obter uma camada de regularização medianamente áspera, obtida por desempenho leve com desempenadeira de madeira, para que se atinja o grau de aderência desejado. Nos casos em que a superfície apresentar substâncias que possam prejudicar a aderência, deve-se lavar o substrato, e aguardar até que esteja completamente seco para a aplicação da camada de fixação (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 16-17).

O espalhamento de argamassa na superfície deve ser feita com auxílio de desempenadeira de aço dentada. A aplicação dos componentes cerâmicos sobre a argamassa é feita após seu espalhamento. Para garantir maior contato da superfície da peça cerâmica com a argamassa colante, recomenda-se aplicá-la a 2 cm das peças já assentadas e depois arrastá-la até a sua posição final. Cabe ressaltar que o assentamento das peças cerâmicas deve ser realizado o mais tarde possível, com um intervalo mínimo recomendado de quinze dias a partir da execução da camada de regularização (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 18-21).

Normalmente os revestimentos de fachadas são executados com o emprego de andaimes suspensos. Com a utilização deste equipamento, a sequência de execução mais adequada é de cima para baixo em panos contínuos. Esse sequenciamento facilita o alinhamento das juntas verticais, porém dificulta o nivelamento das juntas entre panos (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 22).

### 3.3 VEDAÇÃO VERTICAL COM PAINÉIS DE CONCRETO ARQUITETÔNICO

O detalhamento do cenário em que se encontra o sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico, bem como os processos de fabricação e execução e a logística envolvida em seu transporte vertical e armazenamento são apresentados a seguir.

#### 3.3.1 Cenário

O emprego de produtos industrializados na construção civil tem apresentado um crescimento significativo nos últimos tempos. Em Munte Construções Industrializadas (2004, p. 11), afirma-se que:

A industrialização progressiva dos processos executivos da construção civil é uma tendência irreversível no Brasil [...], onde a tônica agora é o melhor planejamento das atividades no canteiro de obra, na busca de uma integração maior da gestão financeira do negócio com um controle total da programação dos serviços nas frentes de trabalho.

Essa evolução torna-se possível a partir do momento em que há um maior investimento na qualificação da mão de obra da construção. No Brasil, há sinais claros de alteração desse perfil, até porque está havendo incrementos importantes em termos de produtividade entre as melhores construtoras, que acabam induzindo a modernização de processos construtivos nos vários mercados, cada vez mais competitivos.

O desperdício e a baixa produtividade perdem espaço em uma construção cada vez mais racionalizada e controlada [...].

A indústria da construção civil é considerada atrasada, se comparada a outros ramos industriais. Isso se deve ao fato de apresentar baixa produtividade, alto grau de desperdício e baixo controle de qualidade (EL DEBS, 2000, p. 3). A industrialização no subsetor de edificações indica maior organização e requer melhor planejamento, além disso, proporciona continuidade executiva e repetitividade, tendo como consequência o aumento da eficiência no processo de produção (OLIVEIRA, 2002, p. 2). Em tese, o aumento do desenvolvimento tecnológico de um país implica no aumento da utilização de concreto pré-fabricado, tendo em vista que há uma valorização da mão de obra e um aumento na exigência com relação à qualidade dos produtos. Com base nisso, as perspectivas são de aumento da utilização desse sistema no Brasil (EL DEBS, 2000, p. 3).

Por outro lado, apesar dos avanços no cenário mundial, no Brasil, o concreto pré-fabricado é pouco explorado. Essa restrição do seu uso é devida, entre outros fatores, à alta tributação aplicada a produtos industrializados, ao conservadorismo dos profissionais envolvidos com a construção civil e à falta de conhecimento das alternativas em concreto pré-fabricado. A consequência da soma desses fatores é a formação de um círculo vicioso, em que não se adota produtos pré-fabricados por falta de conhecimento, experiência e equipamentos, mas que por outro lado, não são adquiridos, sem a utilização do sistema (EL DEBS, 2000, p. v).

Quanto às tecnologias de fachadas, Barth e Vefago (2007, p. 17), explicam:

O sistema industrializado proporciona tanto flexibilidade construtiva quanto compositiva, podendo-se utilizar diferentes produtos e sistemas em função das intensões e dos requisitos de projeto. Um maior detalhamento do projeto pode contribuir para a melhoria da qualidade e durabilidade das fachadas, otimizando a produção na fábrica e a montagem no canteiro. A construção industrializada não se limita apenas a obras com plantas ortogonais, pois as atuais técnicas de fabricação

possibilitam o uso de formas diferenciadas, elementos com dupla curvatura, e até mesmo a obtenção de pré-fabricados com geometrias bastante complexas nas fachadas.

É crescente o uso de fachadas com painéis pré-fabricados nacional e internacionalmente. No Brasil, a adoção dessa técnica ainda não está consolidada, diferente do que se percebe em outros países (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 13).

As indústrias de pré-fabricados de concreto encontram-se, portanto, em um período de expansão. O motivo é o aumento da demanda de produtos por parte das empresas construtoras e, a consequência disso, são elementos com maior qualidade incorporada e com maior variabilidade estética (MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 11).

A utilização do sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico é bastante diversificada, e, de acordo com Barth e Vefago (2007, p. 27):

As fachadas realizadas com painéis de concreto arquitetônico possibilitam fechamentos industrializados com grandes dimensões e acabamentos superficiais variados, que são compatíveis com diversos tipos de estruturas. A denominação 'concreto arquitetônico' é originada das características superficiais que melhoram os aspectos compositivos da edificação.

Além da versatilidade do sistema, outras vantagens podem ser identificadas na sua utilização (MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 411):

O sistema de fechamento em painéis arquitetônicos pré-fabricados se caracteriza por placas de concreto de pequena espessura, com dimensões que permitam sua fabricação, transporte e fixação nas obras. Dentre os sistemas de pré-fabricados, é o que apresenta a maior interface com outros tipos de estruturas, pois podem ser aplicados até mesmo em construção convencional, na eliminação dos serviços como alvenaria de elevação, chapisco, emboço, reboco e acabamento da superfície, realizados nas fachadas dos empreendimentos.

Em função da pequena espessura das placas, o peso próprio por metro quadrado dos painéis arquitetônicos de fachada pode ser comparado com o de uma alvenaria comum. Sua utilização, portanto, não provoca alterações no projeto estrutural como um todo, o que permite propor fachadas arquitetônicas pré-fabricadas de concreto em qualquer edificação.

A opção de utilizar o sistema de painéis arquitetônicos no início do projeto, porém, pode gerar grandes economias ao projeto estrutural.

Complementarmente a essas vantagens, pode-se afirmar ainda que a industrialização na construção tem como consequência a redução de desperdícios em canteiro de obra e diminuição nos prazos de execução. Outros fatores observados são a ocorrência de um maior

controle dimensional, bem como a otimização dos processos envolvidos na construção. O resultado disso são produtos com maior valor agregado (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 17).

Segundo Oliveira (2002, p. 87), uma das maiores vantagens da utilização do sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico é a sua velocidade de execução, que pode vir a reduzir os prazos de entrega e custos com mão de obra. Porém, essa vantagem apenas é verificada se houver, por parte de todos os agentes envolvidos nos processos de execução e montagem, o desenvolvimento de projetos e planejamentos voltados para a eficiência do processo de montagem.

De acordo com Oliveira (2002, p. 88):

Segundo o PCI ([PRECAST CONCRETE INSTITUTE<sup>1</sup>], 1985), os projetos e planejamentos voltados para a eficiência da montagem dos painéis devem considerar alguns aspectos, como: sequência de fabricação e envio das peças; localização das guias; método e sequência de montagem; içamento, fixação e armazenamento.

Apesar das vantagens apresentadas, a utilização dos painéis de concreto arquitetônico ainda é restrita devido à falta de conhecimento do sistema. Não existe, no País, material técnico a respeito do tema, as pesquisas sobre o assunto não são em grande número e, além disso, não existem normas técnicas que forneçam as diretrizes para a sua concepção, produção, montagem e manutenção (e que garantiriam qualidade técnica e funcional do sistema). Em muitos casos, devido aos fatores mencionados, a sua utilização não explora o potencial máximo da tecnologia, porque as práticas rotineiras continuam sendo empregadas e a casualidade das decisões continua presente (OLIVEIRA, 2002, p. 8-9).

Para ilustrar o que foi citado, cabe mencionar que, entre o final da década de noventa e o início dos anos dois mil, o sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico foi aplicada em pelo menos 500.000 m<sup>2</sup> (quinhentos mil metros quadrados) de fachadas executadas na cidade de São Paulo. Apesar disso, ainda não houve um consenso sobre quais requisitos de desempenho que essas fachadas devem apresentar, e como atendê-los, bem como, em quais normas devem ser baseados os projetos que adotem essa tecnologia. Além disso, o setor não prevê os problemas que essa tecnologia apresentará nos próximos anos, tendo em vista que no Brasil não existe um histórico de sua utilização por período maior que

---

<sup>1</sup> PRECAST CONCRETE INSTITUTE **Recommended practice for erection of precast concrete**. Chicago, 1985.

cinco anos e também porque não foram estabelecidas especificações de como avaliar o seu desempenho ao longo do tempo (OLIVEIRA, 2002, p. 9-10).

### 3.3.2 Processo de Fabricação e Execução

O processo de fabricação dos painéis de concreto arquitetônico pode ser descrito da seguinte forma (MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 411):

Para formar a fachada arquitetônica, a concretagem das peças consideram cerca de 30 mm de espessura em concreto estrutural colorido, conforme a definição do projeto de arquitetura. Ainda com essa camada fresca é realizada a concretagem complementar da peça, com concreto cinza comum, formando uma peça única, com perfeita aderência entre os dois tipos de concretos.

A figura 3 apresenta diferentes modelos de acabamento superficial de acordo com o grau de exposição do agregado.

Figura 3 – Possibilidades de acabamento superficial



(fonte: ARCHITECTURAL PRECAST ASSOCIATION<sup>2</sup>, 2000 apud OLIVEIRA, 2002, p. 31)

Quanto ao método e sequência de montagem, alguns cuidados devem ser tomados. É necessário, por exemplo, aguardar que a estrutura sofra certas deformações (por exemplo: retração irreversível e fluência nas primeiras idades) antes do início da fixação dos painéis. Além disso, sua montagem deve levar em conta a estabilidade do edifício, sendo executada de modo homogêneo, sem sobrecarregar um ponto da estrutura. É recomendado também que se faça uma verificação na estrutura antes de iniciar a montagem das peças, para assegurar que a área esteja pronta para a montagem (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE<sup>3</sup>, 1993 apud

<sup>2</sup> ARCHITECTURAL PRECAST ASSOCIATION **Architectural precast**: a combination of selected cements aggregates and coloring agents used to custom plant produce architectural concrete building units. Fort Myers, [2000?]. Disponível em: <<http://www.archprecast.org/archprecast.htm>> → não foi possível acessar o endereço indicado pela autora

<sup>3</sup> AMERICAN CONCRETE INSTITUTE **ACI533R**: guide for precast concrete wall panels. Detroit, 1993.

OLIVEIRA, 2002, p. 91-92). Para El Debs (2000, p. 59), é fundamental que haja um planejamento para o procedimento de montagem, para que seja definida previamente a sequência de montagem e feita uma verificação das condições de acesso dos equipamentos necessários para a execução.

As fachadas de painéis de concreto arquitetônico são compostas, basicamente por três componentes: o painel, os dispositivos de fixação e as juntas. O painel é formado por uma camada de concreto armado e uma, de revestimento. A camada de concreto deve garantir o bom desempenho da peça enquanto que a de revestimento tem como função principal a estética (OLIVEIRA, 2002, p. 20).

Em Munte Construções Industrializadas (2004, p. 411), afirma-se que para o bom desempenho da fachada dois aspectos são fundamentais: a vedação das juntas e o sistema de fixação na estrutura. Se realizados adequadamente, esses quesitos conferem qualidade e desempenho à fachada.

A definição de tolerâncias tem o intuito de definir critérios de construção que garantam o encaixe das partes, sem necessidade de modificações, atendendo os requisitos de economia, produtividade, funcionalidade, estanqueidade e estética. Para o caso específico das fachadas de painel de concreto arquitetônico, a estanqueidade pode ser prejudicada pela variação dimensional das juntas, a qualidade estética pode ser afetada pelo desalinhamento das juntas ou por falta de prumo entre os painéis. Além de interferirem no desempenho, as especificações de tolerância também influem na qualidade e produtividade. Estabelecer a tolerância adequada (e não ultrapassá-la) pode evitar retrabalhos e até perda de peças (OLIVEIRA, 2002, p. 94-95).

Como mencionado anteriormente, os dispositivos de fixação e as juntas são os responsáveis pelo bom desempenho do sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico (MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 411). Por esse motivo, esses componentes são apresentados mais detalhadamente nos próximos itens.

### 3.3.2.1 Dispositivos de Fixação

Os dispositivos de fixação são responsáveis pela interação painel-estrutura e, portanto, pela segurança estrutural do painel no edifício. O seu propósito é transferir cargas provenientes do

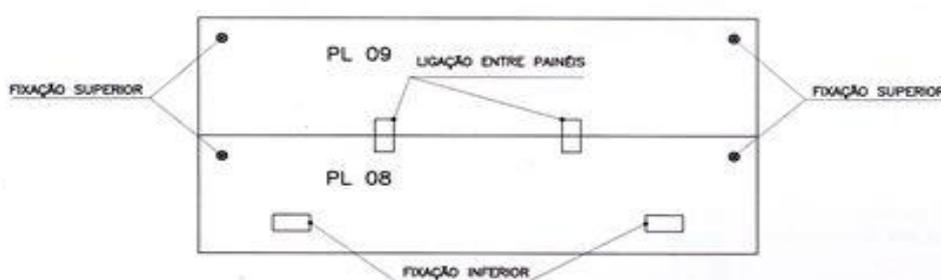
painel para a estrutura, promovendo a estabilidade do conjunto. Para isso, elas devem apresentar requisitos que garantam seu desempenho, tais como: resistência mecânica, ductilidade e resistência à corrosão (OLIVEIRA, 2002, p. 34-35). O sistema de fixação pode ser metálico ou de concreto. O sistema metálico aumenta a industrialização do processo, e requer menos altura livre para a ancoragem dos painéis (MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 417).

O sistema de fixação dos painéis pode ser inferior, superior ou entre painéis, que se diferenciam da seguinte forma (MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 417):

- a) inferior: como os painéis de concreto arquitetônico são apoiados nos pavimentos, a fixação inferior recebe todo o carregamento vertical, e, portanto, representa a base estrutural do painel, enquanto o pavimento serve de apoio;
- b) superior: é necessária para garantir o equilíbrio da peça;
- c) entre painéis: é necessária quando um painel não cobre a altura de um pavimento, e por isso torna-se necessário apoiar um painel sobre o outro.

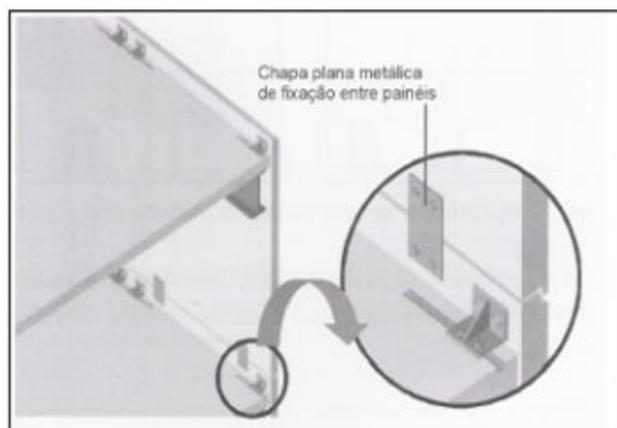
As figura 4 e 5 ilustram os sistemas de fixação inferior, superior e entre painéis.

Figura 4 – Fixação inferior, superior e entre painéis



(fonte: MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 415)

Figura 5 – Fixação entre painéis



(fonte: SILVA<sup>4</sup>, 2003, p. 24 apud ALMEIDA, 2010, p. 41)

Como já mencionado, a garantia estrutural dos painéis está nos dispositivos de fixação. No caso em que a fixação é metálica, é necessário atentar para o risco de corrosão dos elementos e o consequente prejuízo à resistência do sistema. A corrosão pode ser estimulada pelo intemperismo (corrosão atmosférica) e também pela incompatibilidade dos metais empregados nos dispositivos de fixação (corrosão galvânica). Para a primeira, é necessário se fazer uma análise da atmosfera a qual o sistema está submetido, e conhecer as taxas de corrosão e o comportamento dos metais possíveis de serem utilizados nesse ambiente, fazer uma análise da sua durabilidade e ainda, avaliar o risco associado à escolha. Essa avaliação, entretanto, é bastante complexa, devido a variabilidade dos fatores que a influenciam. Já a corrosão galvânica ocorre quando dois metais com potenciais diferentes são postos em contato e expostos a soluções que contenham água, sais ou ácidos e que sejam condutoras de eletricidade. A escolha dos metais a serem empregados é altamente técnica e exige uma análise criteriosa, que pondere as condições atmosféricas, os metais viáveis técnica e economicamente, a compatibilidade química entre os metais e, ainda, a necessidade de manutenções periódicas. A durabilidade dos dispositivos de fixação deve ser a mesma prevista para a fachada da edificação (OLIVEIRA, 2002).

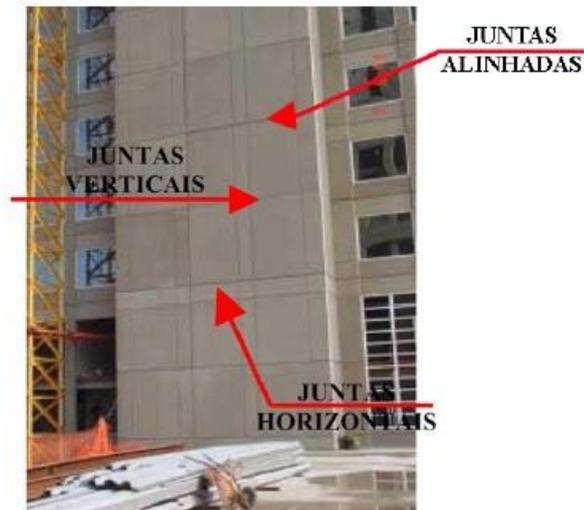
### 3.3.2.2 Juntas

As juntas constituem as linhas de separação dos painéis, e devem garantir estanqueidade à água e ao ar. Além disso, devem ser projetadas para absorver deformações sem introduzir

<sup>4</sup> SILVA, M. G. **Manual da construção em aço: painéis de vedação**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2003.

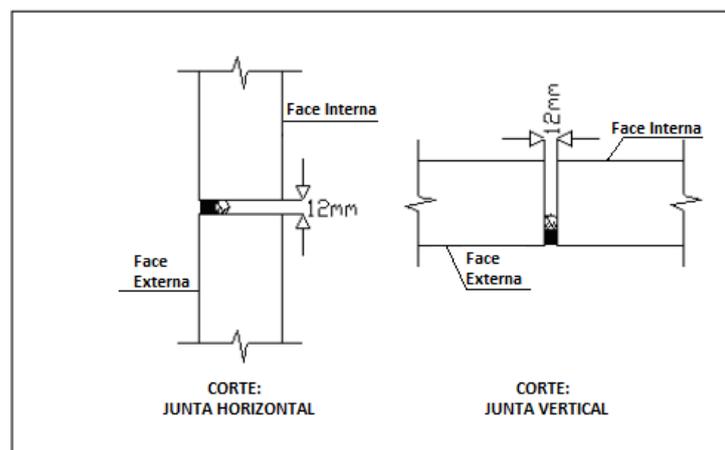
tensões extras nos painéis (OLIVEIRA, 2002, p. 46). As juntas entre painéis podem ser verticais ou horizontais (figura 6). A figura 7 apresenta um esquema em corte das juntas verticais e horizontais.

Figura 6 – Juntas verticais e horizontais



(fonte: OLIVEIRA, 2002, p. 47)

Figura 7 – Esquema em corte de junta horizontal e vertical



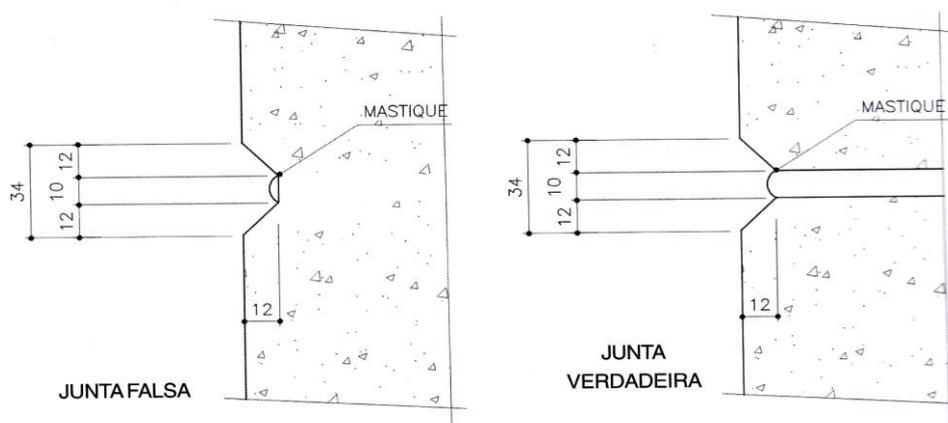
(fonte: adaptado de ALMEIDA, 2010, p. 37)

As juntas verticais são sempre juntas livres, já juntas horizontais são divididas em três tipos (MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 414-415):

- a) juntas livres, quando não ocorre contato entre os painéis adjacentes, e a vedação é realizada pelo mastique;
- b) juntas de apoio, quando um painel é apoiado sobre outro, formando a parede de fechamento de um pavimento. Elas foram desenvolvidas para que o painel, após a montagem, apresente visualmente o mesmo detalhe que a junta livre;
- c) juntas falsas, quando não há necessidade de juntas entre painéis, mas por harmonização estética, elas se tornam necessárias.

As juntas livres e de apoio se diferenciam, então, apenas no que diz respeito a sua localização: se ela está entre painéis de diferentes pavimentos e é responsável pela vedação, ela é considerada livre; por outro lado, se ela está entre painéis de vedação de um mesmo pavimento que se apoiam um sobre o outro, ela é considerada de apoio. Tanto as juntas livres quanto as de apoio são consideradas verdadeiras. A figura 8 ilustra a diferença entre junta falsa e junta verdadeira.

Figura 8 – Tipos de juntas



(fonte: MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS, 2004, p. 416)

### 3.3.3 Transporte Vertical e Armazenamento

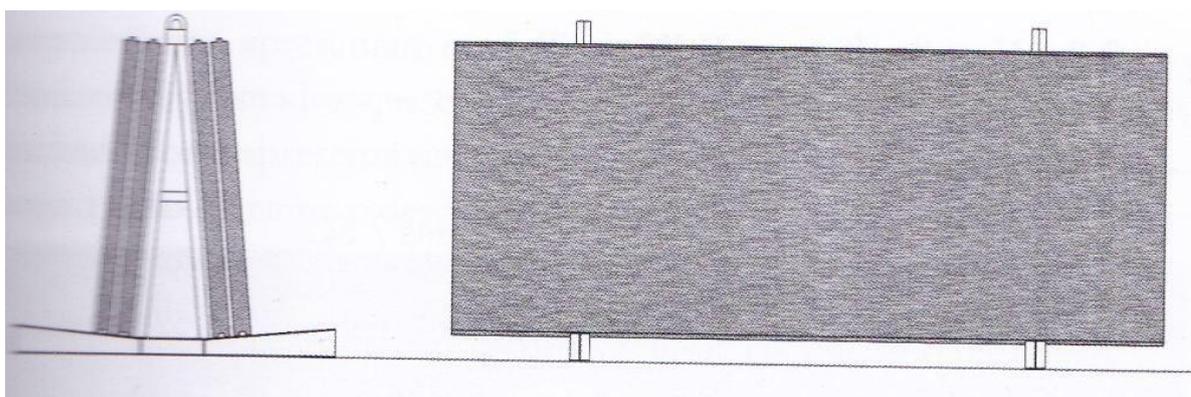
O ideal é que os painéis sejam transportados ao canteiro de obras no momento em que já seja possível sua montagem, para que sejam içados diretamente da carreta para o seu local definitivo (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE<sup>5</sup>, 1993 apud OLIVEIRA, 2002, p. 88;

<sup>5</sup> AMERICAN CONCRETE INSTITUTE **ACI533R**: guide for precast concrete wall panels. Detroit, 1993.

PRECAST CONCRETE INSTITUTE<sup>6</sup>, 1989 apud OLIVEIRA, 2002, p. 88). Esse método (montagem *just in time*), é que mais agrega produtividade, porque dispensa áreas de armazenamento, bem como as operações que seriam envolvidas nesse processo (BRITISH STANDARD INSTITUTION<sup>7</sup>, 2000 apud OLIVEIRA 2002, p. 88).

Os painéis são posicionados e armazenados em cavaletes que os mantêm com inclinação entre 80 e 85 graus, conforme figura 9, que impede sua movimentação durante o transporte e, portanto, evita danos a eles. Esses dispositivos podem ser utilizados tanto para transporte quanto para armazenamento na fábrica ou no canteiro de obras. Além disso, os cavaletes podem ser içados e fixados na base de caminhões e carretas, o que confere agilidade ao transporte (figura 10), tendo em vista que cada cavalete pode apoiar mais de um painel (BARTH; VEFAGO, 2007, p. 52).

Figura 9 – Cavaletes de apoio de painéis



(fonte: BARTH; VEFAGO, 2007, p. 53)

<sup>6</sup> PRECAST CONCRETE INSTITUTE **Architectural precast concrete**. 2. ed. Chicago, 1989.

<sup>7</sup> BRITISH STANDARD INSTITUTION **BS 8297**: code for practice for: design and installation of non-loadbearing precast concrete cladding. London, 2000.

Figura 10 – Içamento de cavaletes



(fonte: BARTH; VEFAGO, 2007, p. 53)

Para o transporte vertical dos painéis, utilizam-se, geralmente, guindastes móveis ou guias. A definição da sua posição no canteiro deve ser previamente definida, buscando otimizar a sua utilização (OLIVEIRA, 2002, p. 90).

Nos casos em que, por questões de logística, torna-se necessário armazenar os painéis, devem ser feitas algumas considerações. Devido ao peso elevado dos painéis, é preciso certificar-se de que a área na qual os painéis são estocados está dimensionada para receber a carga, ou se deve-se adotar alguma medida para reforçar a superfície de apoio. O armazenamento deve considerar, também, a ordem de utilização dos painéis, a fim de otimizar o processo no momento de sua montagem. De acordo com o local em que os painéis ficam depositados pode ser recomendado o seu cobrimento, para evitar que sejam danificados (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE<sup>8</sup>, 1993 apud OLIVEIRA, 2002, p. 94; BRITISH STANDARD INSTITUTION<sup>9</sup>, 2000 apud OLIVEIRA, 2002, p. 94).

É necessário também que se realize um estudo na etapa de planejamento para avaliar qual o equipamento de transporte vertical mais apropriado para cada obra. A escolha do tipo de guindaste (móvel ou de torre) deve ser feita o mais cedo possível, porque além de influenciar na produtividade da montagem, tem interferência no custo da obra como um todo (OLIVERA,

<sup>8</sup> AMERICAN CONCRETE INSTITUTE **ACI533R**: guide for precast concrete wall panels. Detroit, 1993.

<sup>9</sup> BRITISH STANDARD INTITUTION **BS 8297**: code for practice for: design and installation of non-loadbearing precast concrete cladding. Londres, 2000.

2002, p. 106-108). Além disso, cabe mencionar que com a demanda atual do mercado, a disponibilidade de equipamentos para a locação não é imediata, tornando fundamental a decisão antecipada do sistema de transporte a ser utilizado, para garantir a sua disponibilidade no momento certo, sem interferir no cronograma da obra.

Cabe ressaltar a importância do estudo antecipado e do planejamento da obra, com a definição antecipada das técnicas a serem adotadas e dos equipamentos a serem utilizados. Só dessa forma é possível que todo o potencial de aumentar a velocidade de execução de fachadas e aumentar os níveis de industrialização do processo seja atingido (OLIVEIRA, 2002, p. 117).

### 3.4 PARÂMETROS DE COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS

As diferenças entre os métodos construtivos de vedação vertical estudados são bastante diversas, e, portanto, muitos são os fatores a serem considerados no momento da decisão do sistema a ser empregado. Para o desenvolvimento desse trabalho, alguns aspectos são analisados na comparação e, outros, desconsiderados conforme indicado anteriormente, no capítulo de diretrizes da pesquisa, nas suas limitações.

É importante salientar que a intenção não é definir qual o melhor sistema, e nem criar uma estrutura de comparação que apresente como resultado o sistema a ser empregado. A comparação é feita com base em parâmetros adotados, que não almejam representar todos os aspectos relevantes na escolha. É bem verdade, porém, que ao utilizar esses parâmetros e apresentar os dados de forma sistematizada é possível aumentar o entendimento acerca dos sistemas de vedação vertical analisados.

O fator preço não é abordado na comparação. Obviamente, esse é um aspecto relevante para a escolha, porém essa informação geralmente não é compartilhada fielmente pelas empresas. Ou ainda, mesmo havendo a concessão de dados, é complexo avaliar o custo de fato, porque diversas são as circunstâncias que podem interferir. Como exemplo, pode-se citar a flutuação nos valores dos insumos ou produtos de acordo com a quantidade contratada, então empresas de maior porte possuem volume de compra mais propício para negociação de preços. Outra situação que pode distorcer o valor é a necessidade de inserção de novos produtos no mercado, aplicando-se um valor inferior ao valor real apenas para conquistar espaço. Para evitar incorrer em erros e distorções acerca desse dado, ele não é avaliado.

A tecnologia de vedação vertical também interfere na saúde e segurança do trabalho. Como os equipamentos utilizados são diferentes, há diferença nos treinamentos exigidos para os operários, bem como nos EPIs utilizados. No caso de painéis de concreto arquitetônico, como há o içamento das peças para a posterior fixação no local, é necessário vetar o acesso de pessoas à área de alcance do equipamento de carga enquanto ele opera, o que não necessariamente se verifica para a alvenaria, que pode ter seus componentes transportados verticalmente por meio de elevador. As questões relacionadas à saúde e segurança do trabalho, entretanto, não são discutidas no trabalho, por estarem fora da abrangência almejada.

O tempo de execução das fachadas é o indicativo da produtividade dos sistemas. Entretanto, não é considerado nesse escopo, pois demandaria um acompanhamento prolongado das atividades em campo, excedendo o tempo disponível para a realização do trabalho.

Os painéis de concreto arquitetônico têm fabricação restrita no país, se comparado aos elementos de alvenaria. São poucas as indústrias que os fabricam, e, portanto, em diversos locais esse sistema não é uma alternativa viável, em função do transporte. O sistema que utiliza alvenaria, por sua vez, é largamente disseminado, sendo acessível em qualquer local. Essa avaliação também não é levada em conta ao longo do trabalho, porque a comparação é bastante abrangente, não se referindo a locais específicos.

A seguir, são apresentados os parâmetros adotados na comparação e a justificativa para o seu emprego. Eles estão destacados ao longo do texto a fim de facilitar a compreensão do leitor.

O planejamento de obra, apesar da comprovada importância, muitas vezes não recebe a atenção adequada das empresas de construção. Dentro do escopo do planejamento, a **compatibilização de projetos** é uma etapa bastante importante. Constatar as interferências entre projetos apenas no instante da execução induz a soluções improvisadas, algumas vezes ineficientes, e que podem paralisar as atividades. Por outro lado, a detecção antecipada possibilita uma solução técnica adequada. Com base nisso, pode-se afirmar que a definição das técnicas e soluções a serem adotadas em uma construção ainda em nível de projeto tendem a garantir a execução conforme a necessidade e a dispensar retrabalhos para adequar um sistema ao outro. Outro fator relevante são os **prazos de encomenda** de diferentes produtos e equipamentos: alguns possuem disponibilidade imediata, enquanto que outros

podem levar meses. Avaliar essas variações cuidadosamente na etapa de planejamento assegura o andamento da obra.

De acordo com Handa<sup>10</sup> (1988 apud SAURIN; FORMOSO, 2006, p. 13-14), o planejamento dos canteiros de obra tem sido um dos aspectos mais negligenciados no setor de construção civil, e as decisões são tomadas conforme o surgimento dos problemas ao longo da execução. Para Saurin e Formoso (2006, p. 18) o planejamento do canteiro tem por finalidade a otimização da utilização do espaço físico disponível, possibilitando que se trabalhe com segurança e eficiência, principalmente por meio da minimização de transportes de materiais, de equipamentos e de pessoal. Técnicas construtivas distintas demandam diferentes configurações de canteiro, em função da alteração dos materiais e equipamentos necessários. Conseqüentemente, há variação nas dimensões das **áreas de estoque** necessárias. Diferentes sistemas de vedação vertical podem, ainda, demandar diferentes **equipamentos de transporte vertical**, que representam alterações na distribuição do canteiro. O **acesso ao canteiro** e a **área de descarga** também podem se apresentar como complicadores da logística e, portanto, intervir no cronograma de entregas

O **número de funcionários envolvidos** é um demonstrativo da eficiência do sistema empregado. A **função** e qualificação requerida indicam, em teoria, a complexidade da tarefa a ser executada. Equipes maiores demandam um gerenciamento mais amplo que equipes mais enxutas. Profissionais capazes de realizar mais de uma atividade representam redução de contratações, o que também facilita o gerenciamento.

O atendimento à **ordem das atividades** é fundamental para cumprimentos de prazos de uma obra. Atentar para o seu sequenciamento garante a continuidade dos processos, e isso inclui determinar as **condições para o início da execução**. Por outro lado, quando as **atividades envolvidas** não estão bem definidas e planejadas, corre-se o risco de uma atividade predecessora bloquear a seguinte. Para que isso não ocorra, é necessário também um estudo de **materiais e equipamentos necessários e sua logística** de aquisição e distribuição nos locais de trabalho.

---

<sup>10</sup> Nas referências da obra lida, não consta obra correspondente à citação, mas consta a da obra abaixo que, possivelmente, é a obra indicada:

HANDA, V.; LANG, B. Construction site planning. **Constructions Canada**, v. 85, n. 5, p. 43-49, 1988.

Ainda dentro do processo executivo, existe a possibilidade de ocorrência de não conformidades que podem ser consideradas falhas de qualidade e que geram retrabalhos e em alguns casos, alteração de solução. É evidente que o desejável é o mínimo possível de variações, entretanto, diferentes sistemas de vedação vertical são mais ou menos flexíveis a elas, e, portanto, o **grau de precisão requerido** entre projetado e executado varia.

Com base nos parâmetros apresentados, foi elaborado um quadro para auxiliar na observação da execução das fachadas em canteiro e também para esquematizar a análise feita (quadro 1). Nas colunas, são apresentados os sistemas de vedação comparados e, nas linhas, os critérios adotados. Ele ilustra, de maneira bastante abrangente, o conteúdo desse trabalho.

Quadro 1 – Critérios de comparação

CRITÉRIO DE COMPARAÇÃO	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL		
	PAINÉIS DE CONCRETO ARQUITETÔNICO	ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	
		ALVENARIA	REVESTIMENTO CERÂMICO
<b>PLANEJAMENTO DE OBRA</b>			
Compatibilização de projetos			
Prazos de encomenda			
<b>PLANEJAMENTO DO CANTEIRO</b>			
Área de estoque			
Acesso ao canteiro e área de descarga			
Equipamento de transporte vertical			
<b>MÃO DE OBRA</b>			
Dimensão da equipe			
Função dos profissionais envolvidos			
<b>EXECUÇÃO</b>			
Condições para início da execução			
Atividades envolvidas			
Ordem das atividades			
Materiais e equipamentos necessários			
Logística de materiais e equipamentos			
Grav de precisão requerido			

(fonte: elaborado pela autora)

## **4 DESCRIÇÃO E COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO ESTUDADOS**

A seguir, são caracterizadas as obras visitadas para a observação da execução de fachadas e apresentados os dados obtidos. Ao final do capítulo, é realizada a comparação entre os sistemas.

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS VISITADAS PARA A COLETA DE DADOS**

As atividades de alvenaria e revestimento de fachada acontecem em sequência e, por isso, em momentos distintos da construção. Como o tempo disponível para o acompanhamento das atividades em campo era restrito, foram visitadas duas obras, uma para observar a execução de alvenaria de fachada, e outra, a de revestimento cerâmico de fachada. Ambas eram da mesma construtora, de alto padrão e localizadas no mesmo bairro de Porto Alegre. Naquela em que se observou a execução de alvenaria, havia dois subsolos, térreo, doze pavimentos de apartamentos (do 2º ao 13º) e um de cobertura (14º). Os pavimentos pares possuíam oito apartamentos por andar, os ímpares, quatro e a cobertura, também quatro. No total, eram 76 unidades. O empreendimento com execução de revestimento cerâmico era composto por três torres (A, B e C), todas com térreo e quatorze pavimentos tipo. A torre A possuía 2 subsolos e apartamentos de 120 m<sup>2</sup>; a B, 3 subsolos e apartamentos de 160 m<sup>2</sup> e a torre C, 1 subsolo e apartamentos de 198 m<sup>2</sup>.

A obra visitada para observação das fachadas com painel de concreto arquitetônico era de um edifício residencial, de alto padrão, localizado em Porto Alegre. Essa obra não pertencia à mesma empresa que as mencionadas no parágrafo anterior. O empreendimento era composto pelo subsolo, pavimento térreo, onze pavimentos tipo com um apartamento por andar, de área aproximada de 330 m<sup>2</sup> e mais a cobertura, que ocupava dois pavimentos. No subsolo não foram empregados PPCA.

## 4.2 FACHADAS DE ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO

A seguir, são apresentados os aspectos relacionados ao sistema de vedação vertical de alvenaria com revestimento cerâmico de acordo com os critérios de comparação apresentados no Capítulo 3. Primeiramente apresentar-se-á para o sistema de alvenaria, e, na sequência para o de revestimento cerâmico.

### 4.2.1 Fachadas de Alvenaria

Os próximos itens abordam os aspectos relativos à alvenaria de fachadas, segundo os critérios de comparação adotados no trabalho, ou seja: mão de obra, execução, planejamento de obra e planejamento do canteiro.

#### 4.2.1.1 Planejamento de Obra

A definição do tipo de alvenaria foi feita na concepção do empreendimento, o que viabilizou a compatibilização do projeto de alvenaria com os das demais instalações. Algumas incompatibilidades, entretanto, puderam ser percebidas apenas ao longo da execução e geraram retrabalhos.

A entrega de blocos e argamassa após a solicitação era bastante rápida, levando de um a dois dias, então, as solicitações eram feitas de acordo com a utilização dos materiais. Existia um sistema de controle de blocos, no qual se quantificava os blocos disponibilizados por pavimento e, conforme a utilização, era feito um abatimento na contagem. Havia uma quantidade limite, que indicava a necessidade de encomenda de blocos. Também era considerada uma taxa de perdas de dez por cento. A argamassa de assentamento empregada era industrializada e sua solicitação era feita de acordo com o volume disponível em canteiro, não sendo adotado nenhum sistema de controle de estoque.

#### 4.2.1.2 Planejamento do Canteiro

As áreas destinadas ao estoque de materiais ficavam no subsolo. Os blocos e as argamassas eram estocados sobre *pallets*. Os blocos eram separados de acordo com a bitola (figura 11) e

as argamassas, de acordo com a utilização (reboco, contrapiso, assentamento) (figura 12). O armazenamento sobre *pallets* facilitava o remanejo dos materiais. A área de estoque era bastante ampla, não restringindo as quantidades de material estocado.

Para o transporte vertical de materiais e equipamentos na obra se optou pelo elevador de cremalheira. O transporte de funcionários também era feito pelo elevador.

Figura 11 – Armazenamento de blocos



(fonte: foto da autora)

Figura 12 – Armazenamento de argamassa de assentamento



(fonte: foto da autora)

O acesso ao canteiro se dava por um único portão, e a área disponível tinha capacidade para apenas um veículo de transporte de materiais. Em função disso, eventualmente era feito estoque intermediário no pavimento térreo, para liberar mais rapidamente o acesso para a entrega de outros materiais.

#### 4.2.1.3 Mão de Obra

As equipes para execução de alvenaria eram compostas por cinco funcionários: dois pedreiros, dois serventes e um operador de argamassadeira. Em cada pavimento, trabalhava uma equipe, sendo que a execução ocorria simultaneamente em dois pavimentos. Um servente era responsável pelo abastecimento do pavimento, o outro pelo abastecimento dos pedreiros e limpeza do local de trabalho.

#### 4.2.1.4 Execução

Para o início da execução da alvenaria era necessário que todos os resquícios de forma do pavimento tivessem sido retirados. Complementarmente a isso, era feita uma lavagem de toda a estrutura para a remoção de substâncias e partículas que pudessem prejudicar a aderência da alvenaria na estrutura.

A atividade iniciava com o chapisco de toda a estrutura (cujo traço adotado era de 1:3 e o agregado era areia grossa) e com a determinação do ponto de nível mais alto do pavimento. Para a marcação, utilizava-se como referência os eixos do empreendimento. A alvenaria era modulada e possuía projeto de marcação e elevação. A figura 13 apresenta o pavimento com a fiada de marcação.

Figura 13 – Pavimento com marcação da alvenaria



(fonte: foto da autora)

Na fiada de marcação eram corrigidos eventuais desníveis na laje. A marcação da alvenaria da fachada era conferida, também, com prumos na parte externa (figura 14), para avaliar a posição da parede com relação à estrutura. Eventualmente, a marcação era deslocada para que não houvesse necessidade de engrossar o reboco para manter o alinhamento vertical do revestimento. Depois de marcado o pavimento, eram colocadas, nos pilares, as telas de amarração da alvenaria, fiada sim, fiada não. Eram utilizados blocos com três diferentes larguras: 19 cm nas fachadas, 14 cm nas paredes internas e 9 cm nos *shafts*. Para cada largura, havia 3 ou mais comprimentos.

Figura 14 – Conferência da marcação com prumo na fachada



(fonte: foto da autora)

A elevação ocorria com auxílio de escantilhão nas paredes internas e na fachada quando possível. Quando não era possível, o alinhamento era garantido com utilização de prumo de face. A altura da alvenaria devia viabilizar um encunhamento com espessura entre 2 e 3 cm. Nos vãos das janelas de fachada eram utilizadas vergas e contra vergas pré-moldadas, que já possuíam o caimento necessário para a colocação de peitoril e pingadeira. A figura 15 apresenta as contra vergas mencionadas. O encunhamento era realizado interna e externamente. Para o seu início, era necessário que três pavimentos acima daquele a ser encunhado já possuíssem a alvenaria elevada.

Figura 15 – Contra vergas



(fonte: foto da autora)

O transporte de materiais até o pavimento era feito com auxílio de carrinhos porta *pallet* e carrinho quatro rodas. O transporte vertical era feito pelo elevador de cremalheira. Os equipamentos utilizados eram transferidos de um pavimento para outro conforme as equipes avançavam para andares superiores.

## 4.2.2 Revestimento Cerâmico em Fachadas de Alvenaria

Os próximos itens exploram os aspectos relativos ao revestimento cerâmico, segundo os critérios de comparação adotados no trabalho, ou seja: planejamento de obra, planejamento do canteiro, mão de obra e execução.

### 4.2.2.1 Planejamento de Obra

A especificação do revestimento a ser utilizado na fachada foi definida na elaboração do projeto arquitetônico do empreendimento. Não havia, porém, projetos específicos para a execução de revestimento cerâmico. Nos casos em que não houve possibilidade de emprego de uma peça cerâmica inteira, a solução a ser adotada foi definida pelo engenheiro responsável em reunião com empreiteiro.

A entrega dos materiais levava em média três semanas a partir da solicitação ao setor de suprimentos da empresa. As solicitações eram feitas a cada duas semanas, e de acordo com uma projeção de produtividade que levava em conta fatores como mão de obra disponível e disponibilidade de equipamentos, bem como uma análise do consumo médio diário dos períodos anteriores. O objetivo era que nunca faltasse material, por isso se mantinha um estoque de material superior à expectativa de utilização, para o caso de contratempos em solicitações futuras. Quem controlava o estoque e definia as quantidades a serem solicitadas era o almoxarife. Ao longo da execução do revestimento se considerava uma perda aproximada de dez por cento.

#### 4.2.2.2 Planejamento do Canteiro

O estoque dos materiais era feito em um almoxarifado no subsolo e sobre *pallets*. A figura 16 mostra o estoque das peças cerâmicas de fachada. Conforme a demanda, eles eram destinados aos pavimentos de utilização. Para o transporte vertical dos materiais foi instalado no canteiro um elevador de cremalheira. O transporte horizontal era feito por carrinhos porta *pallet* e por carrinhos 4 rodas.

Figura 16 – Área de estoque de peças cerâmicas



(fonte: foto da autora)

O acesso ao canteiro se dava por uma única entrada, porém, na parte interna havia espaço para a permanência de mais de um veículo. Essa configuração viabilizava entregas simultâneas, mas, por outro lado, alguns materiais acabavam sendo depositados em pontos mais afastados da área de estoque e demandavam um trabalho maior para o transporte dentro do canteiro.

#### 4.2.2.3 Mão de Obra

A quantificação da mão de obra para execução de revestimento cerâmico de fachada é difícil de ser determinada. Em uma obra de grande porte, diversos são os fatores que influenciam nas frentes de trabalho disponíveis, e conseqüentemente, no número de funcionários que podem trabalhar. Dentre esses fatores, pode-se citar a disponibilidade de andaimes suspensos. Se há possibilidade de atuar em todas as fachadas da edificação, o número de funcionários empregado é grande, por outro lado, se é possível atuar apenas em uma fachada por etapa, o número de intervenientes envolvidos é reduzido.

De uma maneira geral, a equipe de execução de revestimento de fachada contava com duas categorias de funcionários: pedreiros e serventes. Os pedreiros eram responsáveis pela execução do chapisco e do reboco e pela colocação das peças cerâmicas. Alguns desses profissionais eram capacitados para atuar tanto no reboco como na colocação das peças, mas alguns deles trabalhavam especificamente com alguma delas (chapisco e reboco ou colocação de peças cerâmicas). Os serventes eram responsáveis pelo abastecimento dos pedreiros com argamassa e peças cerâmicas.

#### 4.2.2.4 Execução

Para início da execução do revestimento cerâmico era necessário que a fachada estivesse limpa, livre de formas, pregos, arames, ganchos para suporte de bandejas de proteção e qualquer outro material que pudesse interferir na aderência do chapisco à estrutura. Além disso, era necessário que os contra marcos estivessem instalados e chumbados.

Para a limpeza, disponibilizava-se um funcionário que atuava de cima para baixo, em cada face da fachada. Posteriormente, a fachada era lavada, para garantir a remoção de pequenas partículas que pudessem prejudicar a aderência do revestimento e também de todo o desmoldante utilizado nas formas durante a execução da estrutura.

Depois de limpa a estrutura, eram largados prumos na fachada, para a verificação de seu alinhamento vertical. A partir disso, era possível estabelecer se existiam pontos da estrutura desalinhados e que necessitavam apicoamento para dispensar o aumento da espessura da camada de reboco.

A execução do revestimento se dividia nas seguintes etapas: chapisco da alvenaria e da estrutura, taliscamento, reboco, assentamento das peças cerâmicas e rejuntamento. O traço adotado para chapisco era de 1:3, sendo o agregado areia grossa, já a argamassa para o reboco era industrializada, e acrescentava-se apenas água conforme indicação do fornecedor. Todas as atividades se davam em panos contínuos, de cima para baixo, com a utilização de andaimes suspensos. O assentamento iniciava, em média, uma semana após a execução do reboco, para garantir um tempo mínimo de cura. A figura 17 apresenta a fachada em diferentes estágios de execução de revestimento.

Figura 17 – Fachada em diferentes estágios de revestimento



(fonte: foto da autora)

Eram necessários para a execução do revestimento cerâmico, além dos equipamentos de uso individual dos pedreiros, um equipamento para o transporte vertical dos materiais utilizados, misturador mecânico, andaimes suspensos e mangotes. Um misturador mecânico tinha capacidade para atender até oito pedreiros, e era utilizado, para o transporte de argamassa de

reboco, um mangote que possuía um funil na extremidade. O funil era enchido com argamassa no pavimento onde estava instalado o misturador, que devia ser mais alto que o de execução do serviço. O transporte da argamassa se dava pelo mangote, por gravidade, até o ponto onde os funcionários estavam trabalhando (figura 18). Conforme o trabalho avançava, era necessário aumentar o comprimento do mangote. Para o assentamento das peças cerâmicas, era utilizada uma argamassa colante, que era a mesma utilizada para o rejuntamento. A figura 19 mostra o assentamento de peças cerâmicas no 2º pavimento de uma das torres, com utilização de andaime suspenso.

Figura 18 – Transporte de argamassa pelo mangote



(fonte: foto da autora)

Figura 19 – Assentamento de peças cerâmicas



(fonte: foto da autora)

### 4.3 FACHADAS COM PAINÉIS DE CONCRETO ARQUITETÔNICO

A seguir, são apresentados os aspectos relacionados ao sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico com base nos critérios de comparação adotados, que são: mão de obra, execução, planejamento de obra e planejamento do canteiro.

#### 4.3.1 Planejamento de Obra

O sistema de vedação a ser utilizado no empreendimento foi definido na etapa de concepção de projeto. Como os painéis demandavam um prazo relativamente longo para fabricação, todos os detalhes geométricos e de acabamento também foram definidos nessa etapa, com a elaboração dos projetos. Como o sistema requeria elementos de fixação ancorados na estrutura, a definição obrigatoriamente deveria anteceder o início de sua execução.

A encomenda dos painéis aconteceu no início da construção, e nesse mesmo momento, foi estabelecido, com base no cronograma da obra, o período de início de montagem do sistema e, portanto, definida de maneira aproximada as entregas dos painéis. Os elementos de fixação foram entregues no início da execução da estrutura, e, posteriormente, ao longo da entrega dos

painéis. Em função da área de estoque restrita do fabricante, não havia possibilidade de grande postergação da entrega.

### 4.3.2 Planejamento do Canteiro

O transporte dos painéis até o canteiro era de responsabilidade do fornecedor, e era feito com carretas. O armazenamento dos painéis era feito no térreo e demandou o escoramento da área de estoque (figura 20), devido a seu peso elevado. Ele era feito sobre cavaletes que garantiam a inclinação dos painéis, desconcentrando, assim, o peso de sua base, e evitando danos.

Figura 20 – Área de estoque escorada



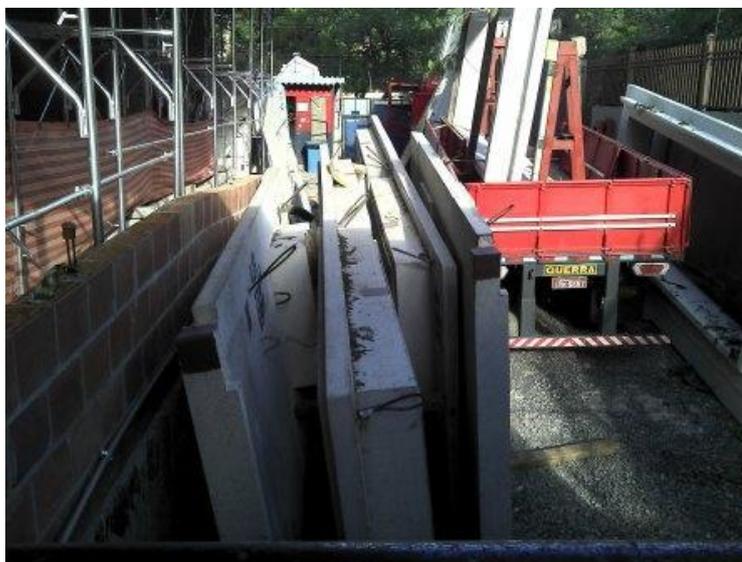
(fonte: foto da autora)

Quando entregues no canteiro, a preferência era a instalação dos painéis que estavam sobre a carreta, a fim de se otimizar o processo. Entretanto, isso nem sempre era possível, então os painéis eram transportados da carreta para a área de estoque. A entrega dos painéis requeria um amplo planejamento, porque a permanência da carreta no canteiro era prolongada, o que bloqueava o acesso de outros veículos.

A área de estoque estava restrita ao pavimento térreo. Os painéis planos eram armazenados em cavaletes, como mencionado anteriormente, já os curvos eram apoiados na laje e demandavam muito espaço. Devido a atrasos na execução, houve momentos em que a quantidade de painéis estocados na obra excedeu a capacidade da área destinada ao estoque, e

seu armazenamento foi feito na rampa, o que trouxe bastante prejuízo à configuração do canteiro. A figura 21 ilustra essa situação.

Figura 21 – Capacidade da área de estoque excedida



(fonte: foto da autora)

Para a montagem dos painéis na fachada foi mandatória a instalação de uma grua no canteiro. Além da grua, foi instalado um elevador de cremalheira para o transporte de funcionários e de outros materiais e equipamentos.

### 4.3.3 Mão de Obra

Para o sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico da obra visitada, além do fornecimento dos painéis, o fabricante era responsável pela elaboração de seus projetos e também pela execução do serviço. No caso acompanhado, foram disponibilizadas duas equipes divididas da seguinte forma: uma de cinco funcionários para a instalação dos painéis, composta por um encarregado, dois soldadores, um ajudante e um sinaleiro; a outra, por dois funcionários para a vedação e o acabamento das juntas verticais e horizontais entre painéis.

A função do encarregado era a definição da sequência de montagem da fachada e o posicionamento dos painéis para o correto alinhamento com a estrutura e com os outros

painéis. A fixação dos painéis na estrutura era feita por meio de *inserts* metálicos soldados, e essa era a atividade dos soldadores. O ajudante auxiliava no posicionamento dos painéis. O sinaleiro mantinha contato com o operador da grua e era responsável pela amarração dos painéis para o seu transporte. Havia, ainda, operador da grua, porém ele não era integrante da equipe da montagem de painéis.

A etapa de selamento das juntas, conforme mencionado, contava com outra equipe, composta por dois funcionários rejuntadores. Ambos eram habilitados para a operação de balancim e cadeirinha.

#### 4.3.4 Execução

Para o início da instalação dos painéis, era necessário que a laje e os pilares do pavimento de instalação, e a laje do superior estivessem concretados, curados, totalmente desformados, sem resquícios de pregos, arames e ganchos de bandeja de proteção e com os dispositivos de fixação ancorados (figura 22). Esses dispositivos eram posicionados nos elementos estruturais do edifício ao longo de sua execução e era incumbência do empreiteiro da estrutura, e a locação era definida pelo projeto do fabricante de painéis.

Figura 22 – Estrutura com dispositivos de fixação ancorados



(fonte: foto da autora)

O sistema de vedação vertical tornou mandatória a disponibilização de uma grua para a execução da fachada da obra estudada. A execução do serviço iniciava com a amarração do painel para içamento (figuras 23 e 24). Desde o momento da amarração do painel para o transporte vertical até a conclusão da fixação havia o isolamento da área para circulação de pessoas, por questões de segurança, o que teve um impacto bastante significativo na logística das atividades e do transporte de materiais e equipamentos no canteiro.

Figura 23 – Amarração do painel para içamento



(fonte: foto da autora)

Figura 24 – Içamento do painel



(fonte: foto da autora)

Durante o transporte vertical, para o caso de painéis cujo centro de massa não coincidia com o centro geométrico, e que, portanto, apresentavam instabilidade de movimento quando suspensos, empregava-se talha para promover a estabilidade. Depois de suspenso, o painel era aproximado da estrutura e os seus elementos de fixação eram posicionados junto aos presentes na estrutura. Essa era uma etapa que requeria bastante precisão, pois havia uma tolerância de variação que não podia ser excedida para garantir o alinhamento entre todos os painéis. Era nessa etapa também que eram evidenciadas as variações dimensionais da estrutura, que, em algumas situações, precisou ser ajustada para permitir a fixação do painel.

Para auxiliar na precisão do posicionamento, utilizava-se talha do tipo tirfor (figura 25), com o auxílio de cunhas de madeira (figura 26). Para o nivelamento dos painéis utilizava-se nível ótico, e a estação total era utilizada para definir a locação exata do painel, com base nos eixos do empreendimento. A soldagem dos elementos de fixação era feita por um transformador de solda de alta potência que adotava o sistema de eletrodo revestido. O procedimento de soldagem está apresentado na figura 27.

Figura 25 – Utilização de talha tirfor



(fonte: foto da autora)

Figura 26 – Utilização de cunha de madeira



(fonte: foto da autora)

Figura 27 – Soldagem dos elementos de fixação



(fonte: foto da autora)

Para o selamento das juntas era necessário que elas estivessem limpas. A sua execução era feita com silicone industrial e para regular a sua profundidade utilizava-se limitador de profundidade de espuma de polietileno. O equipamento de transporte vertical utilizado era a cadeirinha (figura 28), que ficava suspensa na fachada e comportava um funcionário.

Figura 28 – Andaime tipo cadeirinha



(fonte: BARTH; VEFAGO, 2007, p. 245)

#### 4.4 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL

Os quadros 2, 3, 4 e 5, a seguir, são uma adaptação do quadro 1. A modificação do formato é apenas em função da apresentação dos dados, que fica mais clara. Eles apresentam, de forma sintetizada, as características de cada um dos sistemas observados em obra e as análises comparativas. É importante ressaltar que por mais generalista que a análise busque ser, ela é fortemente influenciada pelas observações de campo feitas, e essas não necessariamente representam de maneira fiel os padrões adotados no setor da construção civil como um todo.

Quadro 2 – Comparação dos sistemas de vedação vertical estudados: planejamento de obra

PLANEJAMENTO DE OBRA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
Projetos definidos e compatibilizados antes do início da execução	Projetos definidos e compatibilizados antes do início da execução
Revestimento cerâmico não paginado: definições de acabamentos <i>in loco</i> em reunião com construtora e empreiteiro	
COMENTÁRIOS	
Os dois sistemas requerem compatibilização de projetos, mas devido à flexibilidade do sistema de alvenaria ele apresenta maior tolerância aos erros de compatibilização. O sistema de painéis de concreto arquitetônico necessita a compatibilização em uma etapa mais inicial, tendo em vista que os elementos de fixação devem ser posicionados no momento da execução da estrutura e os painéis precisam ser encomendados com bastante antecedência.	
PLANEJAMENTO DE OBRA PRAZOS DE ENCOMENDA	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
Alvenaria: disponibilidade de insumos praticamente imediata (48 horas)	Os painéis são encomendados no início da obra
Revestimento: 3 semanas desde a solicitação ao setor de suprimentos da empresa até a entrega	As entregas são pré-agendadas e de responsabilidade do fornecedor
Demanda controle de quantidade de materiais, bem como análise de consumo médio diário	Há pouca flexibilidade na postergação das entregas devido à restrição da área de estoque do fabricante
COMENTÁRIOS	
O que se verifica para esse aspecto é que o sistema de painéis demanda um envolvimento muito menor da administração da obra para viabilizar o fornecimento dos insumos. O sistema de alvenaria, além de depender dos controles de estoque, precisa contatar diversos fornecedores, em função da quantidade maior de materiais necessários para a execução das fachadas. Assim sendo, é possível afirmar que o sistema de PPCA tem menos chance de apresentar atrasos devido à falta desses recursos. Por outro lado, o sistema de alvenaria revestida apresenta uma flexibilidade maior para as encomendas e entregas, o que é vantajoso caso se considere a possibilidade de atrasos consideráveis na execução.	

(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 3 – Comparação dos sistemas de vedação vertical estudados: planejamento do canteiro

<b>PLANEJAMENTO DO CANTEIRO</b> ACESSO AO CANTEIRO E ÁREA DE DESCARGA	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
<p>Alvenaria: acesso único para veículos área para permanência de um veículo no canteiro</p> <p>Revestimento: dois acessos para veículos área para permanência de mais de um veículo no canteiro</p>	<p>Acesso único para veículos</p> <p>Área para permanência de um veículo no canteiro</p>
COMENTÁRIOS	
<p>O acesso ao canteiro para os dois sistemas tem muita relevância. Para o de painéis de concreto arquitetônico deve se atentar para o tempo de permanência da carreta no canteiro, pois pode interferir na entrega de outros materiais. O de alvenaria, por sua vez, demanda uma atenção ao agendamento das entregas, tendo em vista que são diversos os insumos que precisam ser descarregados e organizados. Essa, entretanto, é uma característica bastante peculiar, não estando de fato relacionada ao sistema a ser adotado. Cada canteiro apresentará a sua configuração e exigirá uma análise individual.</p>	
<b>PLANEJAMENTO DO CANTEIRO</b> ÁREA DE ESTOQUE	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
<p>Área destinada para estoque de materiais no subsolo</p> <p>Diferentes materiais armazenados em áreas distintas, demandando auxílio do almoxarife para controle</p> <p>Armazenamento sobre pallets: fácil organização</p>	<p>Área destinada para o estoque de materiais no térreo</p> <p>A quantidade de painéis estocados foi superior à planejada em alguns momentos, interferindo significativamente no canteiro</p> <p>Armazenamento em cavaletes que otimizavam a utilização do espaço</p> <p>Painéis curvos apoiados na laje ocupavam grandes espaços</p>

continua

continuação

COMENTÁRIOS	
<p>Se respeitado o cronograma de execução, a área de estoque necessária para as fachadas em PPCA tende a ser menor que a demandada para as de alvenaria com revestimento cerâmico. Por outro lado, os componentes da alvenaria e do revestimento são mais facilmente remanejáveis. Outro aspecto importante, e que torna o sistema de alvenaria revestida mais complexo para esse parâmetro, é a grande variedade de materiais a serem estocados e o conseqüente aumento no controle necessário.</p>	
<b>PLANEJAMENTO DO CANTEIRO</b> <b>EQUIPAMENTO DE TRANSPORTE VERTICAL NECESSÁRIO</b>	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
Elevador de cremalheira para transporte de pessoas, materiais e equipamentos	<p>Grua</p> <p>Elevador de cremalheira para transporte de funcionários, equipamentos e outros materiais</p>
COMENTÁRIOS	
<p>O equipamento de transporte vertical necessário pode ter caráter eliminativo na escolha do sistema a ser empregado. O crescimento da construção civil aumentou significativamente a procura por guias, e os fornecedores, atualmente, não conseguem suprir toda a demanda do mercado. Se não há uma grua disponível, não é possível empregar o sistema de painéis. Existe a possibilidade de se trabalhar com guindastes móveis, porém não é o mais empregado, tendo em vista que sua locação é tarifada por períodos mais curtos, o que aumenta muito o seu custo. Já os elevadores de carga, que podem ou não ser de cremalheira, possuem uma oferta maior e atendem à demanda. No que se trata de mão de obra para operação e manutenção, os dois sistemas de transporte vertical se equivalem.</p>	

(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 4 – Comparação dos sistemas de vedação vertical estudados: mão de obra

<b>MÃO DE OBRA</b> NÚMERO DE INTERVENIENTES ENVOLVIDOS E SUAS FUNÇÕES	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
Equipes compostas por três diferentes categorias profissionais: pedreiros, serventes e operadores de argamassadeira ou betoneira	Equipe de 5 funcionários: 1 encarregado, 2 soldadores, 1 ajudante e 1 sinaleiro
Equipe de alvenaria: 2 pedreiros, 2 serventes e 1 operador de argamassadeira	Equipe de 2 funcionários rejuntadores
Equipe de revestimento: 2 pedreiros, 2 serventes, 1 operador de betoneira	
COMENTÁRIOS	
<p>Ao adotar como parâmetro de comparação os aspectos relacionados à mão de obra empregada nos dois sistemas, é possível afirmar que o sistema de vedação de PPCA apresenta uma equipe mais enxuta que o de alvenaria com revestimento cerâmico. Essa redução de intervenientes pode ser considerada vantajosa sob várias óticas, tais como a facilidade de gerenciamento da equipe e redução de tamanho de áreas de vivências dentro do canteiro. Como contraponto, entretanto, esse sistema demanda profissionais mais capacitados que o sistema de alvenaria revestido, o que pode ser visto como desfavorável se considerada a escassez de mão de obra qualificada disponível no mercado atualmente. Outro fato percebido ainda, para o caso da obra visitada com sistema de painéis, é que a equipe disponibilizada para o empreendimento atuava também em outros estados do país, tendo uma agenda com pouca flexibilidade. Em consequência disso, os descumprimentos de cronograma devido às incompatibilidades entre o projetado e o executado acarretaram atrasos ainda maiores.</p>	

(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 5 – Comparação dos sistemas de vedação vertical estudados: execução

<b>EXECUÇÃO</b> CONDIÇÕES PARA INÍCIO DA EXECUÇÃO	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
<p>Alvenaria: pavimentos totalmente desformados, com remoção de resquícios de pregos e arames lavagem da estrutura</p> <p>Revestimento: contra marcos chumbados estrutura desformada e livre de resquícios de pregos, ganchos de bandeja e arames lavagem da estrutura da fachada</p>	<p>Lajes, vigas e pilares concretados, curados e desformados, livres de pregos, arames e ganchos de bandeja</p> <p>Dispositivos de fixação ancorados</p>
COMENTÁRIOS	
<p>Quando se compara os sistemas tendo como enfoque as condições para o início da execução das fachadas não há muitas distinções. Ambos necessitam a estrutura desformada, sem restos de pregos, arames e ganchos de suporte de braços de bandeja. A execução de alvenaria revestida, porém, se divide em duas grandes etapas, que são a de alvenaria e a de revestimento, então há que se adequar às condições em dois momentos distintos, o que pode ser considerado um complicador do sistema.</p>	
<b>EXECUÇÃO</b> ATIVIDADES ENVOLVIDAS E SUA ORDEM	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
<p>Alvenaria: chapisco da estrutura marcação da primeira fiada colocação de telas de amarração elevação encunhamento</p> <p>Revestimento: chapisco da fachada reboco colocação das peças cerâmicas rejuntamento</p>	<p>Amarração Içamento Posicionamento Soldagem Vedação das juntas</p>

continua

continuação

COMENTÁRIOS	
<p>Comparativamente, a execução do sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico é composta por menos etapas, o que é vantajoso em termos de produtividade. Por outro lado, em cada uma das etapas da fachada de alvenaria com revestimento cerâmico, é possível efetuar pequenas alterações para adequar o projetado ao executado. Obviamente, essas alterações não são desejadas, mas, no cenário da construção tradicional, são bastante frequentes. Dentro das práticas costumeiras, portanto, a composição em etapas se mostra bastante conveniente.</p>	
EXECUÇÃO	
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
Argamassa de chapisco de estrutura Argamassa de chapisco de alvenaria Argamassa de assentamento Argamassa de reboco Argamassa de encunhamento Argamassa de rejuntamento Tela de amarração de alvenaria Betoneira/Argamassadeira Andaime de bancada Andaime suspenso Mangote com funil Escantilhão Trena Carrinho de mão Carrinho porta <i>pallet</i> Carrinho 4 rodas Prumo de face Lava jato Pistola finca-pinos Munição para pistola finca-pinos Pinos para fixação de telas de amarração de alvenaria Colher de pedreiro Elevador de cremalheira Blocos cerâmicos Peças cerâmicas de revestimento de fachada Rompedor pneumático EPI's	Elementos de fixação ( <i>inserts</i> ) Painéis Máquina de solda Talha Talha tipo tirfor Nível a laser Escada Cunhas de madeira Rompedor pneumático Grua EPI's Rádio de comunicação Tarucel Silicone para vedação de juntas Andaime suspenso tipo cadeirinha

continua

continuação

<b>EXECUÇÃO</b> LOGÍSTICA DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
Conciliar uso de elevador com outros sistemas produtivos (instalações hidráulicas, elétricas, de gás, de ar-condicionado)	Encomenda (única encomenda)
Quantificação de materiais e equipamentos	Recebimento
Encomenda	Estoque (possibilidade de utilizar sem estocar)
Recebimento	Remanejamento de equipamentos conforme alteração do posto de trabalho
Estoque	Montagem de andaime
Distribuição aos locais de trabalho (para materiais e alguns equipamentos)	
Montagem e/ou instalação (para equipamentos)	
Remanejamento de equipamentos conforme alteração do posto de trabalho	
COMENTÁRIOS	
<p>A lista materiais e equipamentos necessários para a execução de fachadas com PPCA é consideravelmente mais enxuta que a para fachadas de alvenaria com revestimento cerâmico. Isso representa um grande impacto na logística desses recursos dentro do canteiro: mais materiais e equipamentos requerem maiores áreas de estoque, maior controle de reabastecimento e ainda demandam mais tempo e funcionários envolvidos em transportes internos, que não agregam valor ao processo. Um aspecto bastante positivo é que os PPCA podem ser instalados sem passar pela área de estoque, ou seja, direto da carreta para o local de utilização, o que diminui transportes intermediários. Obviamente, é possível que ambos os sistemas apresentem bons resultados nesse quesito, entretanto, o de alvenaria demanda um gerenciamento mais complexo que o de painéis.</p>	

continua

continuação

<b>EXECUÇÃO</b> GRAU DE PRECISÃO REQUERIDO	
ALVENARIA COM REVESTIMENTO CERÂMICO	PAINEL DE CONCRETO ARQUITETÔNICO
Alteração da posição da fiada de marcação da alvenaria da fachada em casos de estrutura desalinhada	Escarificação da estrutura Enchimento da estrutura
Escarificação da estrutura para execução de reboco externo em casos de desalinhamento com a alvenaria	Fixação mecânica de elementos de fixação não ancorados na estrutura
Fragmentação de blocos e peças cerâmicas	
Possibilidade de corrigir com as juntas horizontais diferenças relativas entre planos adjacentes, tornando praticamente imperceptível a variação	
COMENTÁRIOS	
<p>No que se refere ao grau de precisão exigido, o sistema de vedação vertical de alvenaria com revestimento cerâmico apresenta maior flexibilidade que o de painéis de concreto arquitetônico. É comum que se quebrem blocos ou mesmo peças cerâmicas para adequar seu tamanho ao necessário, o que é inviável com os painéis. Os dois sistemas fazem uso do apicoamento da estrutura em casos onde ela excede a dimensão, e do enchimento em casos onde a estrutura deveria avançar. A grande diferença, porém, são as propostas dos sistemas. O sistema de alvenaria se caracteriza, de certa forma, pela possibilidade de improvisos ao longo da execução. Não é desejável, mas é aceito. Todo orçamento de obra considera perdas no sistema de alvenaria com revestimento cerâmico, para custear essas não conformidades e outros desperdícios que possam ocorrer. Já o sistema de painéis é industrializado, possui alto controle de qualidade e baixíssimo índice de perdas. Além disso, possui projetos que abrangem toda a execução e é caracterizado, ainda, pela alta produtividade e baixa geração de resíduos. Quando é necessário intervir na estrutura para viabilizar a instalação dos painéis, a essência do sistema é desperdiçada, porque a produtividade é prejudicada e existe uma geração de resíduos com a qual não se contava. Outro tipo de não conformidade encontrada é a não colocação dos elementos de ancoragem na execução da estrutura, ou sua locação incorreta. Nesse caso, a solução é ancorar mecanicamente os <i>inserts</i> porém despense mais tempo do que o desejável e diminui a produtividade.</p> <p>As não conformidades apresentadas no parágrafo anterior são passíveis de solução. Há casos porém, onde a variação dimensional é mais acentuada e não é possível empregar o painel pré-fabricado. A solução, então, é a re-fabricação, porém com diversas implicações indesejáveis como aumento de custo, perdas de prazo e surgimento de índices de desperdício consideráveis.</p>	

continua

continuação

Com base no discutido nos dois parágrafos anteriores, é possível afirmar que para o emprego proveitoso do sistema de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico é necessário um controle dimensional da estrutura muito mais rígido se comparado ao de alvenaria com revestimento cerâmico. Isso implica em uma mudança de controle de qualidade da obra, o que pode representar uma alteração bastante significativa de procedimentos dentro de uma empresa. De nada adianta, entretanto, tentar se empregar uma tecnologia inovadora se não se estiver disposto a adequar o modo construtivo a ela.

(fonte: elaborado pela autora)

Apesar de o quadro não definir o sistema a ser empregado, quanto mais detalhada a ponderação dos parâmetros que ele abrange, melhor embasada é a tomada de decisão. É válido observar, porém, que eventualmente, dependendo das circunstâncias, a análise do quadro conduz à exclusão da possibilidade de adoção de determinado sistema. Para exemplificar, pode se citar a disponibilidade de guias: se não houver uma guia disponível para locação no período desejado, o sistema de painéis é inviabilizado. É importante também notar que a comparação deve ser feita ainda na etapa de planejamento de obra e elaboração de projeto, momento em que os sistemas ainda são viáveis. De nada adianta decidir pelo sistema de PPCA, por exemplo, apenas próximo ao momento de execução da fachada, pois não haverá tempo suficiente para a fabricação dos painéis.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal a comparação dos sistemas de vedação vertical com painéis de concreto arquitetônico e de alvenaria com revestimento cerâmico, por meio de parâmetros estabelecidos e com base em informações provenientes de pesquisa bibliográfica e de observação de campo. Essa comparação está apresentada no quadro 2. Os objetivos secundários eram a caracterização dos sistemas de vedação estudados e a elaboração de um quadro comparativo (quadro 1).

Com base no que foi apresentado, pode-se afirmar que para diferentes parâmetros, os sistemas se apresentam mais ou menos complexos. Nenhum deles se destaca em todos os aspectos. Mais importante que isso, porém, é ressaltar que não é o sistema em si que necessariamente impõe dificuldades, mas a maneira como as obras são conduzidas.

Os dois sistemas estudados, para as obras observadas, apresentam falhas de qualidade, e, portanto, precisam ser aprimorados. No tradicional, entretanto, as soluções improvisadas e os desperdícios são tolerados e, de certa forma, intrínsecos ao sistema. Para o industrializado, essas falhas vão contra a essência do sistema, que é a agilidade, o baixo desperdício e a baixa geração de resíduos. Não é defensável a estagnação tecnológica dentro da construção civil pelo fato de um sistema pouco eficiente ser aceito, porém a industrialização e a inovação demandam uma adaptação dos padrões tradicionais.

A industrialização é uma tendência inegável na construção civil. O uso de novas tecnologias, entretanto, não pode ser encarado simplesmente como a solução dos problemas do sistema tradicional, porque isso não ocorre. Novas técnicas podem apresentar também novos problemas, que demandam diferentes soluções. É necessário, portanto, adequar-se aos novos métodos construtivos, incorporando-se as mudanças necessárias à obra, para que os novos sistemas representem de fato a inovação a que se propõem.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. C. de. **Fachadas com painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto (PPAC) e de alvenaria de blocos cerâmicos com revestimento de pastilha**: comparativo dos processos de execução. 2010. 78 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26059/000755703.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 de abr. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9062**: projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2001.
- BARROS, M. M. S. B. de; SABBATINI, F. H. **Produção de revestimentos cerâmicos paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas**<sup>11</sup>. São Paulo: EPUSP, 2001. Disponível em: <<http://pcc2436.pcc.usp.br/Textost%C3%A9nicos/revestimentos%20cer%C3%A2micos/apostila%20revestimentos%20cer%C3%A2micos.PDF>>. Acesso em: 2 jun. 2012.
- BARTH, F.; VEFAGO, L. H. M. **Tecnologia de fachadas pré-fabricadas**. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2007.
- EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado**: fundamentos e aplicação. São Paulo: EESC-USP, 2000.
- LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. O processo de produção de paredes maciças. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/PCC, 1998. p. 49-66.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. São Paulo. EPUSP, 1999. Boletim Técnico PCC n. 246. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BT246.pdf>>. Acesso em: 5. jun. 2012.
- MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2004.
- OLIVEIRA, L. A. de. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. 2002. 175f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04062003-100758/pt-br.php>><sup>12</sup>. Acesso em: 5 jun. 2012.

<sup>11</sup> Texto elaborado a partir de uma revisão do texto original SABBATINI, F. H., BARROS, M. M. S. B. **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo: EPUSP-PCC, 1990. (Relatório Técnico R-06/90-EP/ENCOL-6). Não publicado.

<sup>12</sup> estando no site <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04062003-100758/pt-br.php>>, localize na parte final da página a indicação <Oliveira2002.pdf>: selecione para abrir o documento.

SABBATINI, F. H. A industrialização e o processo de produção de vedações verticais: utopia ou elemento de competitividade empresarial? In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/PCC, 1998. p. 1-19.

SABBATINI, F. H.; FRANCO, L. S.; BARROS, M. M. S. B. Tecnologia de vedações verticais. São Paulo: EPUSP, [2007?]. Não paginado. Apostila da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios I. Disponível em: <[http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18\\_cap1\\_revisado.pdf](http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18_cap1_revisado.pdf)>. Acesso em: 2 jun. 2012.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. Recomendações Técnicas Habitare v. 3.

SILVA, R. C. da; GONÇALVES, M. de O.; ALVARENGA, R. de C. S.S. Alvenaria racionalizada. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 112, p. 76-80, jul. 2006. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/112/artigo31744-1.asp>>. Acesso em: 7 jun. 2012.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 9. ed. rev. e atual. São Paulo: Pini, 2008.