

**CAIO CEZAR MARTINS DE CASTRO MACHADO**

**O PROCESSO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM DOS  
PAINÉIS DA FACHADA DO EDIFÍCIO  
e-TOWER SÃO PAULO - ESTUDO DE CASO.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Especialista em Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios.

Área de concentração:  
Engenharia de construção civil.

Orientador: Prof. Dr.  
Fernando Henrique Sabbatini.

ESP/TGP  
M18p



Escola Politécnica - EPBC



31200061742

## AGRADECIMENTOS

- Eng.<sup>a</sup> Rosemary de Oliveira, Rose, grande amiga, fiel colega de trabalho e companheira de curso: VALEU!!!!
- Prof. Sabbatini, orientador deste trabalho.
- Engenheiros Yorki Estefan e Jorge Batlouni Neto, diretores da TECNUM CONSTRUTORA, pela confiança.
- Engenheira Claudia Dudzevitch, Eng. André Diepenbruck, estagiários Nádia e Ricardo e todos os demais componentes da equipe técnica da obra do E-TOWER SÃO PAULO.
- Engenheiros Mauro de Oliveira, Clóvis Paganini e Anderson Melo, da ALGRAD ESQUADRIAS E FACHADAS ESPECIAIS LTDA.
- Gersom Cury e Marcos Rogério de Moraes da YKK DO BRASIL LTDA., Divisão de Mármores e Granitos.
- Edmundo Brito e Rodrigo Santos, da HYDRO ALUMÍNIO ACRO S.A.
- Arq. Paulo Celso Duarte, da AEC CONSULTORES DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO.
- Minha filha, por aceitar minhas ausências durante o curso.
- Meu pai, pela força.
- Meus irmãos e madrasta, por "segurarem a onda".
- Adriana, pelo carinho e torcida.

## RESUMO

Este trabalho descreve todo o processo de fabricação e montagem da fachada em painéis do EDIFÍCIO E-TOWER SÃO PAULO, e se propõe apresentar os principais obstáculos encontrados para sua execução, e a fazer uma análise crítica do seu processo de produção com o objetivo de subsidiar futuras obras a serem executadas com a tecnologia empregada e de colaborar para sua evolução.

A HYDRO ALUMÍNIO ACRO S.A., empresa que se dedica ao desenvolvimento e comercialização de sistemas de esquadrias e fachadas de alumínio e detém a marca WICONA, é a autora do projeto do sistema WICTEC EL, cuja principal característica é conter em um único painel todos os elementos de fechamento. Foi essa empresa, que desenvolveu a tecnologia empregada nesse estudo de caso, verificando-se que as maiores vantagens observadas nessa inovação são a velocidade de instalação, o controle de qualidade feito no solo – que resulta mais eficaz - e a possibilidade de execução simultânea com a estrutura do prédio.

Composto de alumínio, granito e vidro, com dimensões de 2,50 m. de largura por 3,70 m. de altura e peso aproximado de 750 kg, os painéis foram desenvolvidos a partir das exigências do projeto arquitetônico, que impôs 14 tipologias diferenciadas, a partir das diversas situações da estrutura. Testes rigorosos foram executados não só nos painéis, mas em todos os seus componentes com o objetivo de se examinar as condições necessárias para o pleno desempenho do sistema.

As características inéditas do projeto tornaram sua execução difícil, fazendo com que alguns pontos precisassem ser resolvidos na obra, o que comprometeu não só o prazo, como também o custo estimado.

A escolha da melhor tecnologia, portanto, deve ser precedida de um amplo estudo que envolva todas as peculiaridades do projeto, de tal forma que o processo de implementação não sofra os entraves apontados e que foram encontrados ao longo da sua execução.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	1
1.1- JUSTIFICATIVA PARA O TEMA .....	1
1.2 – METODOLOGIA DO TRABALHO: .....	1
1.3 – RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS: .....	2
1.4 – ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
1.5 – CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUTORA .....	4
1.6 – CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO .....	5
1.7 – EQUIPE DE PRODUÇÃO .....	14
CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA.....	15
2.1 – O CONCEITO DO PROJETO.....	16
2.2 – O SISTEMA WICONA WICTEC EL .....	18
2.2.1 – Características positivas do sistema Wicona, segundo a HYDRO: .....	19
2.2.2 – Serviços oferecidos pela HYDRO .....	20
2.2.3 – Garantias do sistema .....	21
2.2.4 – Componentes do Sistema Wicona Wictec EL .....	21
CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO .....	26
3.1 – O PROJETO.....	27

3.2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS COMPONENTES .....	32
3.2.1 – Alumínio .....	32
3.2.2 – Chumbadores, inserts e ancoragens. ....	33
3.2.3 – Parafusos .....	34
3.2.4 – Gaxetas de EPDM .....	34
3.2.5 – Mantas de borracha .....	35
3.2.6 – Fitas isolantes.....	35
3.2.7 - Selantes .....	36
3.2.8 – Selantes estruturais.....	37
3.2.9 - Granitos.....	37
3.2.10 - Vidros .....	40
3.3 – PLANEJAMENTO DA MONTAGEM.....	43
3.3.1 – Instalação da fábrica no canteiro: equipamentos, escritórios, almoxarifados, transporte interno, pátio de cura e área de estoque: .....	43
3.3.2 – Análise dos requisitos de segurança na fabricação, transporte e instalação conforme NR-18 e adequações necessárias ao projeto: .....	47
3.3.3 - Seqüência de fabricação, içamento, armazenamento e instalação:.....	49
3.4 – ESTRUTURA DA FÁBRICA .....	50
3.5 – O PROCESSO DE MONTAGEM DA FACHADA.....	53
3.5.1 – Estrutura organizacional da ALGRAD para a obra .....	53
3.5.2 – Serviços preliminares .....	53
3.5.3 – Fabricação dos painéis .....	57
3.5.4 – Transporte dos painéis .....	67
3.5.5 – Instalação.....	68
3.5.6 – Acabamentos internos .....	69
3.5.7 – Controle de qualidade .....	72
3.5.8 – Planejamento e controle da produção .....	75
3.6 – MANUTENÇÃO E LIMPEZA EXTERNA DOS PAINÉIS.....	76
3.7 – OS CUSTOS DA FACHADA .....	78

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES .....	79
ANEXO A: Situação em planta das posições das tipologias dos painéis e os esforços de vento atuantes na fachada.....	86
ANEXO B: Projeto do canteiro da obra.....	87
ANEXO C: Legenda do projeto do canteiro.....	88
ANEXO D: Plano de Controle para Segurança e Saúde Ocupacional nº 25: Montagem de painéis pré-fabricados de alumínio para fachada.....	89
ANEXO E: Plano de Controle para Segurança e Saúde Ocupacional nº 26: Fabricação painéis pré-fabricados de alumínio para fachada. ....	90
ANEXO F: Programação Semanal de Serviços.....	91
ANEXO G:Controle de recebimento dos quadros.....	92
ANEXO H: Controle da montagem, colagem e instalação dos painéis.....	93
ANEXO I: Síntese cronológica da execução da fachada.....	94
ANEXO J – Tabela de custos. ....	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
OUTRAS REFERÊNCIAS.....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Corte esquemático do projeto .....	5
Figura 2 – Perspectiva do Ed. E-Tower São Paulo (fachada fundos) .....	5
Figura 3 – Sapata principal do edifício .....	7
Figura 4 - Aplicação do CAD em pilar .....	9
Figura 5 – Maquete para ensaio no túnel de vento.....	13
Figura 6 – Painel montado na câmara de testes na AFEAL.....	14
Figura 7 – O Edifício e-Tower S.P.....	15
Figura 8 – Componentes do sistema .....	22
Figura 9 - Detalhe do perfil de alumínio e gancho frontal ao painel .....	25
Figura 10 - Detalhe do perfil de alumínio e gancho lateral ao painel.....	25
Figura 11 - Gancho (elemento fixação) sobre a laje.....	26
Figura 12 - Gancho (elemento de fixação) na lateral da viga. ....	26
Figura 13 - Tipologia 1 .....	27
Figura 14 – Tipologias 2 e 3 .....	28
Figura 15 – Tipologias 4 e 13 .....	28
Figura 16 – Tipologias 5, 6 e 7 .....	29
Figura 17 – Tipologias 8 e 10 .....	29
Figura 18 – Tipologia 9.....	30
Figura 19 Tipologias 11 e 12 .....	30
Figura 20 – Tipologia 14.....	30
Figura 21 - Vista panorâmica do edifício em obras. ....	32
Figura 22 - Vista parcial do estoque de perfis de alumínio no canteiro.....	33
Figura 23 - Detalhe de ancoragem fixada com chumbadores químicos .....	33
Figura 24 - Vista panorâmica da jazida de granito Branco Ceará.....	38
Figura 25 - Detalhe do "rasgo" nas placas de granito para fixação nos painéis.....	40
Figura 26 - Armazenagem dos vidros .....	43
Figura 27– Montagem da cremalheira especial na fachada Coliseu.....	46
Figura 28 - Validação pela Comissão Tripartite do procedimento de descarga dos painéis nos locais de instalação.....	49
Figura 29 – Momento da instalação de um painel na fachada .....	50

Figura 30 – Idem visto pelo lado externo do prédio.	50
Figura 31 - Máquina para mistura do silicone estrutural bi-componente	52
Figura 32 - Vista parcial da fábrica dos painéis instalada no canteiro.	52
Figura 33 - Reforços dos inserts da fachada Fundos.	55
Figura 34 - Ancoragens instaladas na fachada CPTM	56
Figura 35 - Detalhe dos perfis para fixação dos vidros.	57
Figura 36 – Detalhe lateral conforme projeto original HYDRO.	58
Figura 37 – Detalhe lateral conforme projeto executivo ALGRAD	58
Figura 38 – Detalhe da abertura conforme projeto HYDRO.	59
Figura 39 – Detalhe da abertura conforme projeto ALGRAD	59
Figura 40 – Detalhes do acessório modificado e conforme o projeto original.	60
Figura 41 – Arremate conforme projeto HYDRO.	61
Figura 42 – Arremate conforme projeto ALGRAD.	61
Figura 43 – Fixação das placas de granito conforme projeto HYDRO.	62
Figura 44 – Fixação das placas de granito conforme projeto ALGRAD.	63
Figura 45 – Perfis de canto negativo conforme projeto HYDRO.	65
Figura 46 – Perfis de canto negativo após solução executiva.	65
Figura 47 – Gancho dos painéis conforme projeto HYDRO.	66
Figura 48 – Gancho modificado conforme proposta ALGRAD.	66
Figura 49 - Detalhe dos painéis de canto	67
Figura 50 - içamento do painel pelo vão da laje do térreo.	67
Figura 51 - Instalação de painel na fachada, vista pelo interior do prédio.	68
Figura 52 – Seqüência da montagem – içamento externo.	69
Figura 53 – Seqüência da montagem – instante em que o painel é fixado	69
Figura 54 – Vista interna superior do painel	70
Figura 55 – Vista interna inferior do painel.	70
Figura 56 – Corte esquemático parcial do painel	71
Figura 57 – Vista interna final do painel	71
Figura 58 - Detalhe dos captadores e da gaxeta horizontal	72
Figura 59 - Detalhes da fixação das barras de içamento	72
Figura 60 - Detalhe da interface travessa/montante	73
Figura 61 - Detalhes das gaxetas horizontais e verticais	73

Figura 62 - Manta de silicone na união dos painéis (19045). ....	74
Figura 63 - Corte esquemático de um painel .....	75
Figura 64 - Equipamento de manutenção em uso. ....	77
Figura 65 - Estrutura metálica auxiliar para suporte de painel .....	81
Figura 66 - Equipamento para instalação dos painéis da fachada CPTM.....	82

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- FICHA TÉCNICA DO EDIFÍCIO E-TOWER SÃO PAULO .....	6
Tabela 2 - Coeficientes mínimos necessários para aprovação das características dos vidros laminados refletivos.....	41
Tabela 3 - Itens não previstos no escopo original do contrato com o fornecedor das esquadrias, que vieram a onerar os serviços. ....	83

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACM – Aluminum Composite Material (chapas de alumínio composto).

AEC – AEC Consultores de Arquitetura e Construção.

ALGRAD – ALGRAD Esquadrias e Fachadas Especiais Ltda.

CAD – Concreto de alto desempenho.

EPDM – Eteno Propeno Derived Material.

fck - Resistência característica do concreto medida aos 28 dias da moldagem.

HYDRO – Hydro Alumínio Acro S.A.

Kgf/cm<sup>2</sup> – Quilograma-força por centímetro quadrado.

km/h – Quilômetros por hora.

kVA – kilovolt amper.

m – metro.

m<sup>2</sup> – metro quadrado.

mm. – milímetros.

MPa – Mega-Pascal.

OHSAS – Occupational Health and Safety Assessment Series.

Pav. – pavimento.

PBQP – H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Habitação.

Tf. – tonelada-força.

Ton. – tonelada.

TR – tonelada de refrigeração.

# CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1- JUSTIFICATIVA PARA O TEMA

As edificações comerciais prediais estão cada vez mais presentes no mercado da construção civil. Para atender as exigências desse mercado surgem diariamente novas tecnologias que estão sendo incorporadas e adequadas à realidade brasileira.

Um exemplo dessa realidade é a utilização de painéis pré-fabricados de alumínio para vedação e revestimento de fachadas de edifícios. Tendo em vista a forte tendência de aumento da utilização desses elementos na construção civil no Brasil, acredita-se ser oportuno e necessário um trabalho para registrar a implementação de um projeto dessa tecnologia construtiva.

Para isso, esse trabalho descreverá todo o processo de execução da fachada do Edifício e-Tower São Paulo, localizado na Rua Funchal 418, Vila Olímpia, São Paulo, SP, e que está sendo construído pela TECNUM CONSTRUTORA.

E por ser o autor deste trabalho responsável técnico e gerente da obra do EDIFÍCIO e-TOWER SÃO PAULO, empreendimento de grande importância na construção civil brasileira, teve-se a oportunidade de acompanhar todo o processo de implementação do sistema.

## 1.2 – METODOLOGIA DO TRABALHO:

**1.2.1 – Levantamentos de dados do empreendimento:** memorial descritivo, projetos relativos à fachada, procedimentos para controle de qualidade.

**1.2.2 – Pesquisa para caracterização do sistema:** a partir de catálogos, publicações técnicas e *sites* específicos.

### **1.2.3 – Trabalho de campo:**

1.2.3.1 – Visita à fábrica da HYDRO ALUMÍNIO ACRO S. A, em Itu, São Paulo, para conhecimento do processo de extrusão dos perfis.

1.2.3.2 – Visita ao Edifício Torre Almirante, no Rio de Janeiro, R.J., empreendimento com fachada executada também com painéis pré-fabricados, para análise comparativa com outro projeto de sistema concorrente.

1.2.3.3 – Reunião com diretoria técnica da construtora, para obtenção do histórico da opção por esse tipo de fachada pelo incorporador;

1.2.3.4 – Visita à fabrica do granito, para conhecimento do processo de corte dos blocos, polimento das placas e controle de qualidade do material a ser entregue na obra.

1.2.3.5 – Reunião com o Departamento Técnico da HYDRO ALUMÍNIO ACRO S. A., para obtenção de detalhes técnicos do sistema e histórico da contratação.

1.2.3.6 – Participação em palestra técnica sobre o uso de painéis pré-fabricados de alumínio em revestimento de fachadas.

1.2.3.7 – Reunião com os responsáveis pela empresa fabricante dos painéis e com o empreiteiro de montagem para obtenção de pontos de vista sobre a obra e suas dificuldades.

### **1.3 – RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS:**

Este trabalho tem por objetivo orientar a quem se proponha a executar um projeto que envolva a montagem de painéis pré-fabricados de alumínio em fachadas de edifícios para que não cometa erros resultantes do desenvolvimento falho de soluções construtivas em obra, da falta de informações para seleção da melhor tecnologia e de

fallas nas contratações, que acabam por onerar a obra e dificultar seu processo de produção.

#### **1.4 – ESTRUTURA DO TRABALHO**

O Capítulo 1, além da descrição da estrutura do trabalho, contém a justificativa para o tema escolhido, a metodologia utilizada para executá-lo, os resultados e impactos esperados e a caracterização da construtora do empreendimento e dos fornecedores dos componentes dos painéis pré-fabricados para revestimento da fachada do EDIFÍCIO e-TOWER SÃO PAULO. Também descreve o empreendimento desde a sua concepção até o uso de novas tecnologias, como o ensaio em túnel de vento para determinação dos esforços de vento nas fachadas e o concreto de alta resistência.

O Capítulo 2, conceitua e caracteriza o sistema WICONA WICTEC EL, utilizado na fabricação dos painéis pré-fabricados, com dados fornecidos pela HYDRO ALUMÍNIO ACRO S.A., descrevendo suas vantagens e garantias, bem como as características dos componentes utilizados.

O Capítulo 3, descreve o processo de montagem da fachada do EDIFÍCIO E e-TOWER SÃO PAULO, caracterizando as tipologias dos painéis e os materiais componentes. Também contém o planejamento da montagem, desde a implantação da fábrica no canteiro até o controle de qualidade dos materiais, e o processo de montagem, desde a instalação dos *inserts* até o controle de qualidade dos painéis instalados.

O Capítulo 4, faz uma análise crítica do *case* objeto deste estudo relatando o difícil processo de execução e os erros que não devem ser cometidos quando da aquisição dessa tecnologia, tais como a falta de informações e as deficiências do sistema.

## 1.5 – CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUTORA<sup>1</sup>

Fundada em 1990 a partir da unificação das empresas de seus atuais sócios, a TECNUM CONSTRUTORA teve um crescimento acelerado na segunda metade da década de 90, com a realização de significativos empreendimentos residenciais e comerciais, entre incorporações próprias e de terceiros. Entregou mais de 1300 unidades totalizando mais de 210.000 m<sup>2</sup> construídos. A TECNUM investe continuamente em desenvolvimento e integração dos processos construtivos, em recursos humanos e nos processos de gerenciamento dos negócios, sempre buscando superar as expectativas dos clientes. A qualidade das edificações da TECNUM é garantida pela certificação ISO 9001, obtida em 26/08/99, e pelo certificado OHSAS 18001, que assegura a excelência das condições de segurança no trabalho e saúde ocupacional de todos os envolvidos. Também é certificada no PBQP-H nível A. O Lloyd's Register Quality Assurance, uma das mais respeitáveis empresas auditadoras do mundo, foi a responsável pelas certificações. A sua política da qualidade é assim descrita:

"A TECNUM CONSTRUTORA acredita que a confiança do cliente se conquista pela transparência na forma de trabalho e na integração da empresa com a sociedade em busca do desenvolvimento sustentável. Para alcançar seus objetivos tem os seguintes compromissos:

- Desenvolver e capacitar funcionários e fornecedores, por meio de relações de parceria.
- Favorecer clima organizacional positivo, despertando as responsabilidades individuais e trabalho solidário.
- Proporcionar um ambiente de trabalho seguro e saudável, respeitando a legislação e normas aplicáveis.
- Promover melhorias contínuas, baseadas no desenvolvimento tecnológico e eficiente gerenciamento de recursos."

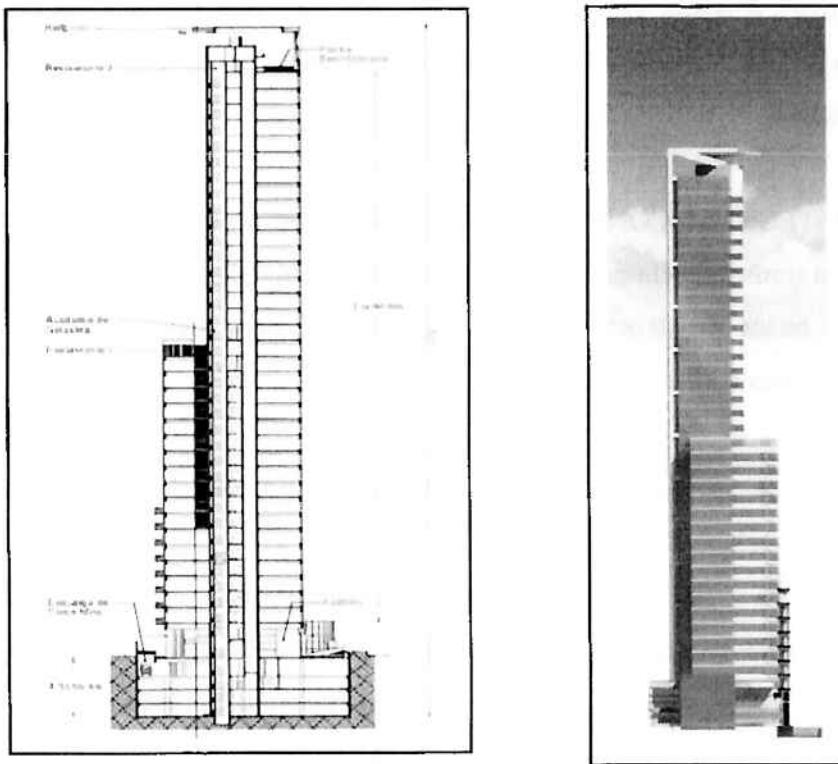
---

<sup>1</sup> Dados obtidos no site [www.tecnum.com.br](http://www.tecnum.com.br), acessado em 30/11/04.

## 1.6 – CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

Concebido para ser um marco no segmento comercial de alto padrão em São Paulo, o e-Tower possui 162 metros de altura da fundação à cobertura, totalizando uma área construída de 51.224,72 m<sup>2</sup>.

Com 42 pavimentos, proporcionará aos usuários 970 vagas de garagem, heliponto, auditório, dois restaurantes, academia de ginástica, piscina semi-olímpica na cobertura, 17 elevadores, geradores a gás para horário de picos de consumo de energia e a diesel para suprimento de emergências, sistema de ar condicionado central com volume de ar variável (VAV), sistemas inteligentes de automação e supervisão predial.



**Figura 1 –Corte esquemático do projeto**

**Figura 2 – Perspectiva do Ed. E-Tower São Paulo (fachada fundos)<sup>2</sup>**

---

<sup>2</sup> Figuras 1 e 2: Fonte: Aflalo e Gasperini Arquitetos.

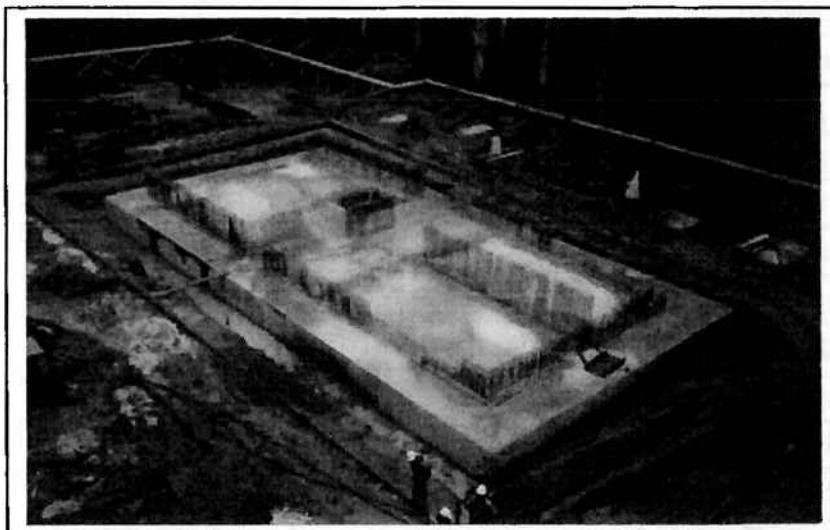
**TABELA 1- FICHA TÉCNICA DO EDIFÍCIO E-TOWER SÃO PAULO**

LOCAL	QUANTIDADE	ÁREA TOTAL
Terreno	6.518,11 m2	
Área Construída	51.224,72 m2	
Nº de Pavimentos – Tipo A:	7	
Nº de Pavimentos – Tipo B:	11	
Nº de Pavimentos – Tipo C:	17	
Nº de Subsolos:	4	
1º pavimento – área técnica	375,30 m2	
2º pavimento – Tipo A:	1.498,39 m2	
3º e 4º pavimento – Tipo A:	1.017,19 m2 / pav.	2.034,38 m2
5º ao 7º pavimento - Tipo A:	1.026,03 m2 / pav.	3.078,09 m2
8º pavimento -Tipo A:	833,58 m2	
9º pavimento - Tipo A:	820,06 m2	
10º ao 18º pavimento – Tipo B:	820,06 m2	7.380,54 m2
9º pavimento – Tipo B:	600,76 m2	
Restaurante	246,73 m2	
Sala de Ginástica / Vestiário	137,67 m2	
Circulação	155,39 m2	
Terraço	60,97 m2	
20º pavimento – Tipo C:	529,23 m2	
21º pavimento - Tipo C:	556,68 m2	
22º ao 36º pavimento – Tipo C:	578,02 m2	8.670,30 m2
Piscina	6 m X 25 m	150 m2
Área Técnica – Ático	863,60 m2	
Pé direito Pavimentos Tipo A, B e C:	3,70 m	
Carga do Núcleo:	27.560,50 tf	
Volume da Sapata do Núcleo	795,50 m3	
Volume Total de Concreto	19.309 m3	
Volume Total de Aço	2.300 ton.	
Nº de Elevadores:	17	
Vagas de Garagem:	920	
Capacidade do Auditório:	93 lugares	
Carga Térmica Total:	1.060 TR	
Geradores	2 unid. 2.500 kva.	

Alguns grandes desafios foram enfrentados para se obter sucesso nessa empreitada.

O primeiro grande desafio, foi atender estruturalmente o projeto arquitetônico, do edifício, elaborado pelo escritório AFLALO E GASPERINI ARQUITETOS LTDA. Concebido pelo seu titular arquiteto Luís Felipe Aflalo Herman, foi desenvolvido sob uma coordenação modular rigorosa, com eixos a cada 1,25 metros nas duas direções. Esta modulação de edifícios comerciais de alto padrão é fundamental, pois os forros, as luminárias, piso elevados e demais componentes são fabricados para estas dimensões.

A magnitude das cargas em seus pilares e na fundação é evidenciada só se levando em conta a sapata principal do edifício, com dimensões de 14,60 m por 26,90 m e altura de 1,20 m na parte inferior e 12,25 m por 24,06 m e altura de 1,10 m na parte superior, e que consumiu um volume de concreto de 805 m<sup>3</sup> (9,5 m<sup>3</sup> a mais que o volume teórico), suficiente para executar um edifício de 4.000 m<sup>2</sup>. Os pilares que se apóiam nessa sapata possuem carga total de 27.560,50 toneladas.



**Figura 3 – Sapata principal do edifício<sup>3</sup>**

---

<sup>3</sup> Nota-se na foto apenas a parte superior. A inferior está aterrada.

Na fachada Norte, voltada para a Rua Coliseu, o arquiteto concebeu uma grelha onde os pilares ocorrem a cada 5 metros, medida quatro vezes múltipla de 1,25m. Os pilares dessa fachada, com números P22 a P26, possuem cargas bastante altas, entre 1380 e 1820 toneladas na fundação, fazendo com que suas dimensões não fossem menores que 0,80 m<sup>2</sup>, algo em torno de 0,90 m. por 0,90 m. para uma resistência característica à compressão (fck) de 40 MPa (ou 400 kgf/cm<sup>2</sup>), adotada para todo o edifício.

Como a arquitetura solicitava que as dimensões máximas destes elementos estruturais não ultrapassassem 0,60 m. por 0,60 m., para viabilizar vagas médias de garagem nos subsolos (na cidade de São Paulo o Código de Obras estabelece que a vaga média deve ter no mínimo 2,10 m. de largura) e para não prejudicar a circulação dos veículos nem desrespeitar o projeto aprovado na prefeitura, surgia o primeiro grande problema do projeto. Não se podia perder quatro vagas de garagem em cada subsolo, o que daria um total de dezesseis.

Assim, o projetista estrutural do edifício, Prof. Dr. Ricardo Leopoldo e Silva França, titular do escritório de projeto estrutural FRANÇA E ASSOCIADOS ENGENHARIA S/C LTDA, ponderou com a equipe da TECNUM CONSTRUTORA as possibilidades existentes e suas respectivas restrições:

- Alterar a posição dos pilares nos andares tipo, proposta rejeitada, pois descaracterizaria a fachada e desrespeitaria a coordenação modular, prejudicando a eficiência do projeto;
- Transitar os pilares na região da garagem, o que seria desaconselhável tecnicamente em virtude da altura do edifício e consequentes cargas elevadas;
- Aumentar o “fck”, tida como a melhor solução desde que viabilizada técnica e economicamente, pois apresentava um custo muito elevado.

Descartadas as duas primeiras opções, por não atenderem respectivamente ao projeto arquitetônico e a viabilidade técnica, optou-se pela terceira opção, que impôs um

"fck" mínimo de 80 Mpa. Esta foi escolhida para atender aos anseios da arquitetura, não prejudicando a circulação de veículos na garagem nem perdendo as dezesseis vagas de estacionamento.

E esse foi o primeiro desafio do projeto e-Tower, que trouxe na época dúvidas quanto à tecnologia a ser adotada para executar esse concreto e aplicá-lo nas condições de obra.

O concreto de alto desempenho (CAD) necessário para atender as necessidades do projeto (80 Mpa) foi então desenvolvido a partir de parcerias tecnológicas com a ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, através de seu professor titular de concreto, Dr. Paulo Roberto do Lago Helene e com a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Contratou-se para fornecer o concreto, a ENGEMIX ENGENHARIA DE CONCRETO LTDA, que, através do Engº Eliron Maia Souto Júnior, desenvolveu o traço do concreto com o Prof. Paulo Helene.

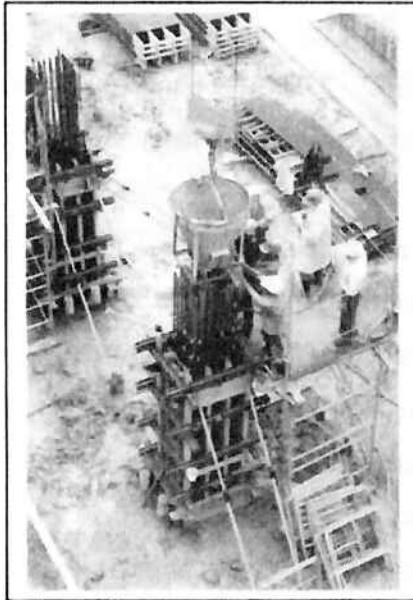


Figura 4 - Aplicação do CAD em pilar

E depois de todo o esforço despendido na busca do concreto de alta resistência, os resultados obtidos superaram em muito as expectativas iniciais. O objetivo principal foi alcançado com o projeto arquitetônico respeitado. A estrutura do edifício e-Tower São Paulo foi executada com a mais avançada tecnologia de concreto, proporcionando valores médios encontrados para o "fck" que variaram de 120,6 MPa a 124,3 MPa, portanto, muito superiores às de projeto.

Outro grande desafio foi a solução para vedação e revestimento dos 20.000 m<sup>2</sup> de fachada. O projeto possui linhas ressaltadas horizontalmente e com quadrículas de granito com vidro no meio.

A altura do prédio, as condições de execução, o interesse de se executar as fachadas no menor tempo possível e as soluções arquitetônicas muito variadas preocuparam o departamento técnico da construtora, que descartou de imediato a possibilidade de uso de argamassa e por consequência de revestimentos cerâmicos, fulget, etc. Também a fachada Norte precisaria de uma solução que diminuisse a área de incidência solar, isto é, deveria conter elementos de pedra natural ou vidro.

Partiu-se então na busca de uma solução inovadora: a utilização de painéis pré-fabricados que possibilitessem a montagem durante a execução da estrutura e que resultassem em velocidade na fabricação e na instalação das peças.

A primeira opção foi a utilização de painéis pré-fabricados em concreto. Todavia alterações significativas seriam necessariamente introduzidas no projeto estrutural e onerariam ainda mais a fundação e a estrutura, pois esses painéis seriam muito pesados e dependeriam de equipamentos específicos para sua montagem.

- Outra opção seria o uso de painéis pré-fabricados em alumínio, portanto mais leves, que deveriam possuir numa única peça elementos de vidro e granito.

As principais vantagens desses painéis seriam a simplicidade na montagem, não só por ser ela altamente industrializada, como também pelo controle de qualidade da

fabricação, que seria procedido no canteiro antes do içamento das peças, além da facilidade na manutenção propiciando uma expectativa de execução de seis meses.

Foi essa a solução escolhida, em razão das vantagens que apresentava.

Esses painéis teriam como função, além da vedação e do revestimento do edifício, proporcionar maior isolamento acústico e térmico, reduzindo consequentemente o consumo de energia para condicionamento de ar no interior. Além disso propiciaria otimizar as etapas de controle e recebimento do material e da produção, bem como reduzir o índice de patologias e os efeitos da dilatação térmica no edifício.

Este projeto foi o primeiro do Brasil a empregar painéis pré-fabricados de alumínio com granito e vidro em uma única peça.

A dúvida maior surgiu quanto à fixação das placas de granito nos painéis e trouxeram insegurança na escolha do sistema a ser adotado, pois persistia a indagação sobre qual sistema disponível no mercado para projetar esses painéis teria a tecnologia adequada.

Também havia incertezas quanto à obtenção de melhor desempenho acústico, térmico e de vedação, preocupados com a qualidade e homogeneidade das placas de granito.

Quais seriam as condições ideais de segurança para instalação desses painéis, haja vista a altura do prédio e a execução simultânea da estrutura?

A busca dessa solução inovadora para a fachada foi então iniciada com a contratação de consultoria especializada para esquadrias de alumínio e fachadas especiais - a AEC Consultores de Arquitetura e Construção (AEC) - através de seu diretor Arquiteto Paulo Celso Duarte que, em consenso com o departamento técnico da construtora, optou pelo sistema WICONA WICTEC EL, da HYDRO ALUMÍNIO ACRO S.A. (HYDRO).

Fundado na Noruega em 1905, o Grupo HYDRO inicialmente dedicou-se a produção de fertilizantes minerais. A partir da década de 60 passou a produzir também alumínio e magnésio, e explorar petróleo e gás natural. Opera hoje em mais de 40 países com duas grandes divisões de negócios: petróleo e energia e metais leves, além da divisão de fertilizantes que passou a atuar isoladamente sob a denominação de Yara Internacional ASA. Desenvolve e comercializa sistemas de alumínio de alta qualidade para a fabricação de portas, janelas, fachadas e outros produtos para a arquitetura e construção civil. A "Hydro Building Systems" é uma divisão da Hydro Alumínio Acro S.A., que se dedica ao desenvolvimento e comercialização de sistemas de esquadrias e fachadas de alumínio e é detentora, além da marca Wicona, das marcas Domal e Technal.

O Arquiteto Paulo Duarte também foi responsabilizado pela especificação e controle de qualidade dos vidros, fornecidos pela Santa Marina Vitrage Ltda.

A Santa Marina Vitrage é a empresa do Grupo Saint Gobain responsável pelo mercado de vidros transformados para a construção civil. O nome "*vitrage*" vem da palavra francesa que significa vidro plano, é o nome brasileiro para unidades de transformação do vidro plano e também a marca utilizada para a rede de distribuição da Santa Marina em todo o país.

O próximo passo, foi a contratação de consultoria especializada para granito, recaindo a escolha no arquiteto Paulo Giaffarov, da DGG Consultoria.

O granito foi fornecido pela YKK DO BRASIL LTDA., Divisão de Granitos e Mármores. Fundada no Japão em 1934, a YKK possui 35.000 profissionais atuando em 57 países, e é líder mundial na produção de zíperes. No Brasil, atua fortemente no segmento de rochas ornamentais, adota o conceito de verticalização da produção e dedica-se a extração e beneficiamento de granitos e mármores. Utiliza tecnologia avançada na produção, possui experiência adquirida em importantes obras realizadas no Brasil e no exterior e investe continuamente no tratamento dos resíduos gerados no seu processo produtivo e na restauração das suas áreas de mineração. Um

representante da construtora foi enviado à jazida, localizada no Ceará, para recebimento dos blocos que seriam então enviados à fábrica para beneficiamento, localizada em Arujá, São Paulo.

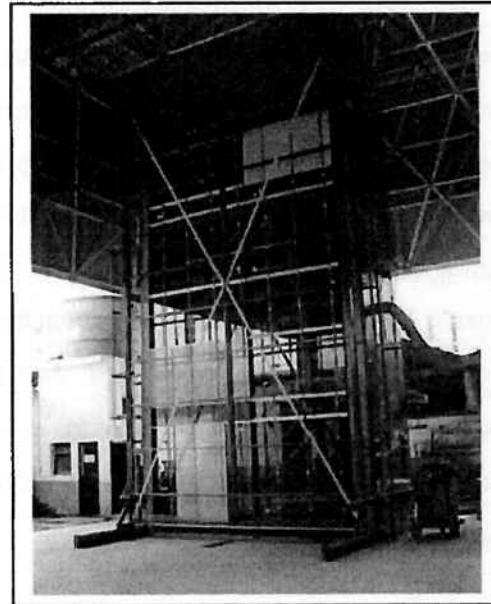
Os perfis que compuseram os painéis foram dimensionados a partir dos resultados obtidos em ensaio em túnel de vento<sup>4</sup>, que determinou os esforços atuantes na fachada, nos laboratórios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os resultados desse ensaio estão registrados no projeto da AEC Consultores, ANEXO A desse trabalho.



**Figura 5 – Maquete para ensaio no túnel de vento**

Para verificação de atendimento aos requisitos de permeabilidade ao ar, impermeabilidade e resistência ao vento (ver descrição no capítulo 2), foi executado um ensaio na câmara de testes do Centro Tecnológico do Alumínio, na AFEAL, Associação dos Fabricantes de Esquadrias de Alumínio, em São Paulo, a partir de um painel protótipo executado conforme o projeto e -Tower.

<sup>4</sup> Para simulação da velocidade básica do vento no laboratório foi considerada a NBR 6123/1988, que define para a região do edifício 40 m/s de velocidade média medida sobre 3s, que pode ser excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 metros sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano.



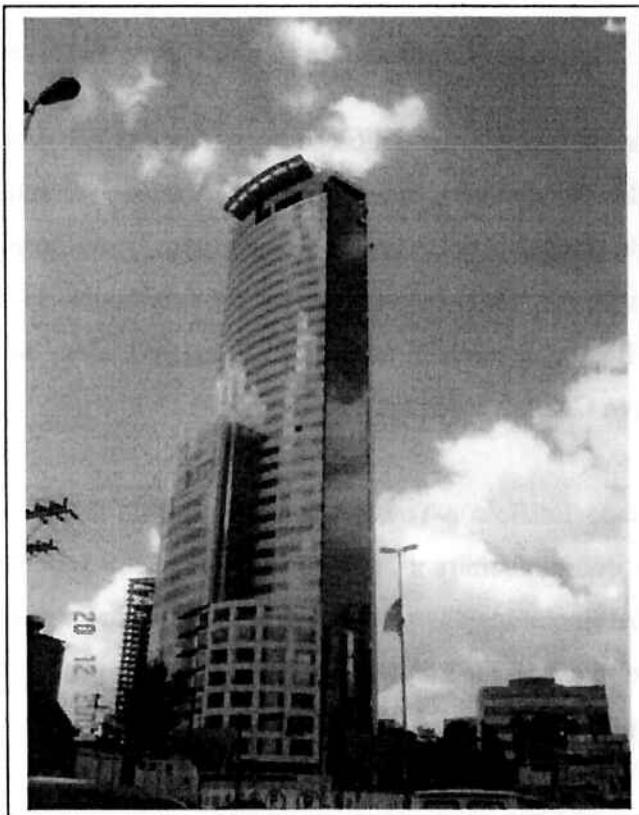
**Figura 6 – Painel montado na câmara de testes na AFEAL**

A execução da fachada ficou a cargo da ALGRAD ESQUADRIAS E FACHADAS ESPECIAIS (ALGRAD), com sede em Vargem Grande Paulista, São Paulo. Empresa de grande experiência no ramo e com o mérito de ter sido a responsável pela execução das fachadas em painéis pré-fabricados de alumínio do Edifício do Banco de Boston, e também da sede da Induscred, além do Grand Hyatt Hotel e da sede da Vivo Celular, todos em São Paulo.

A fachada do Edifício e-Tower São Paulo possui 2.200 unidades de painéis pré-fabricados que consumiram aproximadamente 180 toneladas de alumínio, 12.000 m<sup>2</sup> de vidro (incluídos os painéis entre vãos da fachada grelha), 3.500 m<sup>2</sup> de granito Branco Ceará e 1.500 m<sup>2</sup> de granito Blue Star. Esse projeto, desenvolvido pela AEC, possui 14 tipologias diferentes.

## 1.7 – EQUIPE DE PRODUÇÃO

A estrutura gerencial e administrativa definida pela Tecnum Construtora para a obra consistiu em um engenheiro responsável técnico, um engenheiro responsável pelo controle financeiro, uma engenheira responsável pela produção e planejamento, além de outra engenheira responsável pelos grandes contratos. Integravam ainda a equipe um tecnólogo para apoio das inspeções dos serviços, dois estagiários de engenharia civil (um diretamente ligado às atividades da produção e uma estagiária para apoio do controle de custos), um técnico de segurança, dois administrativos para controle do almoxarifado, recebimento, armazenamento e estocagem de materiais e organização do canteiro além de um ajudante de serviços gerais encarregado pelo controle da portaria.



**Figura 7 – O Edifício e-Tower S.P.**

## CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

### 2.1 – O CONCEITO DO PROJETO

Considerando-se a dimensão da fachada - 20.000 m<sup>2</sup> - a altura do edifício (150 metros acima do solo) e o interesse de se executar as fachadas no menor prazo possível, o projeto foi estudado adotando-se soluções que permitissem a fabricação e montagem de painéis na forma mais independente possível dos trabalhos de construção civil, o que resultou na adoção como sistema principal para as esquadrias do chamado "*Unitised System*".

Esse sistema constitui tecnologia desenvolvida por várias empresas extrusoras americanas e européias, além de ser, em alguns casos, desenvolvido por empresas especializadas em serralheria que tenham o domínio de engenharia própria para execução das fachadas nesse conceito.

A principal característica do sistema "*unitised*" é a capacidade de conter em um único painel (que depois é montado pronto na fachada) todos os elementos de fechamento – vidros, painéis metálicos, pedras naturais, ACM, cerâmicas, entre outros – que assim ficam "unificados" num só elemento.

Segundo o arquiteto Paulo Duarte, esse sistema evoluiu após o desenvolvimento do chamado *split mullion*, ou montante dividido, evolução necessária para atender aos prazos de obra cada vez mais curtos. Assim, os painéis passaram a ser pré-montados. Desse modo, os perfis foram sendo aperfeiçoados até que se chegou a solução de eliminar a subestrutura do quadro do vidro, fixando-se os vidros diretamente nos montantes e travessas. Esses módulos constituem unidades que contém todos os elementos de fachada e apresentam altura total de piso a piso. Assim, os painéis vão sendo montados em seqüência, fechando a fachada.

Para os fabricantes e instaladores, a vantagem é o ganho de tempo, além da melhor qualidade. Outro fator positivo, é a possibilidade de montar vários módulos de forma

independente, aplicando a cada um os elementos de fechamento da fachada que correspondam à sua posição, de acordo, aliás, com o projeto arquitetônico. Para que os módulos fossem instalados de maneira fácil e segura foi necessário a montagem de uma fábrica dentro do canteiro da obra, condições ótimas de limpeza, ventilação, proteção contra intempéries e com total controle de qualidade. Os painéis prontos são montados nos pisos que ficam pouco abaixo daquele que está sendo concretado. A obra vai subindo e os painéis vão sobrepondo-se uns aos outros, sempre montados lateralmente, fechando todo um piso, para depois ter início a montagem do piso superior. Desse modo as fachadas ficam prontas em pouco tempo, após a finalização da estrutura.

Luis Carlos Santos, da HYDRO, em reportagem publicada na Revista Contramarco e Companhia em agosto/03, define esse sistema como mais uma técnica construtiva para fachadas: "são sistemas desenvolvidos para a fabricação e instalação de fachadas-cortina por meio de módulos ou painéis completos. Esses módulos podem já sair do local de fabricação com os vidros instalados e em alguns casos com outros elementos que compõe a fachada, como por exemplo, o granito, e, dependendo da necessidade da obra, pode-se ter módulos de até 4,00 x 4,00 metros".

Na mesma reportagem, Antonio B. Cardoso, gerente de mercado para a construção civil da ALCOA, considera o sistema "*unitised*" um conceito já bastante aceito pelos americanos, que geralmente fecham negócios envolvendo as fachadas antes mesmo da fundação, em vista do trabalho conjunto que requer. O sistema permite executar a obra em menor tempo e, consequentemente, a avaliação de custo passa necessariamente pelo prazo menor que a obra pode ser entregue, configurando assim, economia do construtor com a administração da obra, também como do empreendedor numa eventual antecipação da inauguração. Ao mesmo tempo adverte que no mercado americano a maioria dos sistemas construtivos de edifícios de grande altura é de aço, o que dá garantias quanto à medidas e tolerâncias das fachadas, o que não acontece com as normas vigentes no Brasil. Esse sistema, por ser recente aqui, deve passar por um período de familiarização das empresas da área, pois nem todas estão habilitadas para o uso do sistema "*unitised*".

As variações da fachada do e-Tower foram resolvidas sempre optando-se pelos mesmos tipos de perfis, tendo sido desenvolvidas peças específicas para atender as várias soluções da arquitetura, porém sempre com a preocupação de se padronizar ao máximo a geometria dos vários perfis, de modo a permitir a intercambialidade e os encontros entre eles, garantindo a estanqueidade através de vedações também padronizadas. Todos os detalhes dimensionais foram aprovados pelo arquiteto, assim como as definições de ordem estética.

## 2.2 – O SISTEMA WICONA WICTEC EL

Os Sistemas Wicona, projetados no centro de desenvolvimento da Wicona na Alemanha, incluem perfis extrudados de alumínio, acabamentos de superfície como anodização e pintura eletrostática, acessórios específicos, equipamentos especiais e material técnico impresso e eletrônico.

De origem européia, tem como principal característica o conceito de vedação e interligação entre os painéis com gaxetas em EPDM, diferente dos sistemas de origem americana, que se caracterizam pelo uso de silicone para vedação e de junção de perfis macho/fêmea com gaxetas de vedação para interligação entre os painéis.

O Sistema Wicona Wictec EL permite trabalhar com painéis modulados na fachada com até 4,00 m x 4,00 m, o que significa um ganho de produtividade muito alto no fechamento do pano de fachada da obra. Cada painel possui um sistema de drenagem completo e integrado. Permitem grande flexibilidade no projeto de fachadas, pois podem ser compostos tanto de elementos de granito, como de vidro e/ou qualquer outro tipo de elemento ao mesmo tempo, ou seja, o sistema envelopa o edifício inteiro com painéis prontos direto da fábrica para o posicionamento na fachada. As juntas críticas entre os montantes e as travessas são rápidas e não exigem ferramental especial, otimizando a fabricação. São feitas por parafusamento direto ou por cantoneiras. Vidros ou painéis são adaptados pela parte externa. Guarnições especiais para vidros que contornam os cantos foram desenvolvidas especificamente para esse sistema.

Segundo a HYDRO, um abrangente sistema de testes beneficia os fabricantes de esquadrias que usam o sistema Wicona Wictec EL como os requisitos definidos na proposta de aquisição, porque estes são automaticamente cumpridos. Não havendo necessidade de se pedir certificados específicos ou passar por outros dispendiosos testes.

Para se avaliar o desempenho do sistema e dos componentes do sistema, uma fachada com cerca de 8 metros de largura por 5 metros de altura é montada com painéis pré-fabricados a partir de cada projeto, sendo instalada em uma câmara de testes, aberta pelo lado da frente e possuindo ganchos especiais para instalação dos painéis, da mesma forma como serão executados nas obras.

Nessa seqüência de testes são monitorados os seguintes requisitos:

- Permeabilidade do ar, quando se mede o vazamento de ar sob pressão de vento positiva e negativa, com  $1 \text{ m}^3 \text{ de ar/m}^2$  a uma pressão acima de 600 Pa;
- Impermeabilidade sob pressão estática, quando se submete a fachada a uma quantidade de água de  $3,4 \text{ l/m}^2/\text{minuto}$ , equivalente a uma precipitação pluviométrica total de 4.896 litros/ $\text{m}^2$  de superfície exposta, e a uma diferença de pressão de 1.200 Pa durante 65 minutos;
- Impermeabilidade sob pressão dinâmica, quando se utiliza um motor que produz uma corrente de ar por 15 minutos<sup>5</sup>;
- Resistência ao vento, onde sensores mecânicos e eletrônicos são usados em paralelo para medir as situações criadas através de pressões negativas e positivas. De acordo com a norma DIN, a pressão de 1.100 Pa deve ser aplicada em testes para painéis de fachadas de prédios até 100 metros de altura, equivalente a uma velocidade de vento de mais de 150 km/h.

---

<sup>5</sup> A corrente de ar produzida, segundo o fabricante, simula a produzida por um furacão.

### **2.2.1 – Características positivas do sistema Wicona, segundo a HYDRO:**

#### **2.2.1.1 – Na fabricação:**

- Número reduzido de perfis;
- Usinagens executadas com ferramentas pneumáticas para assegurar produtividade e precisão;
- Duas opções de montagens: cortes a 90 graus ou a 45 graus
- Vedação dupla, com escova de polipropileno, em todo perímetro das folhas;
- Vidros instalados com ou sem baguetes, acomodados por guarnições de EPDM;
- Trilho superposto de nylon, que impede o desgaste do topo do trilho de alumínio e permite o acionamento suave e sem ruído das folhas;
- Foco em toda a cadeia do processo, otimizando as atividades do arquiteto, do construtor, do fabricante de esquadria e agregando valor ao cliente;
- Agilidade na fabricação e instalação das esquadrias valorizando tempo e custos.

#### **2.2.1.2 – No projeto:**

- Design exclusivo
- Excelente desempenho
- Variedade de tipologias
- Atendimento a grandes vãos
- Várias opções de acabamento
- Três opções de arremates internos
- Acessórios exclusivos que proporcionam facilidade no manuseio e grande durabilidade
- Garantia assegurada na qualidade do produto
- Inovação e reconhecido padrão internacional de design dos perfis de alumínio

## 2.2.2 – Serviços oferecidos pela HYDRO

- Suporte técnico em todas as fases do projeto
- Acompanhamento de um assistente técnico nas fases de fabricação (suporte ao fabricante de esquadrias) e instalação dos painéis na obra
- Fornecimento de relatórios periódicos de fiscalização

## 2.2.3 – Garantias do sistema

- Termo de garantia com validade de 10 (dez) anos a partir da data do contrato, mantidas as condições adequadas de conservação e manutenção.
- Todos os materiais, acessórios e partes especificadas estejam compatíveis entre si e adequadas as condições locais, comprometendo-se com o resultado global do sistema
- Falhas prematuras de material, devidas a fabricação inadequada do produto ou instalação imprópria, incluindo rebarbas ou ranhuras, variações dimensionais, torções ou curvaturas
- Substituição do material, no prazo de trinta dias de sua ciência do problema.

Este trabalho descreverá o projeto do sistema WICONA WICTEC EL que foi implementado no Edifício e-Tower São Paulo, um dos sete projetos desse tipo executados no Brasil. Essa seria a primeira grande obra do sistema, conforme informações da Hydro, e o primeiro projeto com painéis compostos de granito e vidro em um único elemento no Brasil.

## 2.2.4 – Componentes do Sistema Wicona Wictec EL

### 2.2.4.1 - Perfis de Alumínio

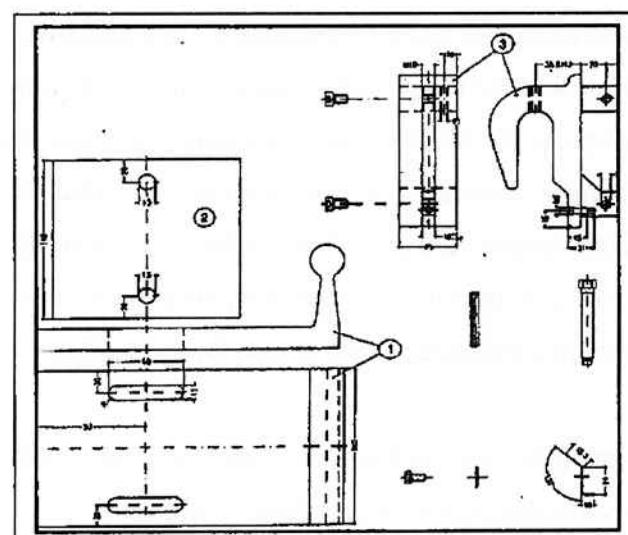
Fornecidos na liga 6060, extrudados, não devendo apresentar rebarbas ou ranhuras por defeito de ferramenta, nem, também, variações dimensionais, torções ou curvaturas e têmpera T5.

#### 2.2.4.2 - *Inserts* e Ancoragens

Os *inserts* são especificados em projeto, o qual indica suas posições para instalação, que podem ser colocados sobre a laje ou na lateral das vigas de periferia. Devem ser precisamente locados antes da concretagem da laje por topógrafo profissional.

Fabricados em chapas de aço USI SAC 250 com 12,5 mm de espessura, possuem vergalhões soldados nas chapas que ficam inseridos no concreto fabricados com aço GG50 com diâmetro de 16 mm. Possuem dimensões da chapa de aproximadamente 26 cm de comprimento e 15cm de largura, variando de acordo com o local a ser aplicado e a carga a que o mesmo será solicitado.

A estes *inserts* são ligadas as ancoragens, que receberão as cargas dos caixilhos e as transmitirão diretamente para a estrutura, como indicado na figura seguinte:



**Figura 8 – Componentes do sistema**

Na figura acima, 1 -Elemento de fixação dos painéis (ancoragem); 2 -Base soldada ao *insert* para apoio da ancoragem; 3 -Gancho para encaixe do caixilho ao elemento de fixação.

As ancoragens são dimensionadas a partir da tolerância de prumada exigida pela construtora que executará a estrutura do edifício. Se a construtora garantir que o máximo de desaprumo da fachada será de 40 mm, então se utilizam elementos com

vão de 40 mm para regulagem da prumada da fachada. Pode ser adotado também um desaprumo máximo igual a 60 mm, quando então executa-se o projeto com vão de 60 mm para regulagem da prumada da fachada.

#### 2.2.4.3 - Parafusos para as esquadrias

Os parafusos são escolhidos nas bitolas adequadas a cada uso; a preocupação com os problemas de corrosão é prioritária e para isso utilizam-se parafusos feitos com materiais que, além, de bem protegidos contra a agressão do meio, devem ter compatibilidade com o alumínio para evitar a possível corrosão como consequência da existência de um par bi-metálico. Fabricados em aço inoxidável austenítico – AISI – 304, devem ser pintados com a mesma cor do alumínio se aparentes.

#### 2.2.4.4 - Gaxetas, mantas de borracha e fitas isolantes.

As gaxetas são borrachas de EPDM utilizadas para garantir a vedação dos caixilhos e são fabricadas com base em desenhos que garantam o desempenho correto, conforme consta do projeto. O EPDM é um polímero sintético constituído pelo eteno e propeno, materiais derivados do craqueamento do petróleo, e que apresenta como características principais uma excelente resistência à ação das intempéries, ao ozônio e as altas e baixas temperaturas, possuindo, além disso, um baixo peso específico, o que possibilita uma variedade muito grande de aplicações.

As mantas indicadas em projeto, ou consideradas necessárias para complemento e garantia das vedações, são em Borracha de Silicone.

Para isolar o contato do alumínio com o aço, em qualquer caso em que o contato possa ocorrer, é aplicada uma fita isolante 3M – TARTAN – SCHOTCH-RAP incolor, separando os dois metais.

São utilizados no selamento interno dos caixilhos, entre os vidros e o alumínio e também entre caixilhos. O sistema de fixação dos vidros nas esquadrias é feito com base no emprego do silicone estrutural. A aplicação se faz utilizando máquinas apropriadas e mantidas em perfeito estado através de manutenção preventiva, conforme indicação do fabricante. As dimensões dos cordões de silicone são definidas com base nos cálculos dos esforços a que estarão sujeitos.

#### 2.2.4.6 - Granitos

Material tido como opcional no sistema, foi utilizado no projeto e-Tower como uma inovação. Com espessura de 30 mm., foram fixados dentro dos quadros através de cortes executados nas laterais das placas que se encaixam nos perfis de alumínio.

#### 2.2.4.7 - Vidros

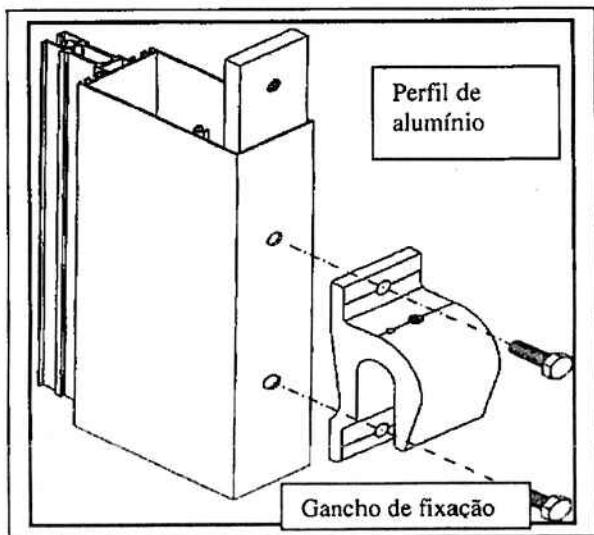
Dimensionados conforme as pressões atuantes nas várias fachadas do edifício. No *case* em questão, as pressões foram determinadas através de ensaios específicos realizados em túnel de vento, conforme descrito no capítulo 1 deste trabalho. Foram instalados com o auxílio de selantes e de gaxetas de EPDM.

#### 2.2.4.8 – Painéis

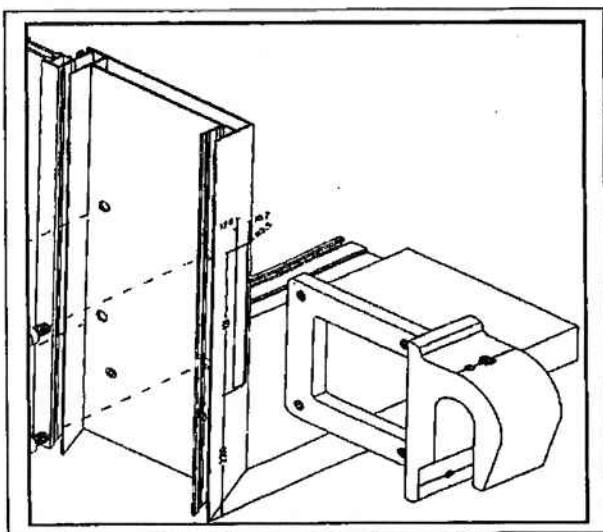
Constituídos por perfis tubulares cortados a 45°, unidos por conexões. O Sistema adota como padrão para os painéis a altura de piso a piso, e as larguras dos quadros podem sofrer alterações de modo a atender as necessidades de projeto.

Para montagem na estrutura, o sistema prevê ganchos que fixados nos painéis irão encaixar-se nas ancoragens. Além da rapidez na instalação o sistema permite ajustes finos de regulagem de nível e prumo dos módulos.

As figuras a seguir ilustram o sistema completo de fixação dos painéis:



**Figura 9 - Detalhe do perfil de alumínio e gancho frontal ao painel**



**Figura 10 - Detalhe do perfil de alumínio e gancho lateral ao painel.**

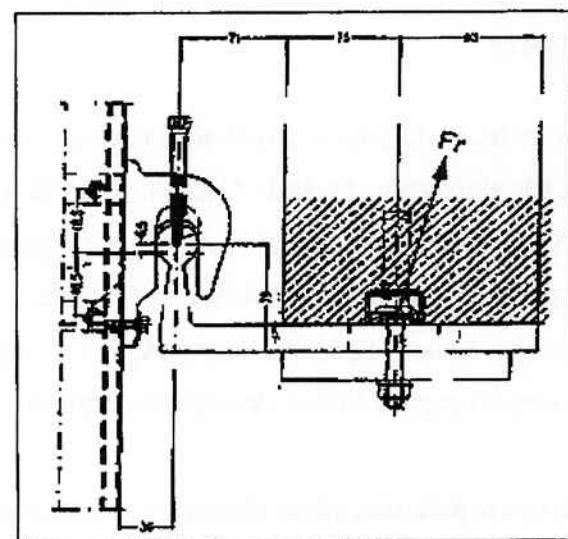


Figura 11 - Gancho (elemento fixação) sobre a laje.

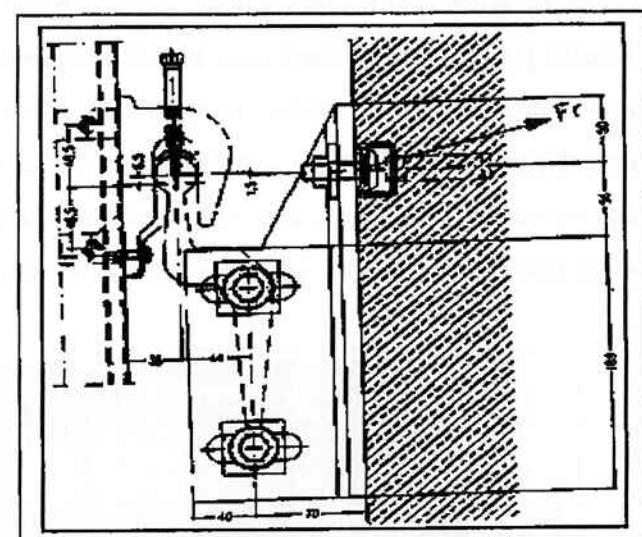


Figura 12 - Gancho (elemento de fixação) na lateral da viga.

### CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO

## CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO

### 3.1 – O PROJETO

Dada a grande variação do projeto arquitetônico, foram consideradas nomenclaturas para cada fachada do prédio: Fachada Coliseu, à direita de quem olha de frente e paralela à rua Coliseu; Fachada CPTM, à esquerda de quem olha de frente; Fachada Funchal, de frente para a rua Funchal e Fachada Fundos. Também serão considerados os três andares tipo, sendo tipos A, B e C, a partir da redução de áreas definidas pelo projeto arquitetônico e descritas no capítulo 1 deste trabalho.

Para os painéis foram definidas várias tipologias, descritas a seguir:

- Tipologia 01 – (Tipo A – fachada grelha): Ocorre entre o térreo e o nível 134,95: são painéis entre vãos, fixados entre o fundo da viga superior e o fundo do andar. Só contém vidros, que se integram a placas de granito fixadas pelo Sistema Americano, independentes dos painéis, que foram pré-montados com os vidros e instalados por dentro do prédio com assistência externa. Para a instalação em curva, foram montados perfis dos montantes em ângulo, com vidros planos. Todas as juntas horizontais entre granitos do Sistema Americano foram seladas junto aos painéis.

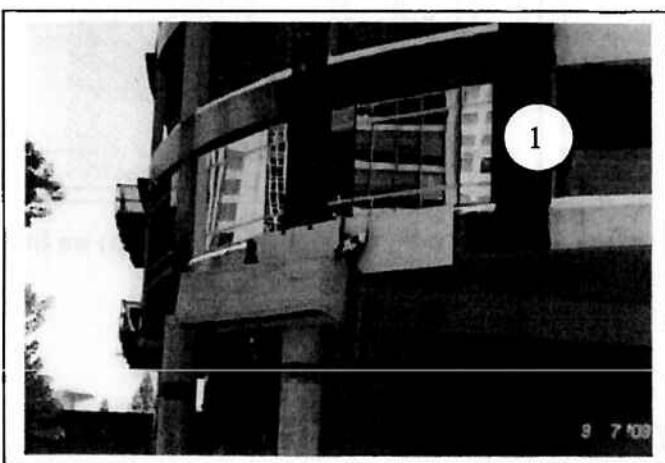


Figura 13 - Tipologia 1

- Tipologia 02 (Tipo A – fachada "CPTM": terraços) – somente emprega placas de granito fixadas pelo Sistema Americano;
- Tipologia 03 (Tipo A – fachada "CPTM": terraços) – painéis entre-vãos, até o nível 175,67, fixados ao fundo da laje do terraço acima e no piso do andar. Esses painéis incorporam placas de granito além dos vidros.

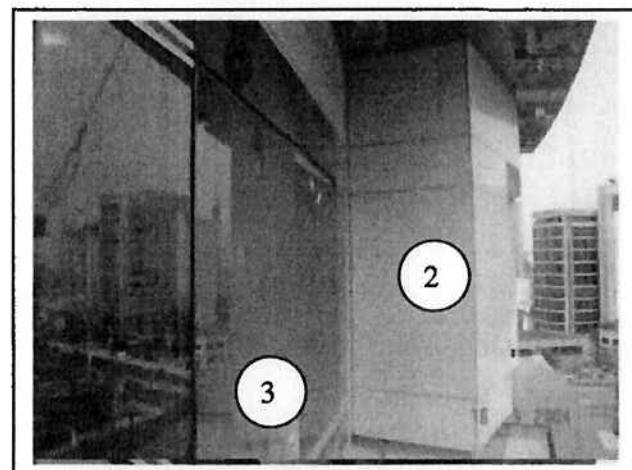


Figura 14 – Tipologias 2 e 3

- Tipologia 04 (Tipos A e B – fachada CPTM) – Corresponde a 03, porém no trecho onde não há os terraços. Os painéis têm largura variável.
- Tipologia 13 (Tipos B e C – fachada CPTM) – Similar à 04, porém com granito até a altura do peitoril.

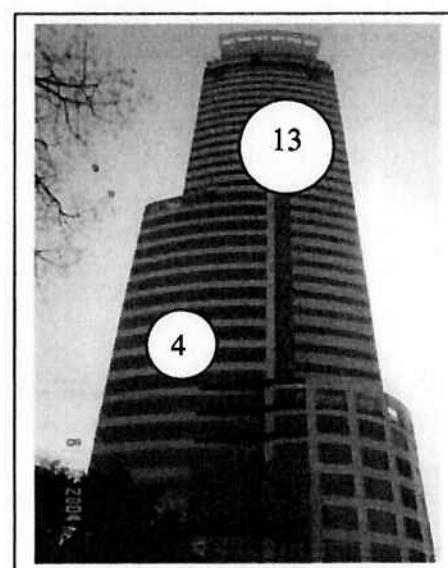
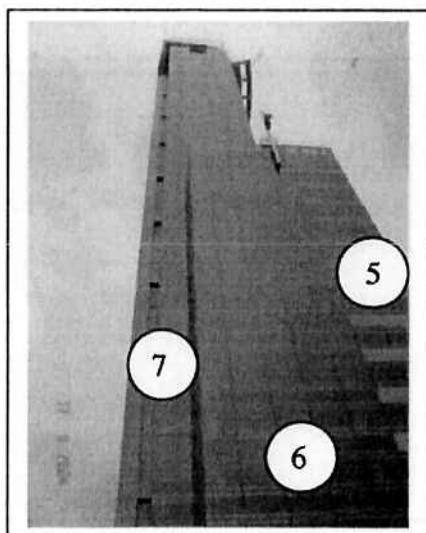


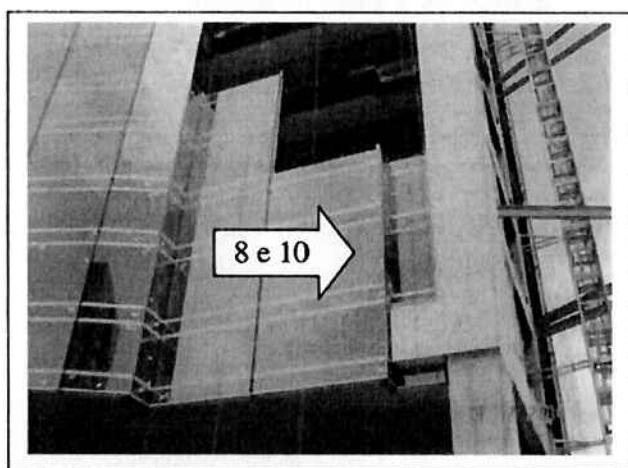
Figura 15 – Tipologias 4 e 13

- Tipologia 05, 06 e 07 (Tipos A e B para 05 e 06 e Tipo C para 07 – fachada fundos) – são semelhantes, pois se localizam em regiões em que a solução da estrutura de concreto é idêntica. Na do tipo 05 a fachada é em granito e vidros e nas do tipo 06 e 07 é em apenas vidros.



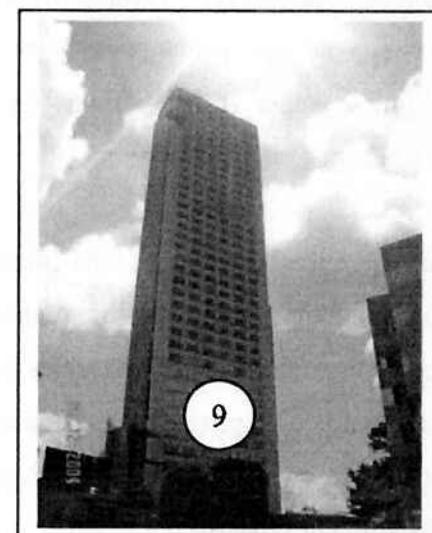
**Figura 16 – Tipologias 5, 6 e 7**

- Tipologias 08 e 10 (Tipos A, B e C – fachadas Funchal e Fundos) – São casos particulares em que ocorre uma reentrância na fachada, e a cada três pavimentos há uma "caixa" de granito fechando essa reentrância.



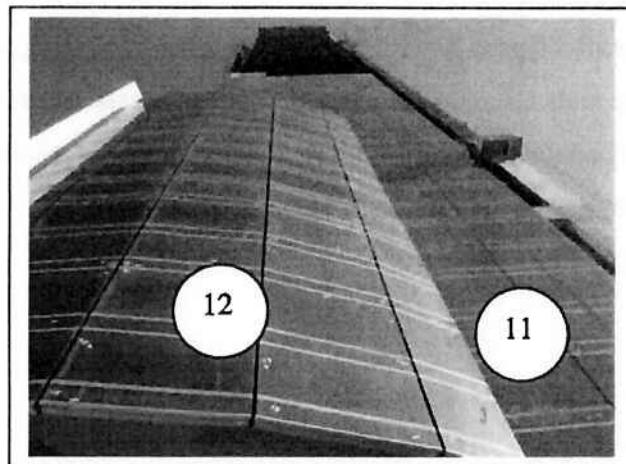
**Figura 17 – Tipologias 8 e 10**

- Tipologia 09 (Tipos A, B e C – fachada Coliseu) – Fachada composta por granito fixado no sistema americano nos pilares de borda, e em painéis compostos por granito e vidro entre esses pilares.

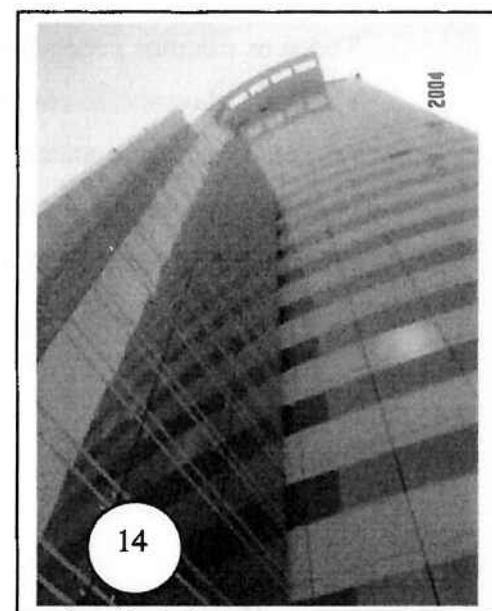


**Figura 18 – Tipologia 9**

- Tipologia 11, 12 e 14 (Tipos A e B – fachada Funchal) – são semelhantes às 05, 06 e 07, porém a solução da estrutura de concreto é diferente, resultando em diferentes detalhes para a barreira corta fogo e o isolamento térmico.



**Figura 19 Tipologias 11 e 12**



**Figura 20 – Tipologia 14**

Para a instalação dos painéis, exceto nas tipologias entre vãos, as ancoragens de suporte foram fixadas em *inserts* embutidos nas lajes antes da concretagem.

Nos painéis compostos de granito - Tipologias 04, 05, 09 e 13 - foi instalada por trás da pedra uma chapa de aço galvanizado para capturar a umidade resultante da penetração de água e vapor d'água através da pedra conduzindo a água para o exterior através de drenos na parte inferior.

Foram instaladas barreiras antichamas nos locais onde existiam possibilidades de passagem de chamas entre um pavimento e o andar superior - Tipologias 05, 06, 07, 10, 11 e 14 - onde a estrutura de borda das lajes não previu viga em concreto por trás do fechamento entre a laje de piso e o forro abaixo. Essa exigência atende às normas do corpo de bombeiros, que exigem um plano à prova de fogo com altura mínima de 1,20m entre um pavimento e outro.

O isolamento acústico foi instalado de acordo com projeto específico do consultor de acústica. A barreira entre os dois pavimentos foi integrada à barreira antichama. As áreas de alvenaria e concreto por trás das placas de granito fixadas pelo Sistema Americano foram impermeabilizadas.

Todos os cálculos necessários para dimensionamento dos inserts e ancoragens foram elaborados levando-se em consideração o peso real dos módulos e a pressão e sucção resultantes ao vento atuante nas fachadas. Para o cálculo da geometria, espessuras e características estruturais dos perfis adotados, o fornecedor levou em consideração as pressões exercidas em vários pontos das fachadas (verificar ANEXO A).



**Figura 21 - Vista panorâmica do edifício em obras.<sup>6</sup>**

### **3.2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS COMPONENTES**

#### **3.2.1 – Alumínio**

Fornecido na liga 6060, com 95% de pureza. Os perfis foram extrudados através de ferramental adequado e em bom estado, afim de que não apresentassem rebarbas ou ranhuras por defeito de ferramenta, variações dimensionais, torções ou curvaturas. As mesas e bancadas onde os perfis foram manipulados eram forradas com carpete. Os cortes foram precisos e as meias esquadrias se ajustaram obrigatoriamente para que as juntas não apresentassem diferentes espessuras ou desencontros.

<sup>6</sup> A foto da figura 13 foi feita em 15/01/04, quando da execução simultânea da estrutura e da fachada.

Segundo informações do memorial descritivo da AEC, as características inerciais dos perfis – momento de inércia e módulo de resistência – foram determinadas a partir das considerações dos aspectos estruturais de dimensões, posição e solicitações de acordo com a NBR 10.821 e EB – 1968, além de atender as cargas referentes às pressões de vento.

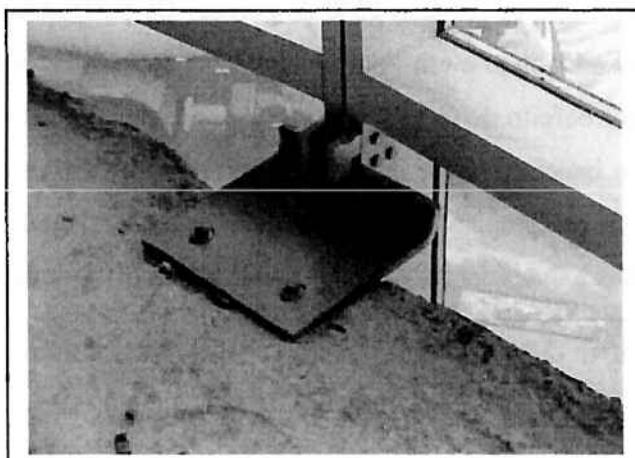
Os perfis de alumínio foram anodizados pela ANOCOLOR TRATAMENTO ANÓDINO DO ALUMÍNIO LTDA.



**Figura 22 - Vista parcial do estoque de perfis de alumínio no canteiro**

### **3.2.2 – Chumbadores, *inserts* e ancoragens.**

Para fixações das ancoragens na estrutura, no caso das lajes até o oitavo pavimento, foram utilizados chumbadores químicos aplicados respeitando-se as distâncias da borda do elemento estrutural em que se inseriram, e foram assim definidas no projeto. Para as lajes acima, os *inserts*, projetados pela HYDRO e fornecidos pela instaladora, foram locados antes das concretagens. Todas as ancoragens foram fabricadas em aço USI SAC 250.



### 3.2.3 – Parafusos

A preocupação com os problemas de corrosão foi prioritária. Assim, os parafusos deveriam ser de materiais que, além de bem protegidos contra agressão do meio, deveriam ter compatibilidade com o alumínio, para evitar possível corrosão ocasionada pela existência de um par bi-metálico. Para isso, foram utilizados parafusos de aço inoxidável AISI 304, estampados a frio.

### 3.2.4 – Gaxetas de EPDM

A borracha que compõe as gaxetas é composta de EPDM com teor máximo de cinzas 7%, com as seguintes características físicas, de acordo com o memorial descritivo da AEC:

- Alongamento de ruptura: 250 %
- Ruptura à tração: 60 kgf/cm<sup>2</sup>
- Deformação permanente à compressão: 20%
- Resistência ao ozônio: não deve apresentar *fendilhamento* no teste.

Para aceitação, o fornecedor apresentou aprovação do material aos seguintes testes:

- Deformação permanente na compressão a 70°C ASTM D-395 Método B;
- Alongamento na ruptura, rasgamento: conforme ASTM D-2000-80;
- Medição de Dureza Shore;
- Teste de resistência ao ozônio: ASTM D-1149 – ensaio a 50 PPCM de ozônio a 40°C durante 70 horas – corpo alongado 20% - 0,3 "

As emendas das gaxetas foram feitas com cantos a 45°, obrigatoriamente vulcanizadas e sem aberturas ou intervalos.

Para se evitar deformações e variações no comprimento das gaxetas, principalmente o encolhimento das peças, adotaram-se os seguintes cuidados:

- Não deveriam ser enroladas ainda quentes, após o processo de extrusão;
- Os rolos não poderiam ser amarrados com borrachas, fios de arame, cordoalhas ou materiais finos, mas sim com fitas de polietileno largas;
- Ao abrir cada rolo o operário deveria cortar as fitas e evitar transportar ou puxar a borracha tracionando-a, mas sim desenrolar a peça sem estica-la;
- Deveriam ser estocadas sem empilhar muitos sacos, em local onde não pudessem ser pisadas.
- Deveriam ser cortadas na véspera do dia em que seriam utilizadas, com cortes 2,5 a 3,0 centímetros maior que o comprimento de uso e ficar em repouso durante a noite. O corte e o recorte final seriam feitos só no momento do uso, e não poderiam ser esticadas quando colocadas.

### **3.2.5 – Mantas de borracha**

As mantas, indicadas em projeto, consideradas necessárias para complemento e garantia das vedações, são de borracha de silicone com baixo teor de cargas e extrudadas.

### **3.2.6 – Fitas isolantes**

Para isolar o contato do alumínio com o aço (par bi-metálico), foram utilizadas fitas nas seguintes condições:

#### **3.2.6.1 – Para isolamentos de apoios limitados na largura e superfícies planas:**

Fita SCOTCHRAP MR 50, aplicada em uma só camada, colada em um dos elementos, ficando o outro elemento apoiado sobre ela, de modo a não haver qualquer contato entre os dois materiais. Deve ser usada principalmente no caso do isolamento entre o perfil de alumínio do quadro e a chapa de aço galvanizado que serve de fundo ao granito.

3.2.6.2 – Para os isolamentos de ancoragens, apoios sobre perfis de aço, apoio dos painéis sobre as ancoragens:

Fita de Bopp Scotch 373. Esta fita é bastante flexível e tem boa aderência ao aço. Foi aplicada enrolada em espiral de modo a resultar, no mínimo, uma camada dupla da fita separando os dois metais. Segundo o fabricante, possui as seguintes características:

- Dorso: filme de polipropileno bi-orientado (BOPP)
- Adesivo: à base de resina e borracha, sensível à pressão
- Adesão à placa de aço: 60N/100mm de largura
- Resistência à tração: 530N/100mm de largura
- Espessura total: 0,065 mm
- Alongamento da ruptura: 150%
- Cisalhamento ao papelão: + 5000 minutos

### 3.2.7 - Selantes

Foram utilizados para selamento interno dos painéis entre os vidros e alumínio e entre os painéis e granito selantes de silicone das marcas DOW-CORNING e RHODIA. A aplicação dos selantes em locais que exigiam limitação para controle do consumo foi feita sobre cordão de material compatível com o selante, isento de óleos, tipo cordões de Tarucel ®, com seção circular. Não poderiam ser aplicados selantes que estivessem armazenados há mais de seis meses.

Para limpeza foram utilizados panos de algodão embebidos em álcool isopropílico, que deveriam estar em grande quantidade disponíveis para evitar o uso de panos sujos. Foram limpas as frestas das juntas de todas as superfícies que receberiam silicone. Após a aplicação do álcool, um pano limpo seria utilizado para secar a superfície, aplicando-se então, imediatamente, o silicone. Para proteger o alumínio e o vidro foram utilizadas fitas crepe na largura adequada. No vidro a fita foi deixada um pouco acima da superfície do alumínio para que o selante tivesse um acabamento com uma leve inclinação para fora.

Todos os furos de parafusos ou rebites “pop” foram vedados com selantes.

### 3.2.8 – Selantes estruturais

A fixação dos vidros nas esquadrias foi feita com silicone estrutural bicomponente da Dow-Corning tipo DC-983, utilizando-se para isso uma máquina especial. As dimensões dos cordões de silicone foram definidas com base no cálculo dos esforços a que estariam submetidos.

### 3.2.9 - Granitos

Os granitos aplicados nos painéis pré-fabricados são de procedência nacional, um deles o Granito Branco Ceará, oriundo do estado que lhe dá o nome e o outro, Granito *Blue Star*, procedente do Estado de Rondônia.

O fornecedor providenciou a contratação das jazidas de uma só vez. Para que pudesse garantir o volume total necessário, cada jazida deveria ter capacidade para execução dos serviços com folga da ordem de 100% do volume necessário. Um representante da construtora foi pessoalmente visitar a jazida e receber os blocos juntamente com a DGG Consultoria.

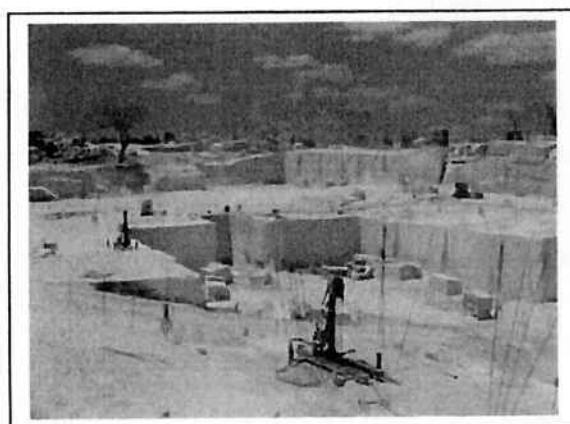
As placas deveriam apresentar superfície uniforme quanto à granulação, cor, tonalidade e acabamento, sem trincas, perfeitamente planas e regulares, e com dimensões de acordo com o projeto. Para aprovação do material, foram solicitados pela DGG Consultoria os seguintes ensaios, a partir de amostras recolhidas diretamente na jazida:

- Determinação de resistência à flexão: mínimo de 11 MPa;
- Determinação da resistência ao impacto de corpo duro: média de 40 cm;
- Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear segundo a NBR 12765;

- Determinação de resistência à flexão: mínimo de 11 MPa;
- Determinação da resistência ao impacto de corpo duro: média de 40 cm;
- Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear segundo a NBR 12765;
- Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água aparente: máxima de 0,40%;
- Determinação da resistência a compressão uniaxial: mínimo de 125 MPa;
- Análise petrográfica segundo a NBR 12768.

Também como condições de aceitação, e conforme disposição da DGG Consultoria, foram observados os seguintes itens de verificação:

- Os blocos deveriam ser obrigatoriamente serrados numa só direção, paralela a formação geológica da rocha;
- As placas não poderiam apresentar rachaduras, emendas, retoques de massa e/ou cola, veios e manchas capazes de comprometer seu aspecto estético ou resistência e outros defeitos quaisquer. Todo cuidado foi tomado para que, na escolha e seleção do material, bem como na colocação, não existissem elementos isolados, cuja coloração ou textura dessem a impressão de manchas ou defeitos;
- A espessura de cada placa variou no máximo entre 30 e 33 milímetros, e a altura, o comprimento e o esquadro de cada placa medido na diagonal, tiveram uma variação máxima de mais ou menos um milímetro;
- A planicidade de cada placa, que foi verificada com régua de alumínio nas duas direções, teve uma variação máxima de mais ou menos um milímetro.



**Figura 24 - Vista panorâmica da jazida de granito Branco Ceará.**

A embalagem e o carregamento das placas no transporte até a fábrica de painéis foi executado com extremo cuidado para evitar danos durante o percurso.

As placas foram entregues na fábrica de painéis instalada no canteiro da obra de acordo com o cronograma de montagem, de maneira a não atrasar o andamento da obra. Foram acomodadas sobre cavaletes metálicos adequados ao tamanho delas, com a devida proteção de borracha, em posição inclinada e com tiras de isopor entre elas para evitar riscos. Também, foram dispostas com a face acabada para o lado visível, ou seja, ficaram apoiadas na aresta da superfície não acabada, a fim de evitar lascas ou fissuras nas bordas acabadas, identificando-se com giz de cera as duas faces laterais. Cuidados foram tomados também no sentido de não se usar calços ou material de embalagem que pudessem causar manchas ou descoloração das peças.

Cada cavalete podia, no máximo, armazenar um volume de material equivalente a 1.000 kg., incluindo-se neste valor o peso do próprio cavalete, e deveria conter placas de granito que formassem um ou mais painéis completos.

Por contrato, o fornecedor deveria garantir uniformidade de cor e tonalidade no revestimento de granito, esforçando-se no sentido de controlar, de forma rígida, a extração, o beneficiamento e a colocação do material, e obrigando-se a substituir sem qualquer ônus, a critério da construtora ou da consultoria, todas as pedras que apresentassem defeitos, variações de cor entre si e com acabamento de superfície discrepantes e conflitantes.

O material fornecido é garantido pelo prazo de 10 anos contra deterioração ou aparência inaceitável, decorrente de problemas apresentados por materiais defeituosos ou fora das especificações e ainda de mão de obra, e finalmente contra falhas prematuras de material devidas a beneficiamento e fabricação inadequados ou

cálculos indicassem espessuras menores em alguns casos, principalmente onde ocorre encontro lateral entre vidros.

Para aprovação do fornecedor, foram enviadas ao arquiteto e ao consultor de fachadas amostras em peças de 30 por 30 centímetros. Os coeficientes necessários para os vidros laminados refletivos são os seguintes, segundo a AEC:

VIDROS LAMINADOS REFLETIVOS	AZUL	PRATA
Transmissão luminosa (TL)	$\geq 25\%$	$\geq 20\%$
Refletividade externa (Re)	$\leq 20\%$	$\leq 25\%$
Refletividade interna (Ri)	$\leq 25\%$	$\leq 28\%$
Absorção energética (AE)	$\leq 68\%$	$\leq 68\%$
Coeficiente de sombreamento (CS)	$\leq 35\%$	$\leq 40\%$
Transmissão energética "U" verão (Uv)	$\leq 5,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$\leq 6,0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

**Tabela 2** - Coeficientes mínimos necessários para aprovação das características dos vidros laminados refletivos

Ainda conforme informações da AEC, os vidros foram fabricados a partir dos seguintes critérios:

- Os refletivos são monolíticos “float” com metalização aplicada por processo “off line” com controles de qualidade que garantam as características óticas do vidro: brilho e homogeneidade de cor, desempenho térmico, etc
- A laminação se processou utilizando-se os equipamentos adequados: esteiras de lavagem, câmara refrigerada, sala limpa, estufas, calandras e autoclave.
- O corte final dos vidros se fez em mesa de corte utilizando equipamento e instrumentos de qualidade e manuseio por pessoal treinado. As bordas dos vidros laminados foram lapidadas em equipamento adequado

Segundo o arquiteto Paulo Duarte, as chapas de vidro são inspecionadas conforme a norma brasileira NBR 11.706. Na tabela 39 um plano de amostragem simples define com base em cálculos estatísticos o lote de amostragem e as condições de aprovação ou recusa do lote. Determinado o lote (número de chapas), a tabela define quantos vidros devem ser inspecionados (tamanho da amostra), e destes o número de chapas defeituosas que ainda permite aceitar o lote e o número de chapas defeituosas que implica na rejeição do lote. O conceito estatístico é que deve ocorrer um padrão de recusas de modo que a proporção entre um número de peças recusadas e o total do lote esteja dentro de parâmetros de aceitação para o material/produto que se inspeciona. Assim, o Nível de Qualidade Aceitável – NQA – utilizado foi de 2,5 (tipo de vidro "float", termorefletor).

Nos relatórios de inspeção feitos pela AEC foram indicados os números dos lotes, o número de peças por lote, o número de peças inspecionadas e o número de peças recusadas mantendo a aceitação do lote. A recusa do lote implicará no fato de que o fornecedor deverá compor novos lotes utilizando os vidros do lote recusado juntamente com outros vidros, de modo a apresentar novos lotes para inspeção, sendo ainda obrigação do fornecedor, apresentar para inspeção lotes cujos vidros atendam as normas brasileiras.

Os vidros foram inspecionados verificando-se a ausência de defeitos de planicidade, tolerância das dimensões, esquadro, transparência, riscos e outras marcas, refletividade, marcas na camada metalizada nos vidros refletivos – trincas e fissuras, tratamento de bordo.

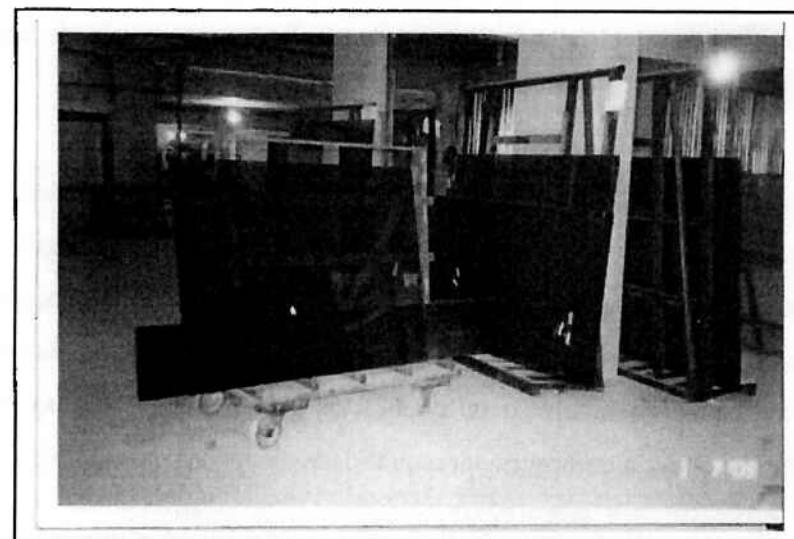
O fornecedor etiquetou os vidros com etiquetas coloridas, correspondendo a diferentes espessuras e indicando os painéis e os pavimentos em que deveriam ser instalados.

Após a inspeção pela AEC, os vidros foram novamente etiquetados, indicando quais foram realmente inspecionados e quais os pertencentes a um lote inspecionado e aprovado. Como consequência, a aprovação do lote não significava que todos os

vidros do lote não apresentassem defeitos que justificassem sua recusa. Por se tratar de inspeção por amostragem com base estatística, o resultado apresentado significou que num lote de 50 vidros foram inspecionados 10 vidros encontrando-se 1 com defeito, enquanto que em 100 vidros poderiam ser encontrados dois com defeito, etc.

Como exemplo dessa inspeção, a seguir estão os resultados verificados no dia 28/04/03:

- Lote: 190 peças de vidros laminados refletivos
- Amostragem: 32 peças
- Resultado: 188 peças aprovadas para entrega na obra e duas peças recusadas: uma com risco profundo e uma com trinca interna.



**Figura 26 - Armazenagem dos vidros**

### **3.3 – PLANEJAMENTO DA MONTAGEM**

**3.3.1 – Instalação da fábrica no canteiro: equipamentos, escritórios, almoxarifados, transporte interno, pátio de cura e área de estoque:**

A instalação da fábrica no canteiro iniciou-se pela definição do local mais apropriado. Para isso, levou-se em consideração a área necessária, que deveria ser bastante ampla, e a capacidade estrutural da laje. Assim, a laje do 1º sub-solo do setor B (futura área técnica do edifício) foi a escolhida, pois foi dimensionada para receber equipamentos para co-geração de energia do edifício e em razão disso se destinaria a sustentar os pesados equipamentos necessários para a fabricação das peças. Uma área do Setor A (torre) do 1º sub-solo foi destinada para receber o estoque dos materiais componentes (perfis, vidros, granitos, gaxetas, etc) enquanto que para estoque dos quadros prontos foi utilizada uma área no 2º sub-solo, igualmente no setor A das garagens.

Além da área de fabricação, incluindo-se nela o pátio para cura do silicone bicomponente, foi instalado um almoxarifado para peças pequenas do fabricante, um escritório do empreiteiro e um amplo escritório para a ALGRAD, fabricante dos painéis e responsável pela montagem das fachadas, composto de sala de reuniões e sala de projetos.

O içamento dos painéis pré-fabricados foi o maior obstáculo da etapa de planejamento da montagem da fachada. Em razão de sua dimensão, a maioria com tamanhos de 3,70 x 2,50 metros e peso de 700 quilos, os painéis não podiam sofrer nenhum tipo de avaria no transporte, pois uma simples deformação nos montantes ou nas travessas poderia trincar ou quebrar as placas de vidro, e um simples esbarrão dos painéis poderia comprometer a qualidade das peças de granito.

Como a grua da obra era utilizada para a execução da estrutura em praticamente todo o tempo e não teria portanto disponibilidade para esse fim, a primeira opção foi de se içar os painéis por fora do prédio, através de guinchos instalados na estrutura, que seriam deslocados conforme a execução da estrutura. Essa idéia surgiu a partir da execução da sede do Banco de Boston em São Paulo, projeto pioneiro de painéis pré-fabricados na fachada, igualmente executada pela ALGRAD, porém com peças menores e mais leves, pois nelas utilizou-se somente alumínio e vidro.

Essa proposta, porém, foi descartada de pronto, tendo em vista a altura do prédio e as consequentes interferências de vento, o que viria a comprometer a segurança e interromperia muitas vezes o processo de produção conforme as condições do tempo. A segunda opção foi instalar-se um guincho dentro do prédio, em um dos poços dos elevadores da zona alta (19º ao 35º andares). Essa opção foi amplamente estudada, pois dependia de adequações de nível do piso da laje em relação ao fundo do poço dos elevadores, espaço para manobra dos carrinhos com os painéis prontos, equipamento de içamento compatível com as dimensões do poço e, principalmente, das condições de segurança, em face da execução simultânea da estrutura.

Após várias considerações técnicas, esta opção foi também descartada, e o principal motivo foi a impossibilidade de se instalar um guincho com as dimensões necessárias para içamento dos painéis no espaço disponível nos poços, isto, segundo a ALIMACK DO BRASIL LTDA, fabricante e locadora de guinchos tipo cremalheira para a construção civil.

Partiu-se então para uma terceira opção, também de içamento externo, o que seria feito através de um guincho tipo cremalheira especialmente projetado para suportar as cargas atuantes dos diversos tipos de painéis, com variações de peso e dimensões.

Para concepção, projeto e fabricação do guincho tipo cremalheira, foram necessários seis meses de estudos, envolvendo o fabricante do equipamento, a ALGRAD, a equipe de produção da obra e a fiscalização da Delegacia Regional do Trabalho. Vários questionamentos foram feitos para que se atendessem as condições de segurança não só do transporte, mas da colocação das peças no equipamento no pavimento térreo e retirada nos respectivos locais de instalação.

E, para não paralisar de vez o processo de montagem, enquanto o equipamento não ficou pronto, os painéis foram içados provisoriamente pôr um pórtico de carga fixo, instalado no 8º pavimento, com capacidade de carga de 1.000 quilos e velocidade de 5m/min. O içamento foi feito com cautela, e, por motivo de segurança, foram presas

cordas guias para evitar movimentos bruscos do painel em razão da ação do vento sobre ele, até a chegada no pavimento onde seria instalado.

Após a aprovação do equipamento, o segundo obstáculo foi o local para instalação, que deveria permitir nos andares a perfeita retirada das peças sem interferências das vigas de borda das lajes. Definiu-se a Fachada Funchal (frente do prédio) para essa instalação. Esse, porém, se constituiu no primeiro grande equívoco, pois a partir do 9º andar a estrutura sofria uma alteração e as vigas de borda eram mais altas, comprometendo o vão de passagem para os módulos. Todo o serviço para montagem da torre e do guincho ficou comprometido, e mais quatro semanas foram necessárias para a transferência do equipamento para o local definitivo, no trecho entre os pilares números 21 e 22 (Fachada Coliseu), entre as vigas para fixação da grua. Também foi necessária a instalação de um guincho provisório, além da cremalheira de transporte de pessoal já instalada anteriormente.

Porém, apesar de todos os estudos para projeto da cremalheira especial e do equívoco da instalação em local errado, quatro painéis que compunham as fachadas Funchal e Fundos definitivamente não caberiam no equipamento, e só poderiam ser içados por fora dependendo de condições ideais de tempo. Esse procedimento acabou por ser aceito porque o número de painéis maiores seria ínfimo em comparação ao número total da obra, não afetando ainda mais o já comprometido cronograma de execução dos serviços e principalmente por que o custo da fabricação de um equipamento maior para poucos painéis inviabilizaria de vez o serviço.



**Figura 27– Montagem da cremalheira especial na fachada Coliseu.**

O projeto do canteiro contendo a cremalheira especial para transporte dos painéis, bem como a posição da grua e da cremalheira convencional para transporte de pessoal, material e ferramentas é o ANEXO C deste trabalho.

**3.3.2 – Análise dos requisitos de segurança na fabricação, transporte e instalação conforme NR-18 e adequações necessárias ao projeto:**

Após a definição do projeto do equipamento de içamento, o próximo passo foi sua aprovação pela Delegacia Regional do Trabalho/SP. Além disso, seriam necessárias adequações às normas de segurança, levando-se em consideração a impossibilidade de instalar bandejas secundárias e o não fechamento das periferias das lajes para a instalação dos painéis pré-fabricados.

Para isso, por solicitação da TECNUM CONSTRUTORA, realizou-se uma reunião com representantes do SINDUSCON-SP (Sindicato das Indústrias da Construção Civil), SINTRACON-SP (Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil) e os auditores fiscais do trabalho da DRT-SP (Delegacia Regional do Trabalho), dia 01/04/2002. Nesta reunião, formou-se a comissão tripartite, que seria responsável pela fiscalização e aprovação das condições de segurança para montagem da fachada do empreendimento. Nessa oportunidade foram propostas as seguintes condições para viabilizar os trabalhos:

- O fechamento de todos os pavimentos junto à escada de acesso, até que se concluisse a montagem dos painéis, e que deveria ser feita exclusivamente por trabalhadores autorizados a executar esse tipo de serviço;
- A instalação de cabos-guia de aço, em cada pavimento, firmemente tracionados por esticadores, a aproximadamente 3 metros da periferia, no qual seriam acoplados cintos de segurança tipo pára-quedista retráteis, enquanto os instaladores dos painéis estivessem trabalhando. O trabalho de

instalação seria feito por empresa terceirizada e contaria com no máximo oito trabalhadores;

- A utilização de telas removíveis de proteção contra queda de materiais, cuja montagem seria feita no local de execução da estrutura e se prolongaria por dois andares imediatamente abaixo.

A comissão tripartite, em contrapartida, exigiu da construtora as seguintes providências:

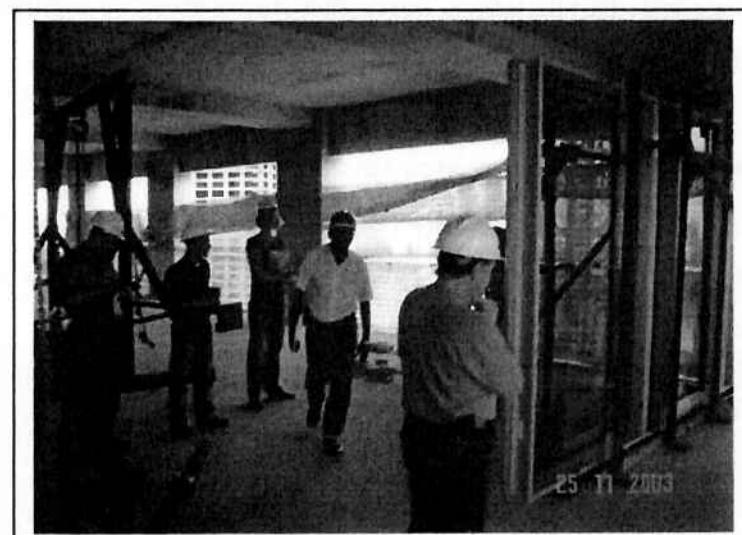
- Plano para movimentação vertical de cargas;
- Projeto específico das instalações propostas pela construtora;
- Organizar e manter em perfeito funcionamento um Comitê de Qualidade e Segurança no canteiro, que deveria ser composto pelos prepostos de todas as empresas sub-contratadas com atividades na obra;
- Manter no canteiro o curso de alfabetização disponível a todos os funcionários, criado pela construtora para atender também aos moradores da comunidade vizinha (Rua Coliseu);
- Manter um técnico de segurança específico para a empresa responsável pela fabricação e montagem dos painéis pré-fabricados, e para cada empresa sub-contratada que possuísse na obra mais de cinqüenta funcionários;
- Os operadores da grua, sinaleiros e operadores dos guinchos tipo cremalheira deveriam ser devidamente habilitados, conforme modelos e orientação fornecidos pela DRT/SP.

Ficou estabelecido também que uma reunião seria agendada com a Comissão Tripartite tão logo se definisse a empresa responsável pelos serviços da fachada; essa reunião deveria contar com a presença do responsável técnico da obra e representante da diretoria da construtora. Os acordos seriam desfeitos caso houvesse descumprimento de pontos compromissados.

Para completar as disposições de segurança, foi feita uma ampla análise dos riscos operacionais relativos aos serviços da fachada, que resultou em dois planos específicos para controle da segurança e saúde ocupacional:

- Montagem de caixilho da linha *unitised*; -
- Fabricação de “placas unitizadas” (nome definido pelo sistema para os painéis pré-fabricados) de alumínio para fachada.

Esses planos de controle específicos para a atividade de montagem de painéis pré-fabricados na fachada se somou aos demais mecanismos de controle já existentes no Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança e Saúde Ocupacional da TECNUM CONSTRUTORA, e são objetos dos ANEXOS C e D deste trabalho.



**Figura 28 - Validação pela Comissão Tripartite do procedimento de descarga dos painéis nos locais de instalação.**

### **3.3.3 - Seqüência de fabricação, içamento, armazenamento e instalação:**

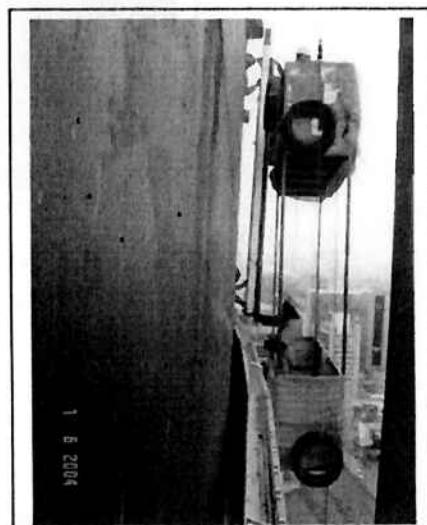
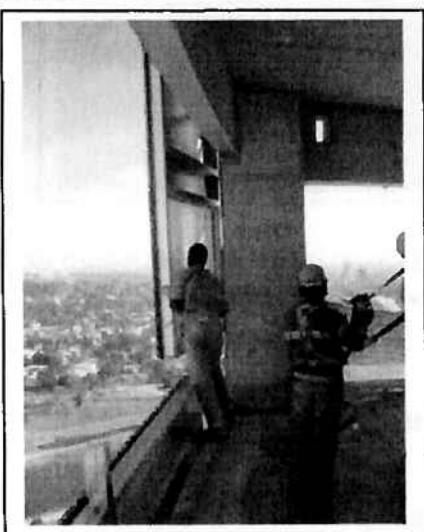
O planejamento do processo de montagem, a partir da fabricação efetiva dos painéis, foi feito ao longo da execução da estrutura, isto é, a torre seria envolvida pelos painéis conforme a estrutura fosse subindo.

As lajes eram executadas escoradas com torres metálicas, e, re-escoradas com escoras metálicas até três pavimentos abaixo da laje em execução.

Assim, a fachada deveria ser montada no mesmo sentido, com produtividade constante, afim de se criar condição segura para os trabalhos internos, como as instalações hidráulicas, elétricas e de ar condicionado.

Os painéis seriam fabricados conforme projeto executivo do fabricante aprovado pela AEC e içados para o local de instalação sempre com uma defasagem de três lajes acima do pavimento em que estivesse sendo montado. Enquanto aguardavam o momento da montagem na fachada, ficariam armazenados nas lajes em áreas restritas aos funcionários da montadora, consoantes dispositivos de segurança acordados com a comissão tripartite.

A montagem da fachada precisou ser adequada às reais condições de fornecimento das peças. O início dos demais serviços internos bem como os prazos de execução ficaram então comprometidos, por motivos a serem descritos no item 3.4 deste trabalho.



**Figura 29 – Momento da instalação de um painel na fachada.**

**Figura 30 – Idem visto pelo lado externo do prédio.**

### 3.4 – ESTRUTURA DA FÁBRICA

A área de produção dos painéis pré-fabricados ocupou um espaço de aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup>, e foi instalada no primeiro sub-solo da obra.

Antes porém de se estruturar a fábrica no canteiro, foi necessário um treinamento adequado para o pessoal onde levou-se em consideração desde os detalhes do projeto até os procedimentos especiais da minuciosa inspeção de todo o processo.

Na fase de fabricação, foram utilizadas serras automáticas, prensas pneumáticas, fresadoras, pantógrafos, furadeiras de bancadas, refiladeira, rosqueadeira e uma máquina especialmente desenvolvida para mistura dos dois componentes do silicone estrutural usado na colagem dos vidros e na fixação do granito nos painéis.

Para o transporte horizontal das peças, foram usadas mesas móveis, empilhadeiras e carrinhos especiais, especialmente fabricados para o transporte de painéis prontos até a área de estoque.

Para transporte e colagem das peças de vidro e granito nos painéis, foi instalada na fábrica uma ventosa pneumática com capacidade para 800 kg. Um pórtico com uma talha acoplada com capacidade de 1.000 kg transportava os painéis com os elementos colados até as mesas, onde permaneciam em processo de cura por 24 horas.

A mão de obra envolvida na fabricação era composta de pessoal especializado para cada equipamento. Eram na verdade operadores de máquinas, isto é, oficiais, de prensa, refiladeira, máquinas de corte e pantógrafo.

Para a montagem dos quadros, um encarregado com conhecimento do projeto coordenava a produção nas cinco linhas de montagem. Para cada linha de montagem, um oficial: quadros, travessas, folhas<sup>7</sup>, colagem do vidro e fixação do granito.

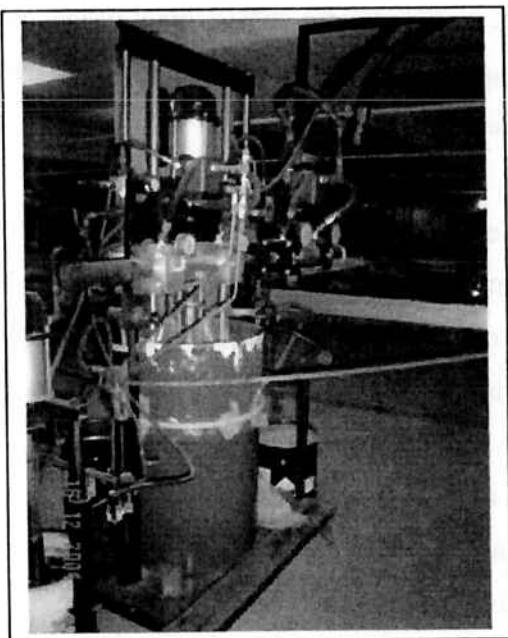
---

<sup>7</sup> Folhas são as peças nas quais foram colados os vidros para posterior fixação nos painéis.

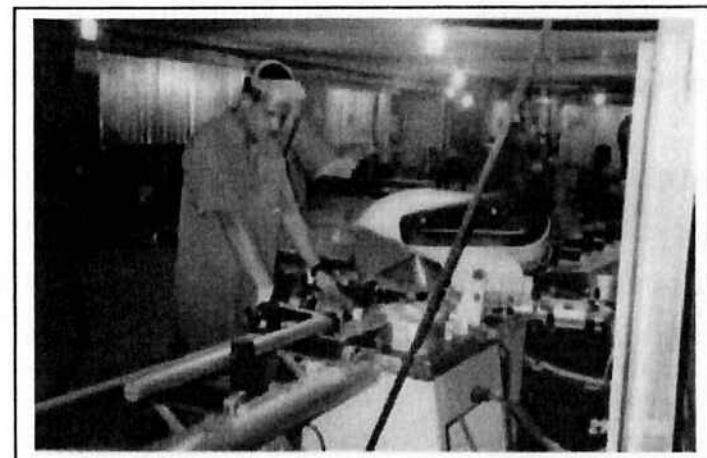
A estrutura da fábrica no canteiro foi parcialmente desativada na metade do processo de montagem da fachada. Por razões que envolviam principalmente custo, e por liberalidade do fabricante das esquadrias, que alegou também a possibilidade de maior produtividade, a fase de usinagem dos perfis e montagem dos quadros foi transferida para a fábrica da ALGRAD, em Vargem Grande Paulista.

Apesar da estrutura da fábrica ALGRAD contar com outros equipamentos que complementariam sua capacidade de produção e a possibilidade de maior aproveitamento da mão de obra em horários extras, questionou-se muito essa atitude, principalmente no que se referia ao controle de qualidade do processo, até então já assimilado pelo pessoal da produção, especialmente treinado para tal.

O transporte dos quadros prontos da fábrica aumentou não só o risco de deformações e arranhões nas peças como o tempo e a distância do tráfego interno dos painéis no canteiro.



**Figura 31 - Máquina para mistura do silicone estrutural bi-componente**



**Figura 32 - Vista parcial da fábrica dos painéis instalada no canteiro.**

### **3.5 – O PROCESSO DE MONTAGEM DA FACHADA**

#### **3.5.1 – Estrutura organizacional da ALGRAD para a obra**

A fabricante e montadora dos painéis tem na obra uma equipe gerencial/administrativa composta de um engenheiro responsável pela coordenação geral dos serviços, um técnico de segurança, um operador de empilhadeira e um almoxarife.

Para fabricação e instalação dos painéis, terceirizou os serviços à empresa TECNAL, cuja equipe estava composta de um engenheiro, proprietário da empresa e responsável pela coordenação dos serviços, além de outras cinco equipes assim constituídas:

- Corte e usinagem: 4 funcionários.
- Montagem: 6 funcionários.
- Colagem de vidro e granito: 8 funcionários.
- Transporte interno (horizontal e vertical): 6 funcionários.
- Instalação: 2 equipes de 5 funcionários cada.

### 3.5.2 – Serviços preliminares

O processo de montagem da fachada iniciou-se na concretagem das lajes. Os *inserts* para fixação das ancoragens de suporte dos painéis pré-fabricados eram posicionados um a um a partir de medidas do projeto, com auxílio de topógrafo profissional, antes da concretagem, e foram eles confeccionados em aço USI SAC 250 com chapas de 12,5 mm.

A partir daí um levantamento dos níveis e verificação da situação do prumo da estrutura era executado, na medida em que a instalação era feita, para definir o afastamento dos painéis em relação à estrutura e com isso se definir as dimensões das ancoragens, que são as responsáveis pela sustentação, alinhamento e prumo dos painéis de toda fachada.

Como a estrutura já estava concluída até o oitavo pavimento, quando do início dos serviços de montagem da fachada, nas lajes já concretadas as ancoragens foram fixadas com chumbadores. Os chumbadores indicados no projeto foram os de fabricação da HILTI, mas a ALGRAD optou pelos chumbadores produzidos pela ÂNCORA, com as mesmas características.

Para as lajes acima, as ancoragens foram soldadas nos *inserts* já instalados nas lajes, obedecendo-se a seguinte ordem:

- Instalação de balancim em todas as fachadas onde encontram -se inserts frontais à laje;
- Locação topográfica dos eixos de ancoragens por pavimento em setor curvo;
- Locação topográfica dos eixos principais da estrutura, para locação de ancoragem em fachadas retas;
- Descida de prumos em todas as fachadas para amarração das diversas modulações da fachada, a partir de afastamentos previamente definidos;

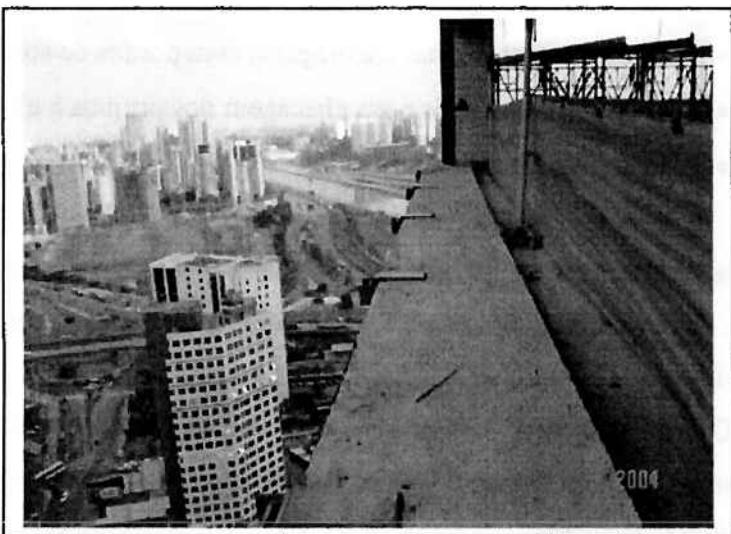
- Fixação provisória das ancoragens, com pontos de solda;
- Solda definitiva após nova checagem dos prumos e alinhamentos;
- Pintura anticorrosiva das peças

A primeira intervenção no projeto original do sistema foi feita nessa etapa do serviço. As ancoragens para fixação dos painéis, inicialmente projetadas para serem confeccionadas em alumínio, foram substituídas por peças de aço. Segundo a HYDRO, a ALGRAD solicitou essa alteração, responsabilizando-se pelo fornecimento e detalhamento das placas de aço dobradas, chumbadores e *inserts*, para redução de custos.

O primeiro grande obstáculo do processo de montagem da fachada - e relacionado a essa etapa de serviços - foi o dimensionamento dos *inserts*, feito pela HYDRO. Depois de várias peças chumbadas em diversas lajes, constatou-se que as mesmas foram subdimensionadas no comprimento de ancoragem, a partir de análise do projetista estrutural da obra, Engº França.

Assim, após muitas discussões, a solução encontrada foi a instalação de reforços, dimensionados pelo Eng. Jorge Ribka, da Engebrat Engenharia. Esse retrabalho causou sérios transtornos à produção. Todo o planejamento para a seqüência de montagem precisou ser alterado, comprometendo a terminalidade dos serviços enquanto que o custo previsto, foi pela primeira vez abalado.

A responsabilidade desse erro foi muito questionada, como também o momento em que esta questão foi levantada. Comentários a esse respeito serão feitos no capítulo 4 deste trabalho.



**Figura 33 - Reforços dos *inserts* da fachada Fundos.<sup>8</sup>**

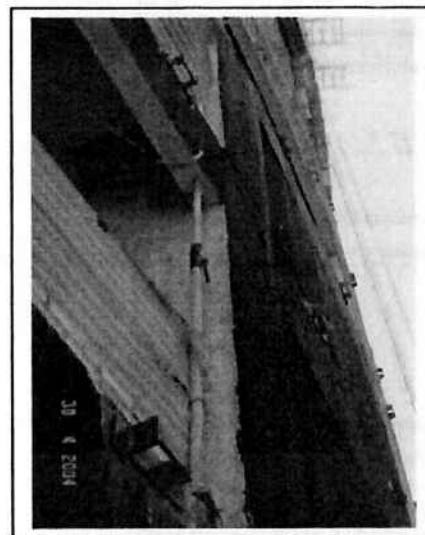
Como o projeto arquitetônico previa fachada “cega” – sem abertura de vãos que permitissem acesso para os serviços - a partir do 9º andar, muitas dificuldades foram encontradas para a locação das ancoragens nesses locais, principalmente pelo difícil posicionamento do equipamento de topografia. Assim, surge o segundo grande obstáculo da produção. Uma falha na locação ocasionou problemas de prumo nas ancoragens soldadas daquela fachada, ocasionando paralisação nos serviços. Os ganchos de fixação precisaram ser novamente confeccionados e dimensionados com medidas variáveis a partir das diferenças encontradas na prumada das ancoragens, e em seguida instalados nos painéis. A empresa de topografia assumiu a falha, isentando a equipe de execução da responsabilidade. Esse fato, também será comentado no capítulo 4 deste trabalho.

Como a instalação das ancoragens atrasou em determinados pontos devido a necessidade de reforços nos *inserts*, outro problema surgiu. Devido a fatores estruturais como a deformação lenta, os níveis entre os extremos das lajes já não eram os mesmos. Assim, na fachada Coliseu, onde as peças já haviam sido instaladas por não necessitarem de reforços, o nível da laje tinha diferença em relação ao nível da mesma laje na fachada CPTM, local problemático dos *inserts*, devido a diversos fatores estruturais, dentre eles, a deformação lenta<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> A pintura verde indica o tratamento anticorrosivo das chapas.

<sup>9</sup> As diferenças de nível encontradas variavam em até 20 milímetros.

Uma adequação de medidas nos painéis precisou ser feita, a partir da nova saída no 19º pavimento (início da zona alta do edifício), para não comprometer o alinhamento horizontal dos painéis já instalados na fachada Coliseu.

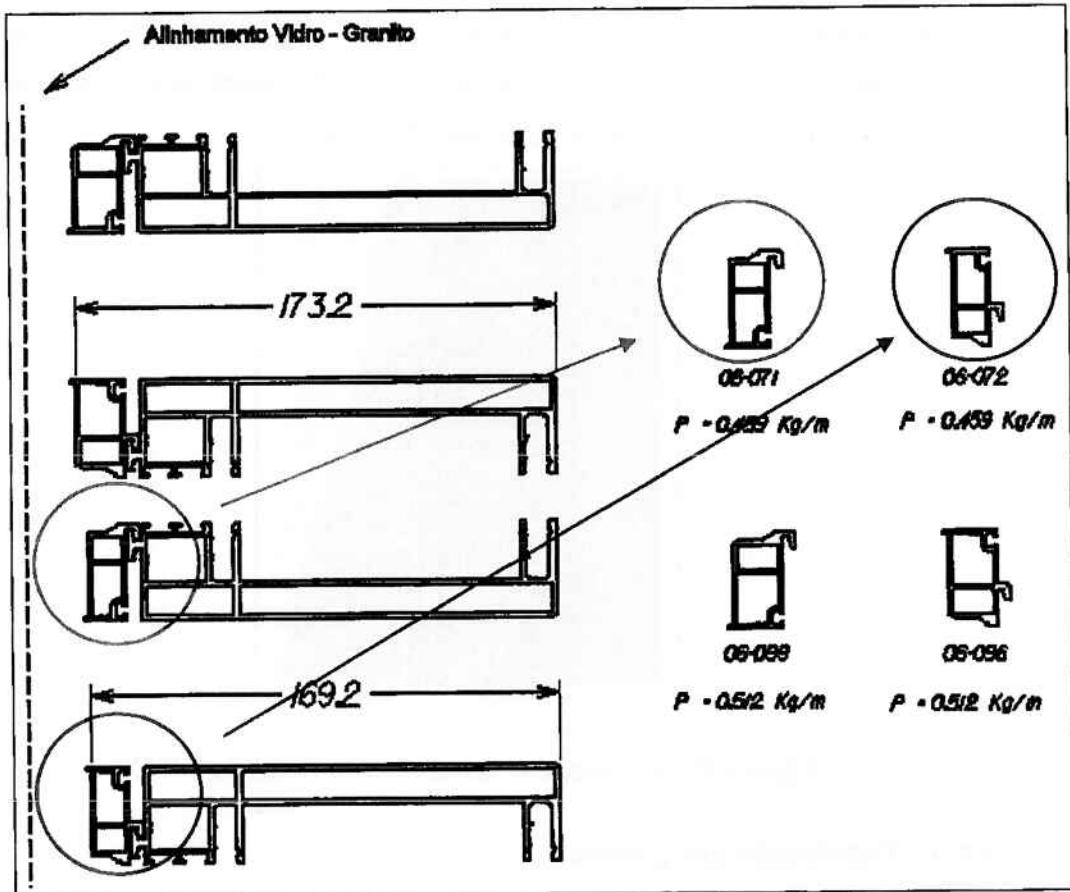


**Figura 34 - Ancoragens instaladas na fachada CPTM**

### **3.5.3 – Fabricação dos painéis**

Várias modificações foram introduzidas no projeto original do sistema possibilitando que tanto técnica como economicamente o processo de fabricação se tornasse viável. Elas surgiram a partir do projeto executivo de fabricação e montagem executado pelo fabricante das esquadrias ALGRAD e aprovado pela AEC.

A primeira modificação, foi a criação pela HYDRO, de um novo par de perfis para os quadros de vidro. Como foram previstos vidros de espessura variando de 10 a 14 milímetros, os perfis originais do projeto implicariam, segundo a fabricante dos painéis, em maior consumo de silicone na colagem dos vidros.



**Figura 35 - Detalhe dos perfis para fixação dos vidros**

Para redução de mão de obra na fabricação, uma mudança no detalhe lateral do acabamento das colunas com os pilares e nos painéis entre-vãos revestidos de granito fixado pelo sistema americano foi solicitada também pela ALGRAD à HYDRO. Para isso, foram eliminadas duas ferramentas de extrusão, já fabricadas, desenvolvendo-se duas novas. Também foi descartado o sistema de fixação dos marcos por cantoneiras e manta de silicone.

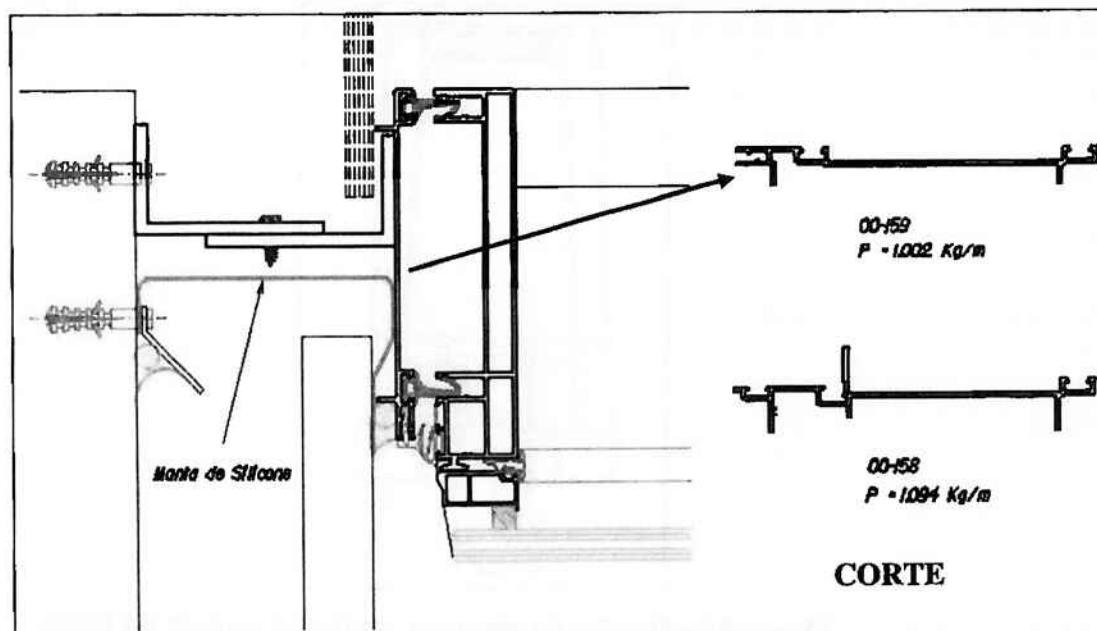


Figura 36 – Detalhe lateral conforme projeto original HYDRO.

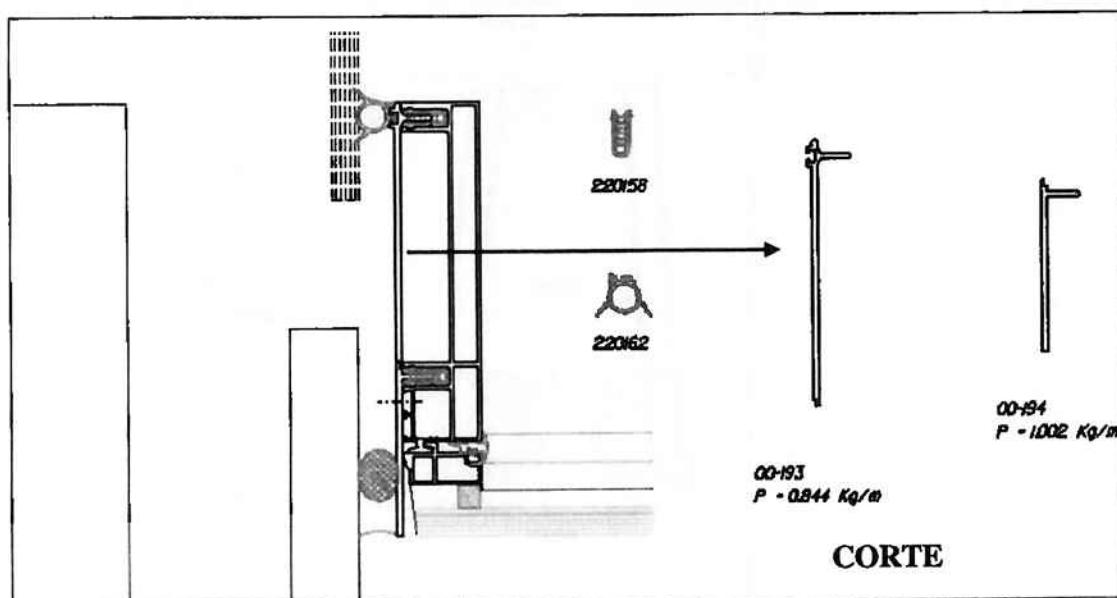
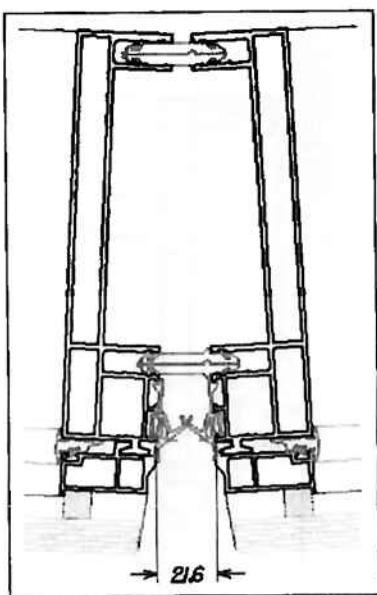
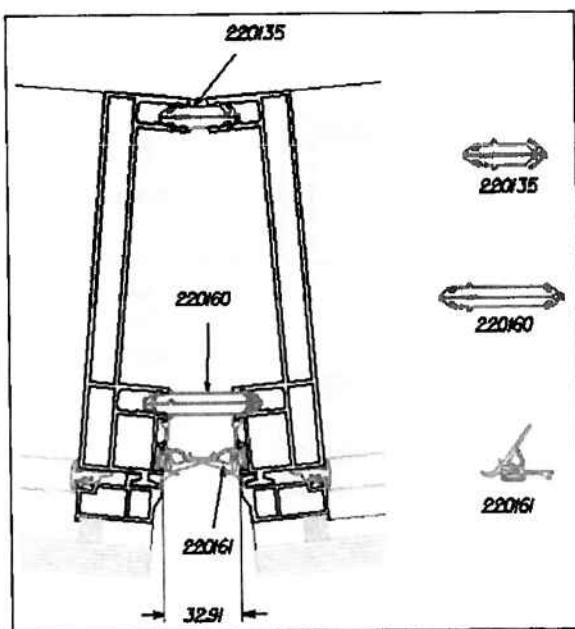


Figura 37 – Detalhe lateral conforme projeto executivo ALGRAD

Como o projeto executivo ALGRAD previa nas fachadas circulares, painéis com ângulos de abertura maiores que as gaxetas disponíveis para vedação permitiam, foi necessário o desenvolvimento de três novas guarnições para atender a essa exigência do projeto arquitetônico. As figuras a seguir mostram em corte o ângulo de abertura entre os painéis.



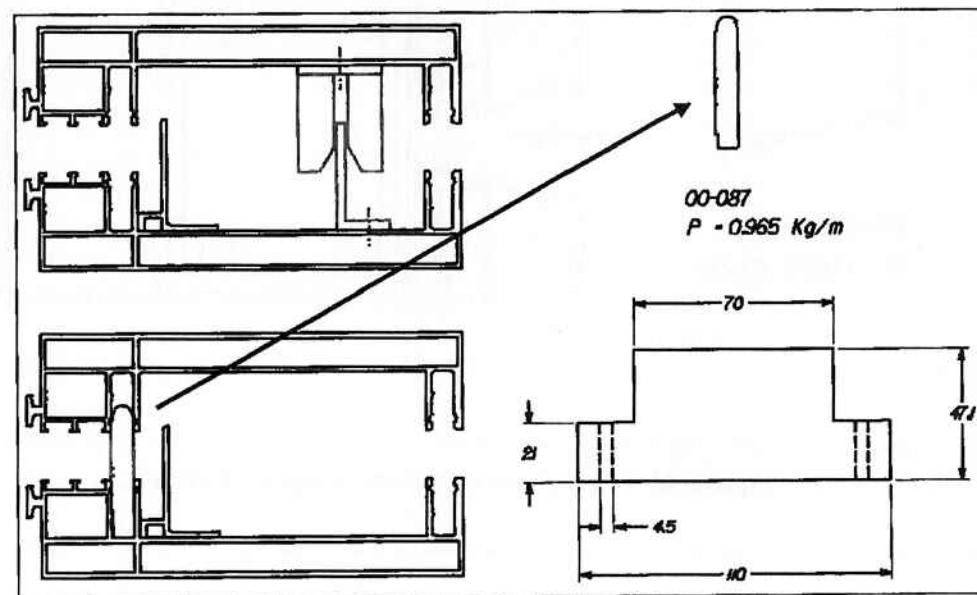
**Figura 38 – Detalhe da abertura conforme projeto HYDRO.**



**Figura 39 – Detalhe da abertura conforme projeto ALGRAD.**

Também foi solicitada a modificação de um acessório para auxílio no alinhamento dos painéis. Segundo a ALGRAD, o acessório padrão HYDRO possuía usinagem complexa que acarretaria menos agilidade no processo de fabricação dos painéis. Em razão disso, foram utilizadas cantoneiras para permitir o alinhamento. Com usinagens mais simples, a utilização de cantoneiras além de acarretarem redução de

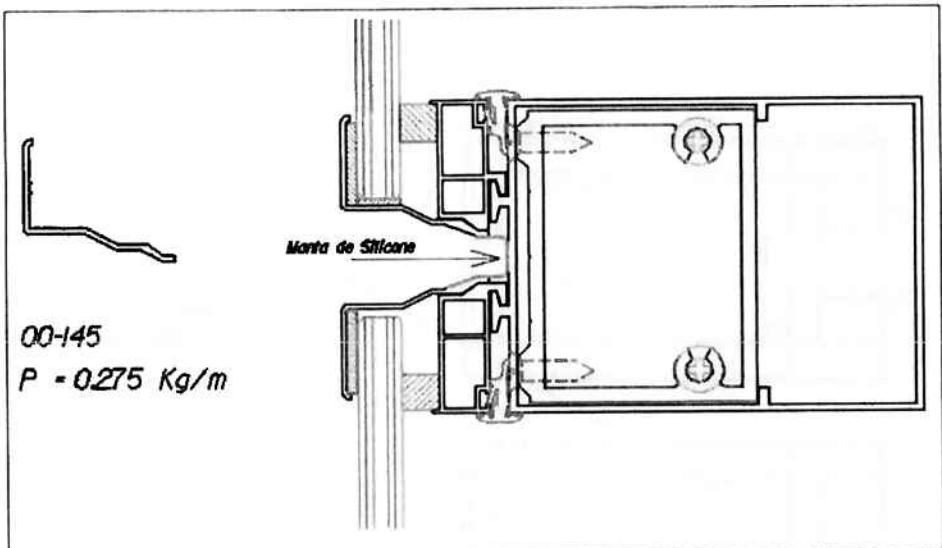
custos para a fabricante, desonerou a HYDRO no desenvolvimento e fabricação de novos perfis para esse fim.



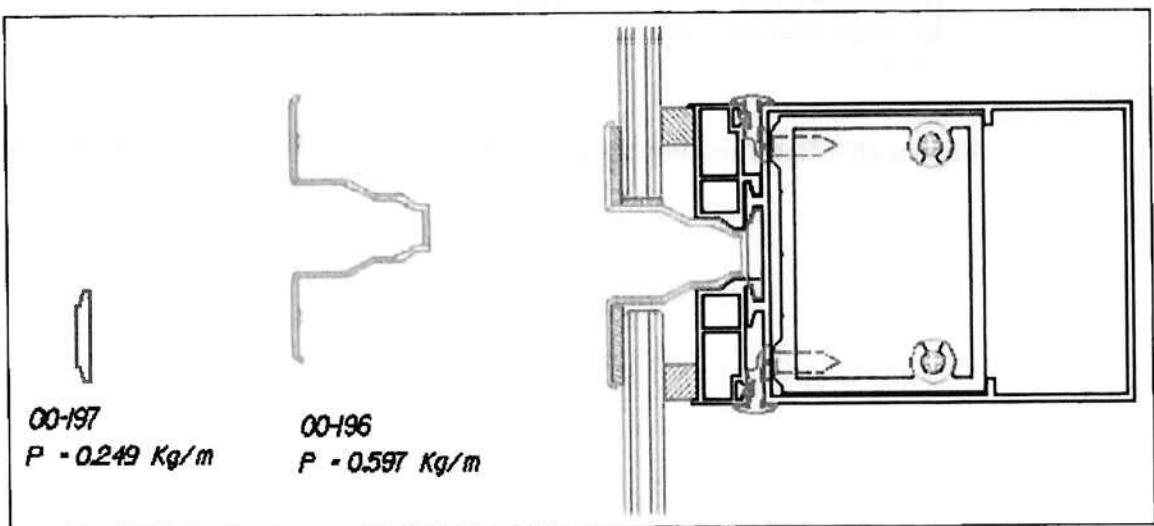
**Figura 40 – Detalhes do acessório modificado e conforme o projeto original.**

Outra significativa alteração do projeto original foi a fixação do arremate horizontal externo no quadro de vidro, que seria depois fixado ao painel. Uma manta de silicone seria aplicada para a vedação na região da travessa. Para eliminar essa manta de silicone, de alto custo, a ALGRAD solicitou a HYDRO modificar a fixação do arremate externo, sugerindo sua fixação no conjunto após a colagem do vidro. Em

consequência, mais duas novas ferramentas de extrusão foram criadas para a fabricação das peças.



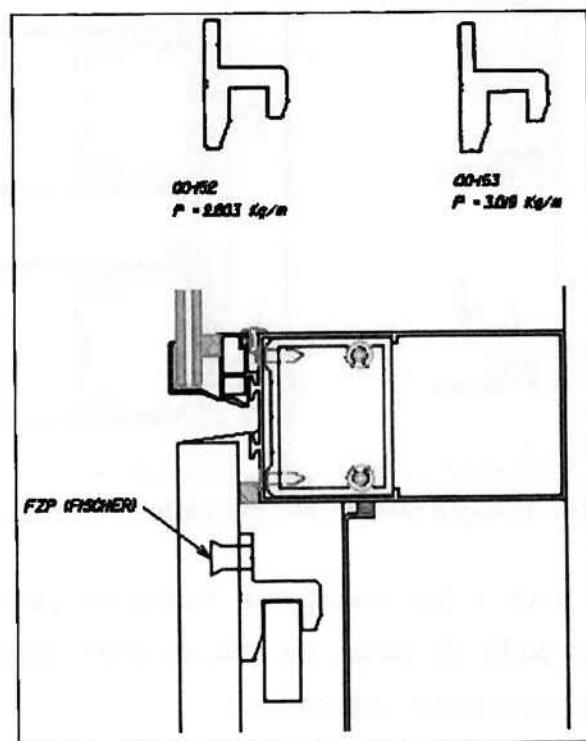
**Figura 41 – Arremate conforme projeto HYDRO.**



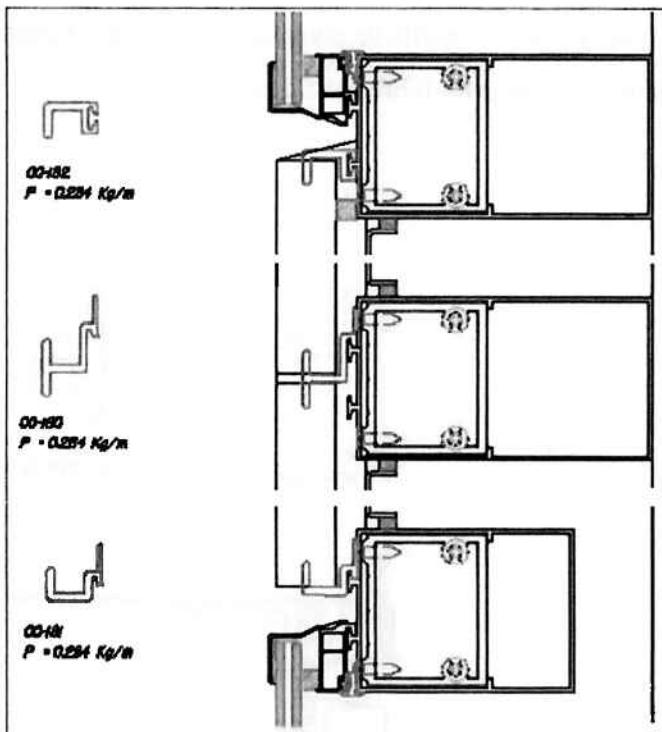
**Figura 42 – Arremate conforme projeto ALGRAD.**

Para fixação e vedação do granito nos painéis, o projeto original previa a utilização de parafusos de ancoragem por expansão FZP da Fisher, que eram fixados ao granito e presos aos painéis por perfis. Como o fornecimento dessas ancoragens por expansão FZP não era de responsabilidade da HYDRO, e devido ao custo elevado e ao prazo de entrega, a construtora solicitou uma alternativa para a fixação do granito,

que passou a ser feita com perfis de alumínio. Para tanto, foram criadas quatro novas ferramentas de extrusão para fabricação desses perfis.



**Figura 43 – Fixação das placas de granito conforme projeto HYDRO.**



**Figura 44 – Fixação das placas de granito conforme projeto ALGRAD.**

O caso mais grave e que causou mais transtornos para a obra, todavia, foi a fabricação dos perfis de cantos, ou seja, os perfis para os painéis dos cantos negativos do especial projeto arquitetônico.

Devido a enormes dificuldades na montagem, segundo à HYDRO, ou na exeqüibilidade do projeto, segundo a ALGRAD, ou ainda em ambos os casos, segundo a AEC, os problemas decorrentes dos perfis de canto ocasionaram um atraso de seis meses no cronograma de execução das fachadas, onerando todos os envolvidos, inclusive os envolvidos nos demais subsistemas com interface direta na fachada.

Segundo a HYDRO, em função de desvios nas tolerâncias de extrusão que alguns perfis apresentavam e em pequenas falhas de alinhamento dos perfis verticais com os perfis horizontais, a ALGRAD enfrentava dificuldades na montagem dos painéis de canto. Além desses problemas, segundo a ALGRAD, os painéis não poderiam ser instalados formando um único canto, devido às condições da obra para içamento e movimentação dos painéis, na obra.

O problema dos painéis de canto tiveram várias origens, mas, segundo a AEC em relatório enviado a HYDRO, a principal foi a extrusão dos perfis dos montantes de canto.

Para o consultor Paulo Duarte, o particular canto do projeto E-TOWER SÃO PAULO fez com que a solução apresentada para o painel único se tornasse inexequível, pois, apesar de usinagens cuidadosas das travessas que chegam naquelas colunas, a montagem não tinha qualidade, devido ao não fechamento das juntas, nas diferenças das frestas e nas incorreções dos ângulos de abertura. Ora, se para se realizar o canto em painel único o perfil resultante seria muito grande, excedendo em muito os limites do ferramental e prensa disponíveis, convencionou-se subdividir o perfil em três perfis, que se compunham em ângulos de 45°, o que se tornou um complicador devido às normais tolerâncias na extrusão. A somatória das tolerâncias em cada perfil, resultava em diferenças significativas que não poderiam ser absorvidas pela montagem e, consequentemente, em sérias imperfeições no painel de canto, pois jamais chegariam à precisão necessária para permitir uma correta montagem.

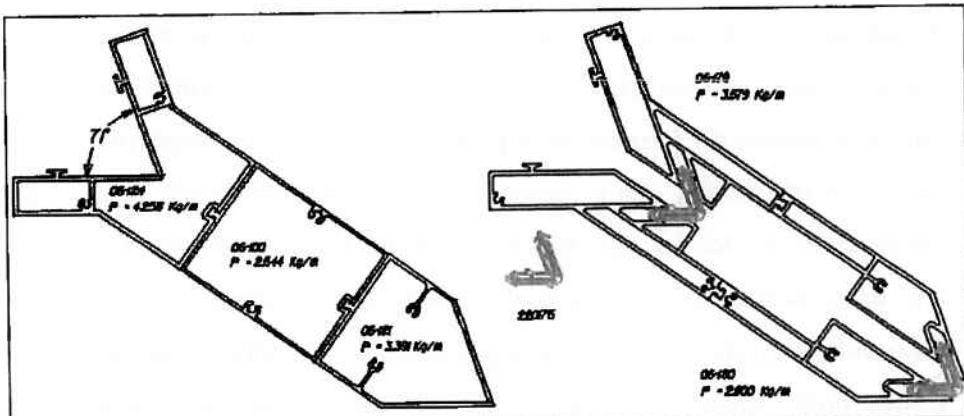
As sucessivas montagens experimentais ocasionaram atrasos na montagem da fachada, pois sendo o canto uma peça única, a montagem das fachadas que dele dependem deveria obrigatoriamente ser iniciada por esse canto, o que resultou na impossibilidade de montar qualquer painel antes da solução do problema.

A solução encontrada foi a montagem do canto com dois painéis independentes que se juntam através de meios-perfis. Assim, chegou-se a uma perfeita montagem, pois o acesso à parte interior dos perfis permitiu, através de parafusos, puxar os perfis para a posição correta, fechando perfeitamente todos os encontros, ficando as diferenças eventualmente remanescentes absorvidas no encaixe das gaxetas, não sendo perceptíveis.

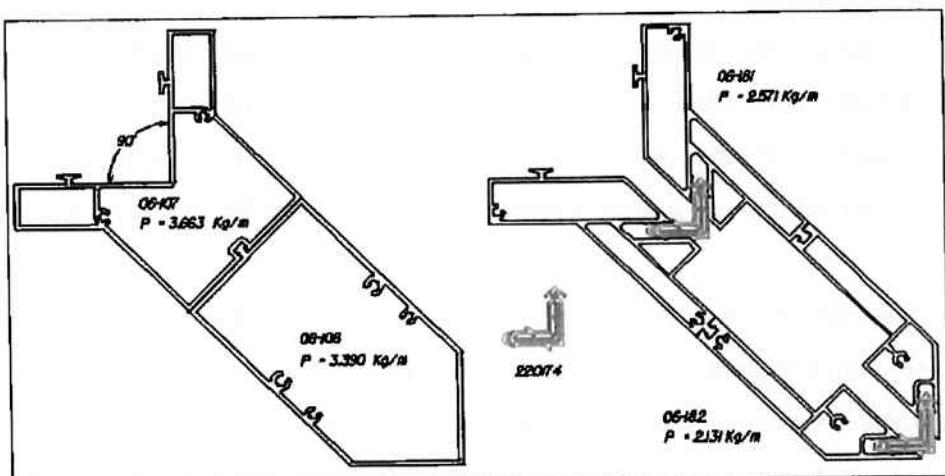
A fabricação dos meios-perfis exigiu a criação de novas ferramentas de extrusão, permitindo o reinício imediato da montagem da fachada, com a eliminação da dependência que existia em relação aos cantos.

Após a confecção de quatro novas ferramentas de canto e do desenvolvimento de duas novas guarnições, a montagem dos painéis de canto foi aprovada pela ALGRAD em conjunto com a HYDRO.

A HYDRO justifica, em relatório enviado à construtora, que apesar dos perfis terem apresentado desvios nas tolerâncias de extrusão, a solução do painel composto para canto foi adotada em duas outras obras após o e-Tower, com sucesso.



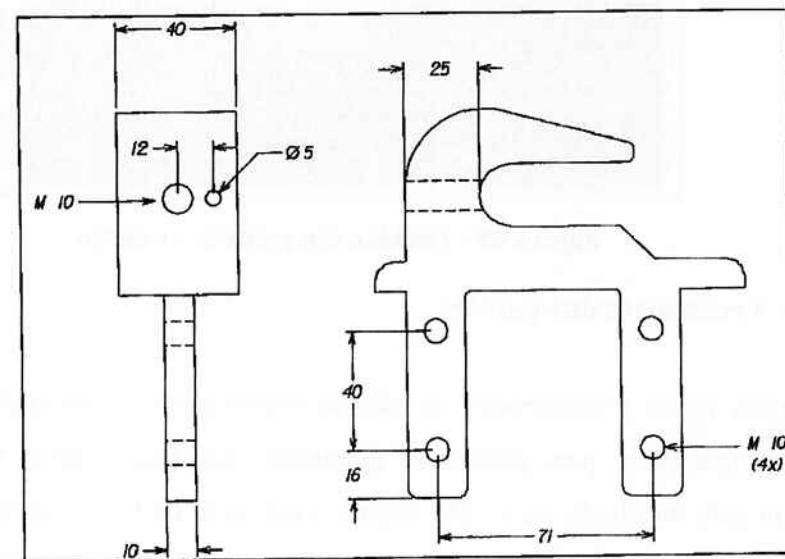
**Figura 45 – Perfis de canto negativo conforme projeto HYDRO**



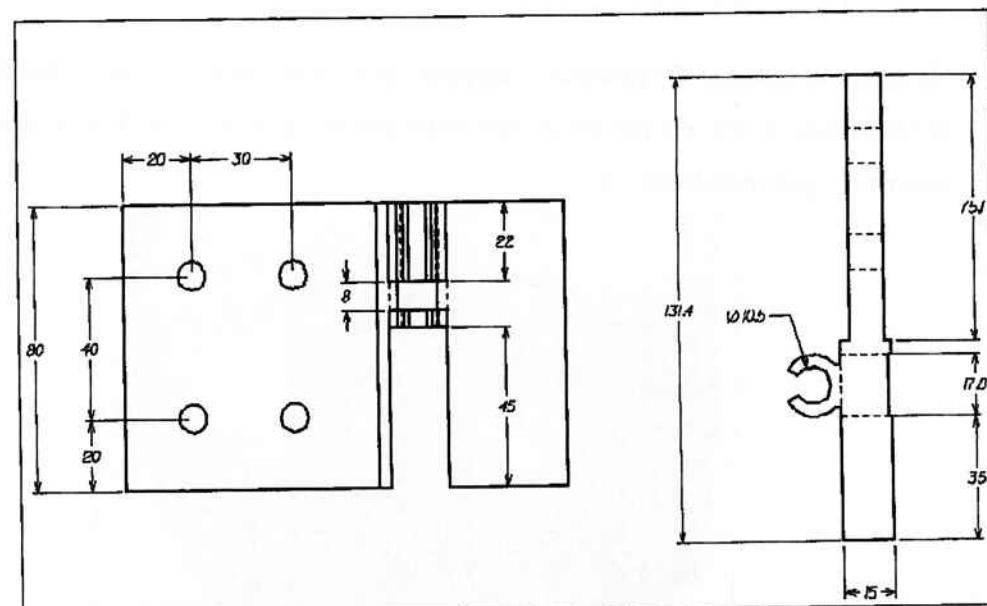
**Figura 46 – Perfis de canto negativo após solução executiva.**

Algumas outras modificações foram propostas para redução de custos do processo pelo fabricante, também segundo a HYDRO. A ALGRAD assumiu a execução das usinagens das barras de içamento dos painéis, modificou os ganchos de suporte dos painéis nas ancoragens, substituiu os parafusos com cabeça cilíndrica com sextavado

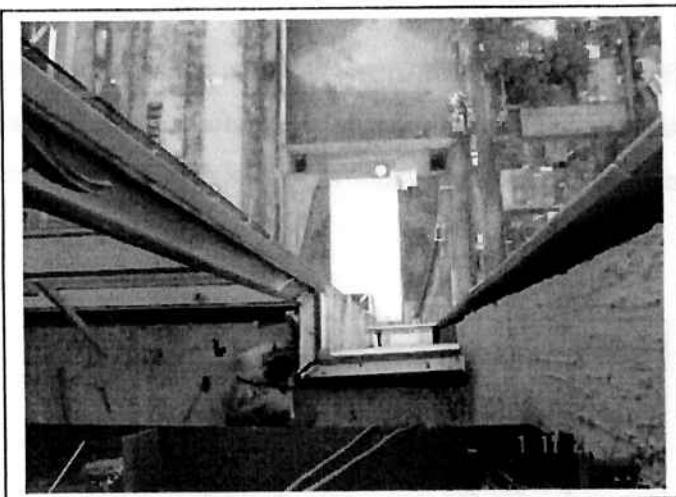
interno de fixação das barras de içamento e dos ganchos por conjunto de parafusos e porcas sextavadas substituindo ainda o parafuso de regulagem fina dos painéis consistentes em parafusos sextavados M10 DIN 561, por parafusos sextavados de 3/8 "DIN 933.



**Figura 47 – Ganco dos painéis conforme projeto HYDRO.**



**Figura 48 – Ganco modificado conforme proposta ALGRAD.**

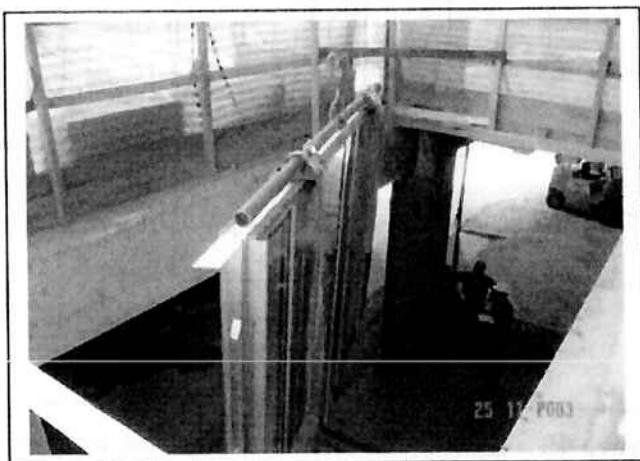


**Figura 49 - Detalhe dos painéis de canto**

### **3.5.4 – Transporte dos painéis**

Os painéis foram transportados da fábrica instalada no 1º sub-solo em carrinhos especiais fabricados para atender as dimensões das peças, até o vão deixado na estrutura para instalação da escada rolante, localizado na frente do edifício. Por este vão, o painel era içado por uma talha especial com um guincho acoplado, destinado a mover o painel até a “boca” da cremalheira especial. Ali foi instalada uma base com roletes adaptados. Por esses roletes o painel deslizava para dentro da cremalheira e era transportado para o pavimento onde seria instalado.

Na laje, era retirado do guincho e suspenso por talhas móveis, que transportavam e depositavam os painéis nos locais estratégicamente definidos, na laje imediatamente superior a que seria instalado.



**Figura 50 - Içamento do painel pelo vão da laje do térreo.**

### 3.5.5 – Instalação

Os painéis eram içados por guinchos montados em trilhos instalados nas fachadas, conforme as necessidades. Estes trilhos foram deslocados duas ou três vezes, dependendo da fachada, a partir da execução da estrutura.

Assim, eram simplesmente “pendurados” nas ancoragens previamente soldadas nos *inserts* chumbados nas lajes, obedecendo a uma seqüência viabilizada a partir das situações do projeto arquitetônico.

Para cada tipologia foi estabelecida uma seqüência de montagem, que deveria obedecer aos requisitos de nivelamento, prumo e vedação. A seqüência de figuras a seguir ilustra um exemplo de montagem de um painel na fachada.



**Figura 51 - Instalação de painel na fachada, vista pelo interior do prédio**

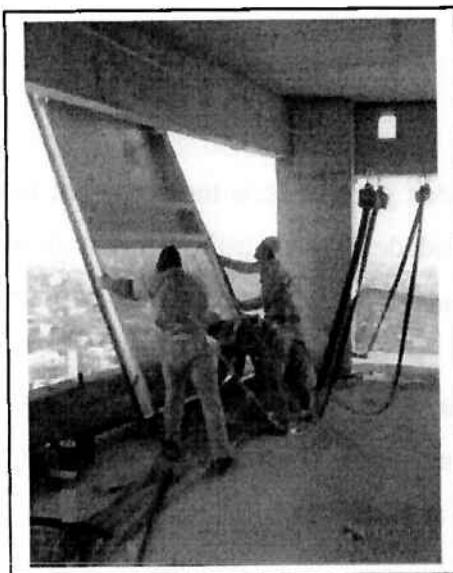


Figura 52 – Seqüência da montagem – içamento externo



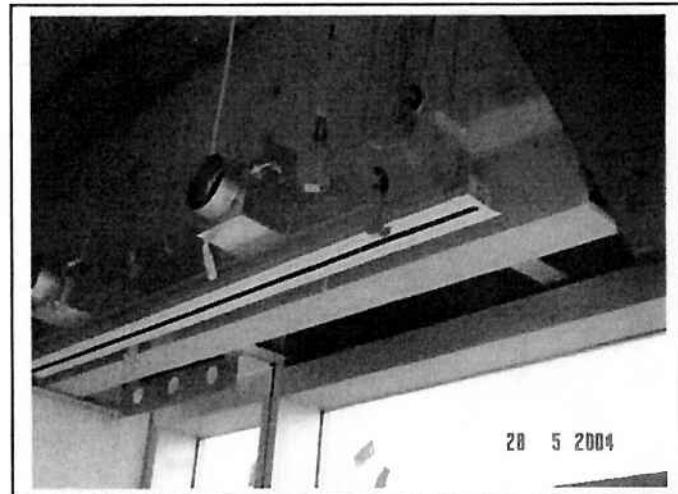
Figura 53 – Seqüência da montagem – instante em que o painel é fixado

### 3.5.6 – Acabamentos internos

Após fixados os painéis na fachada, os serviços internos eram liberados a partir de uma seqüência pré determinada, a partir das necessidades do projeto.

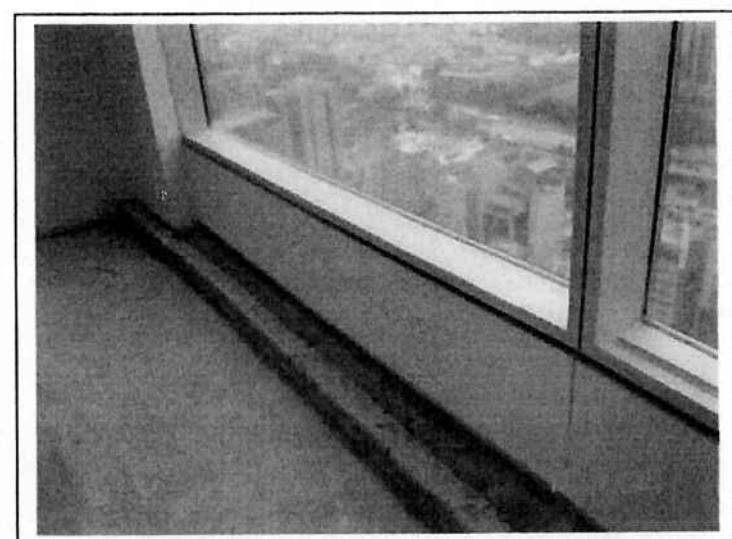
Assim, foram montados o sistema *fire-stop*, que consiste em complemento da viga de borda para atingir 1,20 metros exigidos pelo Corpo de Bombeiros para isolamento anti-chama entre os andares. Depois, foram instalados os suportes para futuros cortineiros, a partir de modelo UNIFLEX®. Complementando a parte superior do

painel, simultaneamente foram instaladas as sancas de gesso com os difusores lineares do sistema de ar condicionado. Na foto abaixo, pode-se observar as peças instaladas.



**Figura 54 – Vista interna superior do painel<sup>10</sup>**

Na parte inferior, para complemento do isolamento entre os andares, foi instalada uma camada de 3 cm de lã de vidro para bloqueio de fumaça e sobreposta a ela uma camada de 3 cm de gesso para isolamento acústico. Nos vãos inferiores dos painéis, para acabamento foi instalada uma chapa de gesso acartonado, fixada com perfis de alumínio como mostra a figura abaixo.

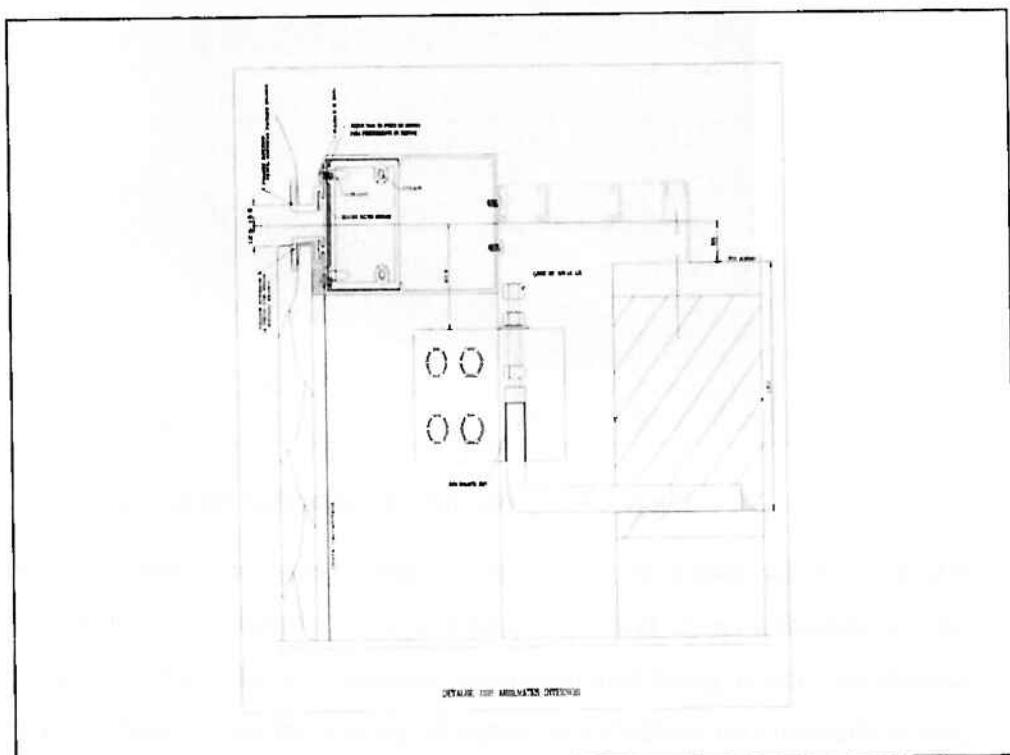


**Figura 55 – Vista interna inferior do painel<sup>11</sup>**

<sup>10</sup> Da esquerda para direita, o difusor do ar condicionado, a barreira anti chama, e parte do cortineiro.

<sup>11</sup> Nota-se a camada de gesso aplicada para isolamento acústico, entre uma barreira de tijolinho e o painel.

Finalmente, para dar arremate final do painel com o piso elevado, foram instalados perfis de alumínio, conforme corte esquemático a seguir (detalhe em vermelho):



**Figura 56 – Corte esquemático parcial do painel**

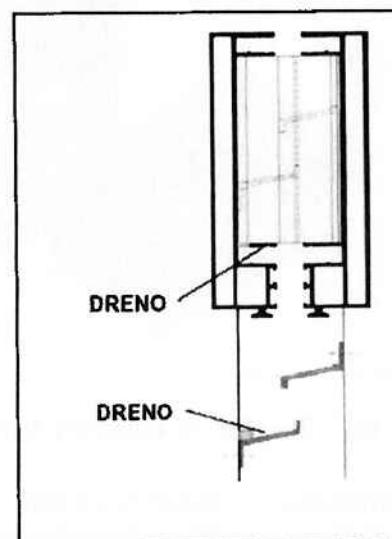


**Figura 57 – Vista interna final do painel**

### 3.5.7 – Controle de qualidade

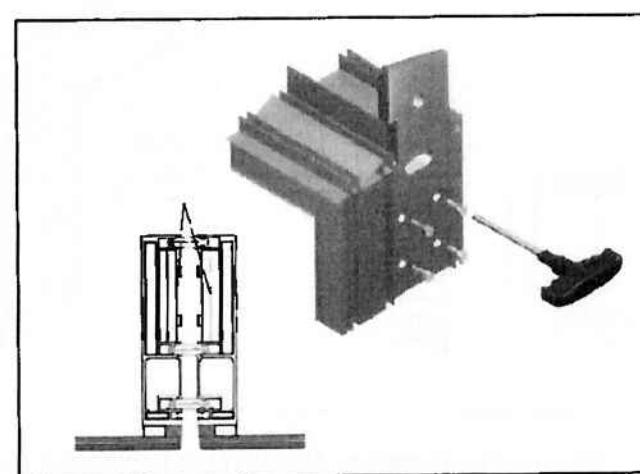
Os painéis, após a fabricação, foram inspecionados a partir de requisitos, definidos pela AEC. São eles:

- Verificação da limpeza de eventuais sujeiras de obra do perfil superior do painel – argamassas e resto de silicone - e secagem onde houver água.
- Fixação dos coletores de águas, que eventualmente poderiam se infiltrar entre os painéis, selamento das juntas entre os coletores e correta usinagem do montante, com o furo de dreno na posição certa.



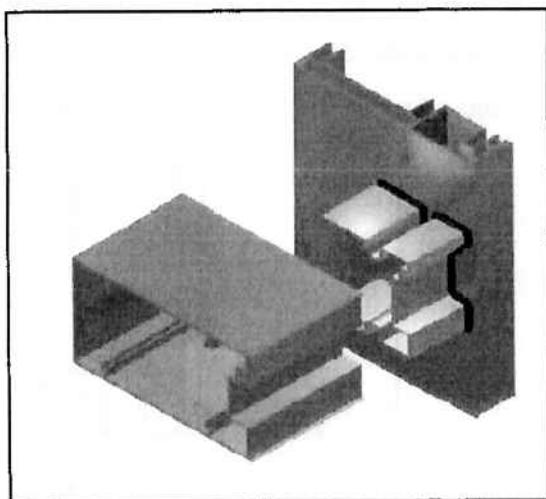
**Figura 58 - Detalhe dos captadores e da gaxeta horizontal**

- Usinagem e a fixação das barras de içamento, comprimento dos parafusos e aplicação de cola para travamento:



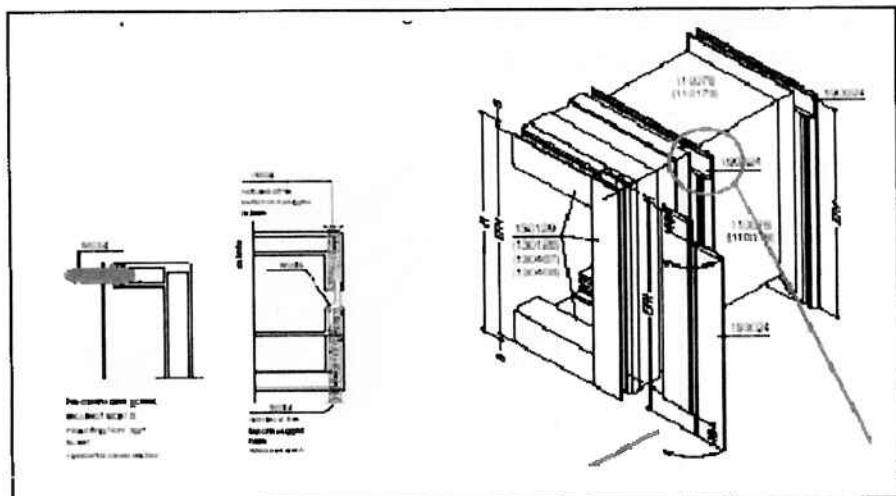
**Figura 59 - Detalhes da fixação das barras de içamento**

- Isolamento das ancoragens com os ganchos de alumínio para evitar formação do par bi-metálico;
  - Soldas e chumbadores utilizados na fixação das ancoragens.
  - Fechamento de silicone nas extremidades dos vidros.
  - Alinhamento das travessas com o fundo dos montantes e selamento nos encontros laterais.



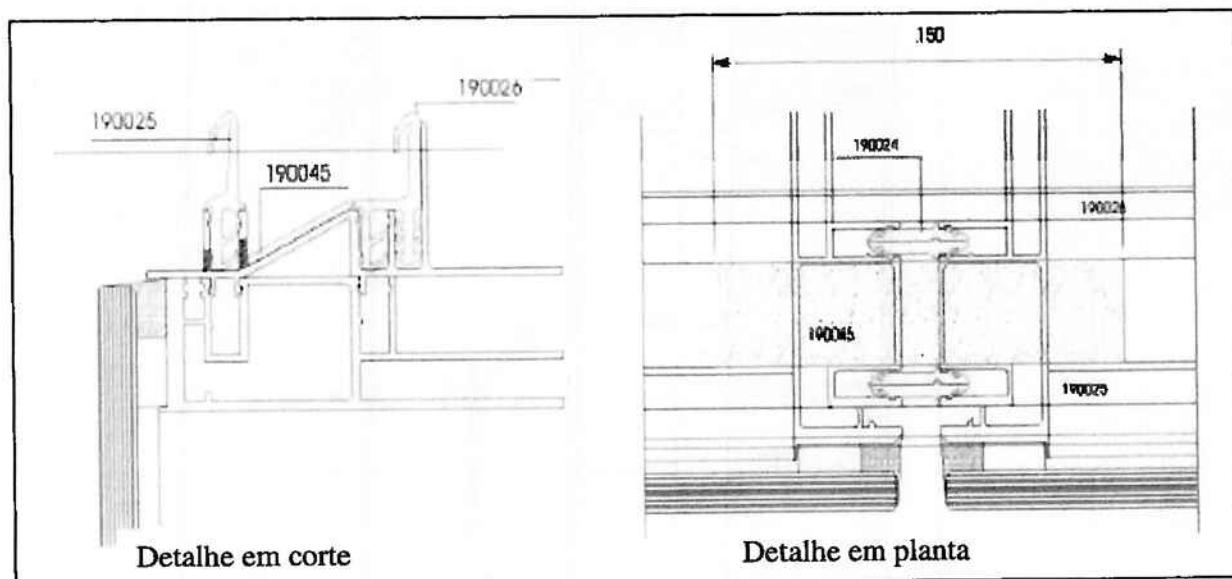
**Figura 60 - Detalhe da interface travessa/montante.**

- Gaxetas: as horizontais, na junção dos painéis; no quadro dos vidros; verticais, nos montantes, verificando-se na parte interna o recorte e emenda entre as do módulo superior e do inferior.



**Figura 61 - Detalhes das gaxetas horizontais e verticais**

- Manta de silicone na união dos painéis para garantia de estanqueidade:



**Figura 62 - Manta de silicone na união dos painéis (19045).**

- Existência de manchas e arranhões na superfície dos perfis e integridade da anodização;
- Alinhamento das faces das placas de granito com os vidros;
- Sistema de fixação da travessa no montante e qualidade da montagem.

Para melhor visualização, a seguir é apresentado um desenho esquemático do painel do projeto e-TOWER SÃO PAULO.

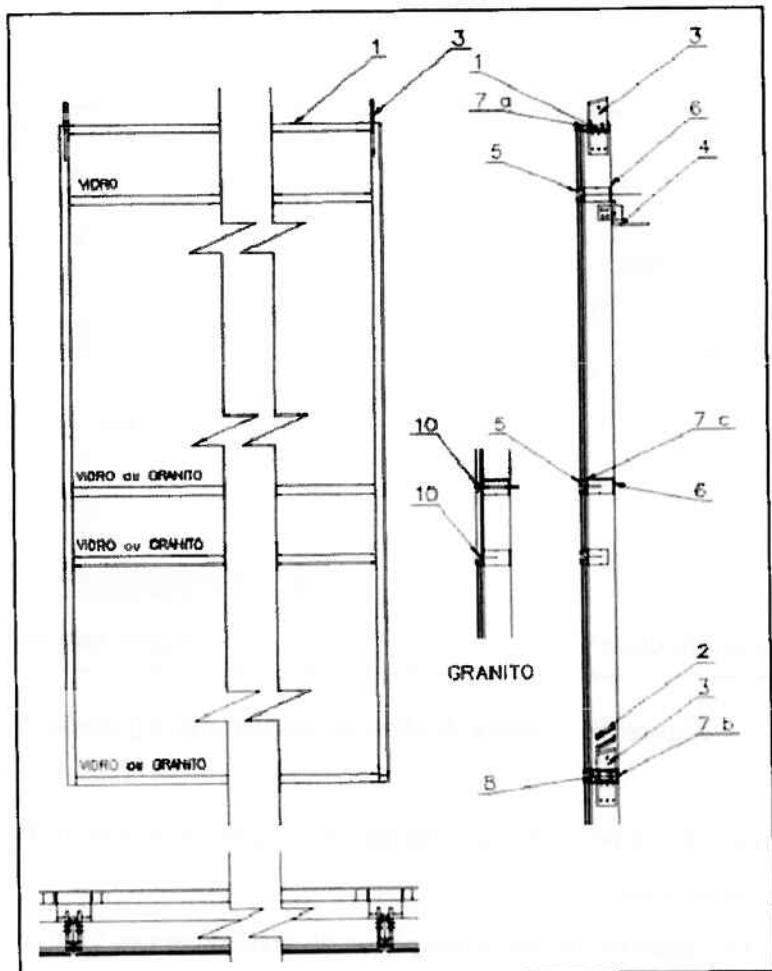


Figura 63 - Corte esquemático de um painel

Onde: 1 – Perfil superior do painel; 2 – coletores de água; 3- barra de içamento; 4 – ancoragem; 5 – extremidades do vidro; 6 – travessas; 7 – gaxetas; 8 – manta de silicone; 10 – faces da placa de granito.

### **3.5.8 – Planejamento e controle da produção**

O planejamento inicialmente proposto pela empresa de consultoria, compreendia no desenvolvimento da "Linha de Balanço"<sup>12</sup>, criada a partir do cronograma da obra, ferramenta que foi utilizada como base para monitoramento de todas as atividades da obra.

Com o início da execução da fachada, a equipe de produção percebeu a necessidade de trabalhar com itens detalhados que possibilitassem o monitoramento diário da produção, que redundaria em confiabilidade na programação dos serviços. Datas de início e fim de cada etapa de produção eram insuficientes para um controle eficiente. Assim, uma minuciosa relação de todos os principais "gargalos" da produção foi executada e, semanalmente, era gerada uma programação das atividades da fachada. A isso denominou-se Programação Semanal de Serviços, objeto do ANEXO F deste trabalho.

Elaborou-se então um relatório sucinto, onde constava a justificativa eventual pelo não cumprimento da programação, o que servia de base para tomada de decisões e eventuais reprogramações. Esse relatório passou a ser um registro da execução da fachada e de todas as demais atividades da obra. Nele, todas as ocorrências relevantes eram registradas.

Como ferramentas auxiliares para controle da produção, foram criados o controle para recebimento dos quadros dos painéis oriundos da fábrica da ALGRAD (ANEXO G) e o controle de montagem, colagem e instalação dos painéis para monitoramento diário da produção (ANEXO H).

---

<sup>12</sup> Linha de balanço: Normalmente utilizada para planejar e monitorar serviços cuja característica principal é a repetitividade. Sua utilização se tornou limitada na obra pois a dinâmica e as situações particulares da produção da fachada "quebraram" as seqüências e ritmos lógicos da produção.

### 3.6 – MANUTENÇÃO E LIMPEZA EXTERNA DOS PAINÉIS

Para manutenção e limpeza da fachada, foram instalados dois equipamentos, estrategicamente posicionados para atender todo o perímetro do edifício.

Esses equipamentos foram adquiridos da GONDOMATIC GÔNDOLAS AUTOMÁTICAS, com sede em Cachoeirinha – RS, que as importou da empresa espanhola Katsuyama Europe S.A., com sede em Barcelona.

Denominado pelo fabricante de bailéus (andaimes suspensos e móveis), são compostos de duas partes principais: a máquina e a cesta.

Na máquina estão instalados os mecanismos de movimentação, o quadro elétrico com os principais componentes de controle do motor e o grupo hidráulico. Na porta do quadro elétrico estão instalados os controles da máquina.

A cesta, suspensa da máquina por 4 cabos de aço, é o local de trabalho dos operadores de limpeza. Possui controles que permitem aos operadores movimentar o bailéu a partir da cesta.



Figura 64 - Equipamento de manutenção em uso.

### 3.7 – OS CUSTOS DA FACHADA

Os custos dos serviços de execução da fachada do e-Tower São Paulo devem ser analisados sob dois aspectos distintos.

O primeiro, leva em consideração os valores orçados inicialmente e aprovados pelo incorporador, e levantados a partir dos projetos da AEC que não previam nenhum item extra, já que não foram considerados pelo simples fato de serem imprevistos até então, dada a complexidade da obra, acrescida dos reforços dos inserts, das estruturas metálicas auxiliares, dos serviços de topografia, dos itens de segurança fundamentais para a execução dos serviços e das despesas extras ocasionadas pelos problemas nos perfis de canto.

O segundo levando em consideração esses custos que se traduziram em custos que efetivamente aconteceram até esta data.

Ora, em um serviço orçado em valores de dezembro de 2004 em R\$ 11.484.933,00 (onze milhões quatrocentos e oitenta e quatro mil novecentos e trinta e três reais), o custo total foi de R\$ 12.340.868 (doze milhões trezentos e quarenta mil oitocentos e sessenta e oito reais), isto é, 7,45 % a mais que o previsto.

O custo previsto para os 20.000 m<sup>2</sup> de fachada, aí considerado também a área revestida com granito fixado pelo Sistema Americano, foi de R\$ 617,04 /m<sup>2</sup>.

Os valores apurados levam a conclusão de que, para uma obra orçada em R\$ 100.119.235 (cem milhões cento e dezenove mil duzentos e trinta e cinco reais – valores de dezembro/04), a fachada custou o equivalente a 12,33% do custo da obra.

Uma tabela comparativa dos custos da fachada conforme orçamento da obra com os custos não previstos em orçamento e com o custo total da obra é objeto do ANEXO J desse trabalho.

## CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES

O “case” da montagem da fachada do Edifício e-Tower São Paulo deve ser analisado criticamente sob vários aspectos, que vão desde os motivos que levaram o proprietário a optar por uma nova tecnologia construtiva que atenderia aos principais requisitos de permeabilidade ao ar, impermeabilidade e resistência ao vento, até a análise de seus reais impactos mercadológicos.

SABBATINI [1989] define tecnologia construtiva como “conjunto sistematizado de conhecimentos científicos e empíricos, pertinentes a um modo específico de se construir um edifício (ou uma sua parte) e empregado na criação, produção e difusão desse modo de construir”.

Assim, de início, a opção por esse sistema - pioneiro na construção civil brasileira, uma vez que é composto de peças de granito e vidro fixadas em quadros de alumínio com dimensões médias de 3,70 por 2,50 metros e que chegam a pesar até 750 quilos cada um – deveu-se, principalmente, pelo objetivo de tornar o empreendimento totalmente diferenciado das opções disponíveis no mercado de escritórios comerciais de alto padrão, apresentando um projeto arquitetônico especial que destaca a horizontalidade das linhas e o arrojo e a imponência de seus 150 metros de altura.

A proposta de implantar essa nova tecnologia construtiva tornou-se o primeiro grande desafio para os envolvidos na concepção do projeto E-TOWER SÃO PAULO - proprietário, arquiteto e construtora – criando questões que só poderiam ser resolvidas com a contratação de especialistas para cada um dos diversos componentes do sistema escolhido.

Mas, no caso dos painéis pré-fabricados, que possuiria características inéditas, como foi dito, a dúvida consistia em saber quais seriam os principais requisitos profissionais do “expert”, para que se obtivesse além do melhor projeto, condições

plenas de exeqüibilidade. Quais seriam ainda as melhores opções para se adequar o custo da fachada à realidade do orçamento da obra?

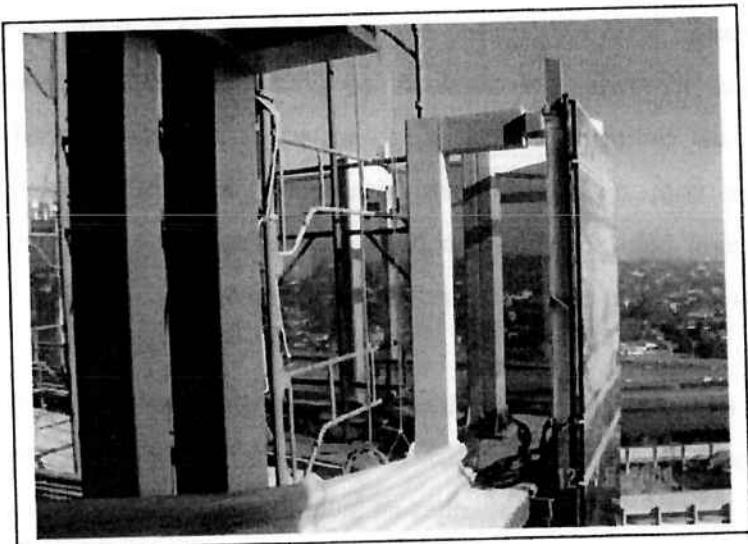
Segundo a HYDRO, o sistema WICONA WICTEC EL implementado no projeto e-Tower São Paulo, é definido como *Unitised System Curtain Wall*, o que em tradução direta, significa um sistema de fachada cortina unificada, e assim foi considerado. Para tanto, um dos maiores especialistas em fachadas cortina no Brasil foi contratado para dar consultoria e desenvolver o projeto executivo (ver capítulo 1).

Na opinião do autor, esse detalhe comprometeu em muito a agilidade na solução dos inúmeros problemas executivos do projeto, uma vez que o mesmo nada mais é do que uma fachada composta de painéis pré-fabricados, que seriam instalados no local e já prontos. Esta concepção, difere totalmente da fachada cortina, que tem seus elementos montados externamente ao prédio através de sub-estruturas metálicas fixadas na estrutura. Todas as propostas de solução dependiam de aprovação conjunta com o departamento técnico da HYDRO, detentora do sistema e responsável pelo seu desempenho, o que comprometeu o prazo da execução dos serviços e também os seus custos diretos e indiretos.

Como exemplo, a incompatibilidade das dimensões dos *inserts* – elementos chumbados na laje durante a concretagem para receber as ancoragens de fixação dos painéis - com os esforços atuantes na fachada, principalmente os relativos às pressões de vento, não teria ocorrido se esse aspecto tivesse sido examinado convenientemente durante a concepção do projeto. As ancoragens e inserts metálicos, bem como as grapas e chumbadores, foram projetados diretamente pela HYDRO. A equipe técnica da obra “suspeitou” que o projeto dos inserts não estava respeitando as normas técnicas, nem levava em conta as características da estrutura do concreto. Ora, com base em análise técnica executada pelos projetistas envolvidos – ENGEBRAT e FRANÇA E ASSOCIADOS – e pelo departamento técnico da TECNUM CONSTRUTORA, ficou constatada a necessidade de execução desses reforços.

Definiu-se com aprovação de todos os responsáveis diretos, inclusive e principalmente da consultoria, que não poderiam mais ser admitidos materiais e serviços não contratados inicialmente. Essa resolução deveu-se aos custos elevados e não previstos em orçamento, que recairiam sobre a obra.

Um exemplo disso, foi a necessidade de estruturas metálicas auxiliares para apoiar os painéis nas regiões não previstas pela estrutura, e as respectivas ancoragens “especiais”, indispensáveis para fixação dos painéis nessas estruturas. Tais estruturas auxiliares trouxeram enormes transtornos à produção, ficavam na dependência de contratação de projetos extras e busca de fornecedores específicos. Disso resultou atraso considerável nos serviços.



**Figura 65 - Estrutura metálica auxiliar para suporte de painel**

Outro aspecto que serviria de exemplo, foram os serviços de topografia, que não faziam parte do escopo da instaladora dos painéis. Como não considerar tais serviços, se deles dependia o início de todo o processo de montagem? O gerenciamento da equipe de topografia foi feito pela engenharia da obra, que assumiu também todo o planejamento e responsabilidade pela execução desses serviços, onerando com isso o custo fixo da obra, que não fora dimensionado para tal.

O projeto foi concebido e aprovado, contratando-se a instaladora sem levar-se em conta porém as enormes dificuldades para transporte das pesadas peças para os locais de instalação, a altura do prédio e a simultaneidade de execução da fachada com a estrutura. A difícil solução para o transporte vertical dos painéis consumiu um tempo enorme de todos os envolvidos e os custos - não previstos - repassados ao orçamento da obra. Para se ter uma idéia, o custo de projeto e locação do equipamento (guincho tipo cremalheira) atingiu o dobro do custo de um equipamento convencional.

Para o fornecedor das esquadrias, que foi também o fabricante dos painéis e responsável pela instalação, o maior prejuízo deveu-se ao alto custo dos equipamentos de içamento e transporte das peças para instalação. Devido aos vários recortes do projeto arquitetônico, tornou-se necessário desenvolver-se equipamentos específicos para cada situação de montagem, o que onerou, em muito, a previsão orçamentária para tal. Segundo a ALGRAD, a despesa com esses equipamentos especiais, incluindo-se aí o projeto, montagem, desmontagem e locação, foi duas vezes e meia superior à prevista, e com isso o seu lucro foi reduzido.



**Figura 66 - Equipamento para instalação dos painéis da fachada CPTM.**

A difícil implementação desse sistema na obra teve seu ápice nos perfis de canto, que, consoante o descrito no capítulo 3 deste trabalho, trouxe prejuízo a todos os envolvidos: à HYDRO, na perda do material já produzido e inutilizado devido a inexequibilidade do projeto, isso, acrescido da confecção de novas ferramentas de extrusão após a solução da divisão do painel único em três painéis distintos; à ALGRAD, que teve sua produção bastante reduzida durante o processo de solução do problema, fazendo com que a mão de obra de que dispunha se tornasse ociosa nesse período, e, finalmente, prejuízo para a obra, que teve de adiar os serviços internos que dependiam da fachada executada.

Para melhor entendimento, pode se elaborar uma tabela contendo os serviços e materiais adicionais necessários para a execução da fachada e considerados extras no orçamento da obra:

ITEM	FUNÇÃO	RESPONSABILIDADE
Guincho tipo cremalheira especial	Transporte vertical dos painéis	Instaladora
Serviços de Topografia	Locação de <i>inserts</i> e ancoragens	Instaladora
Estruturas metálicas auxiliares	Fixação dos painéis em locais não previstos pela estrutura	Projeto de estrutura
Reforços dos <i>inserts</i>	Atender às solicitações de esforços não previstos oriundos das ancoragens	Compatibilização dos projetos de estrutura com o projeto executivo do sistema adquirido.
Ancoragens especiais	Fixação dos painéis em condições atípicas da estrutura ou nas estruturas auxiliares.	Projeto executivo da instaladora

**Tabela 3** - Itens não previstos no escopo original do contrato com o fornecedor das esquadrias, que vieram a onerar os serviços.<sup>13</sup>

As vantagens obtidas pelo empreendimento com o sistema de painéis pré-fabricados na fachada foram inegáveis. Seus futuros usuários, terão maior conforto térmico -

<sup>13</sup> A tabela registra as funções dos itens descritos e de quem seria a responsabilidade no entender do autor deste trabalho.

• devido principalmente à composição dos painéis em vidro e granito na fachada norte, e consequente menor consumo de energia para condicionamento de ar no interior dos conjuntos - e também conforto acústico, devido às características de seus componentes e à perfeita integração entre os painéis. Isto sem levar em conta a diminuição dos efeitos patológicos da dilatação térmica da estrutura do edifício. Também minimizou o problema muito comum em fachadas, pois as possíveis infiltrações ficarão alojadas dentro do próprio painel, tornando fácil a sua detecção e manutenção.

Ficou claro que, se o projeto arquitetônico não exigisse tantos detalhes e as dimensões dos painéis fossem mais reduzidas, a montagem de painéis pré-fabricados na fachada do e-Tower São Paulo traria todas as vantagens pretendidas pela detentora do sistema adquirido.

O orçamento da obra, apesar do custo elevado do sistema, não ficaria comprometido dessa maneira se todas as responsabilidades fossem definidas e registradas nos contratos.

Todo o projeto executivo da fachada foi elaborado pela ALGRAD, a partir de projeto desenvolvido pela AEC e supervisionado pela HYDRO, detentora da tecnologia do sistema. O desenvolvimento do projeto foi feito de acordo com o contrato firmado entre os envolvidos e a TECNUM CONSTRUTORA.

Várias foram as mudanças organizacionais nos processos de gestão do empreendimento e da produção da obra. Como exemplo é citada a alteração da seqüência de execução dos serviços internos, a revisão das normas de segurança, as adequações necessárias ao projeto original, que acabaram por trazer atrasos significativos no cronograma da obra e o aumento excessivo do período de estoque, o que gerou danos nas peças.

BARROS [1996] ensina “que é relevante a importância de se ter mecanismos sistematizados, ou seja, metodologias que auxiliem as empresas a aprenderem as

tecnologias disponíveis, permitindo-as assim implantarem efetivamente em seu sistema de produção, as tecnologias que não são do seu domínio”.

Dentro desse entendimento, acredito que a procura pela melhor tecnologia deveria ser precedida de um aprendizado eficaz para conhecimento pleno de todas as principais barreiras para sua implantação e para minimização de transtornos na execução.

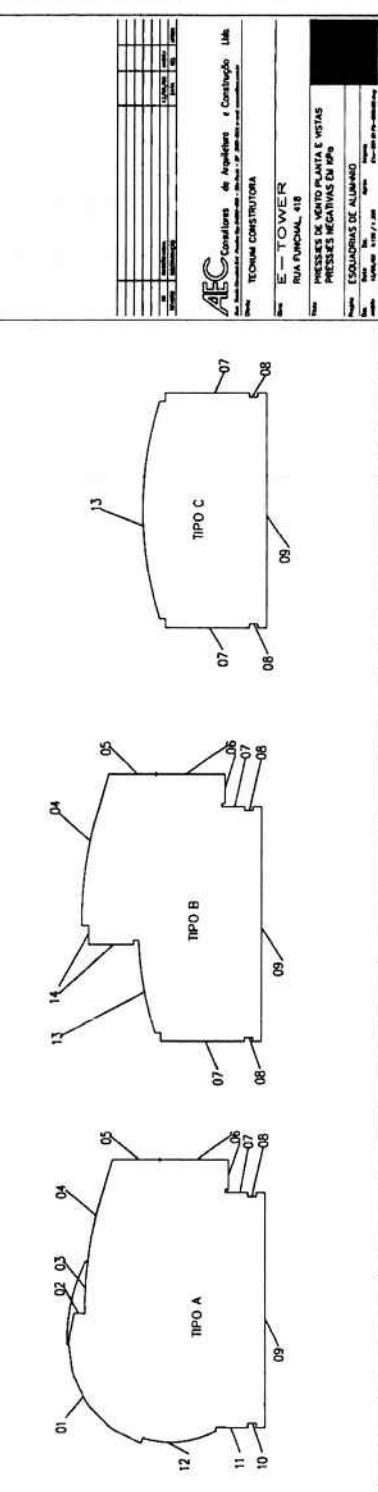
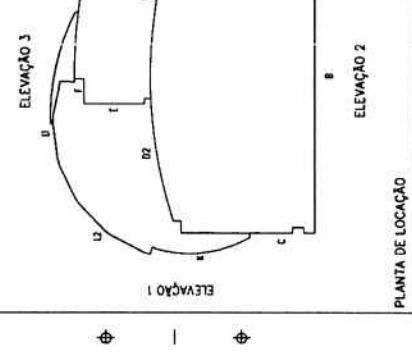
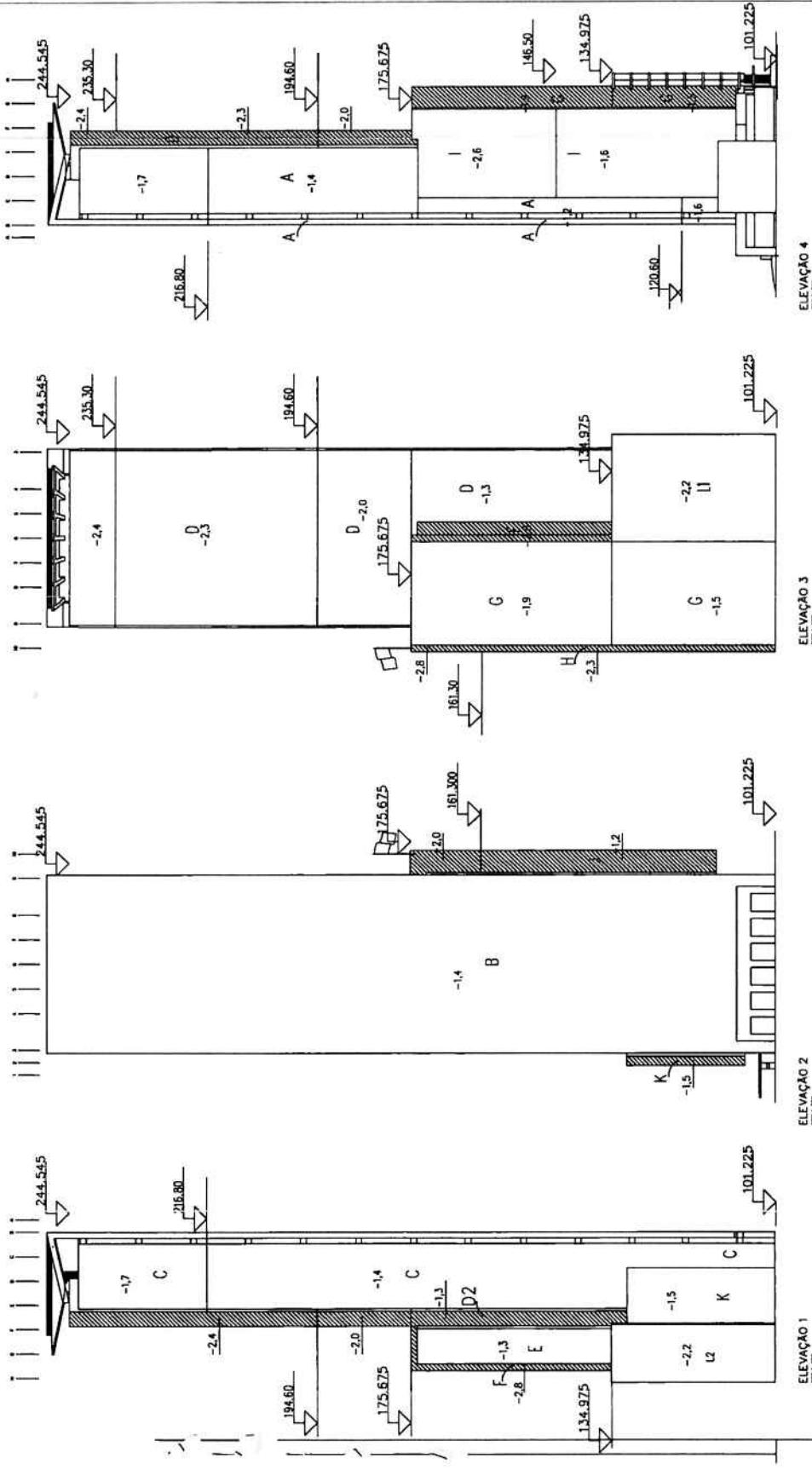
Portanto, toda a cautela deve ser adotada na aquisição de novas tecnologias: uma vez que importar tecnologia sem desenvolvimento local poderá até transformar-se em armadilha. Devem ser obtidos pareceres de especialistas sobre todas as alternativas de sistema compatíveis com o projeto e ao projetista do sistema deverá ser assegurada a responsabilidade indispensável para sua exeqüibilidade e interfaces com os demais subsistemas.

“Tecnologia não é algo que se importe ou exporte, ou que se compre ou venda, como são os instrumentos e máquinas. Ela é algo que, quando não se tem, deve-se aprender” [VARGAS, 1994 apud MATOS, 2001].

A execução desse projeto, como aqui ficou exposto, trouxe inúmeras lições, que se observadas, de futuro, trarão consideráveis vantagens a aqueles que se propuserem a realizar uma obra com as características desta que objetivou as observações relatadas.

**ANEXO A: Situação em planta das posições das tipologias dos painéis e os esforços de vento atuantes na fachada.**

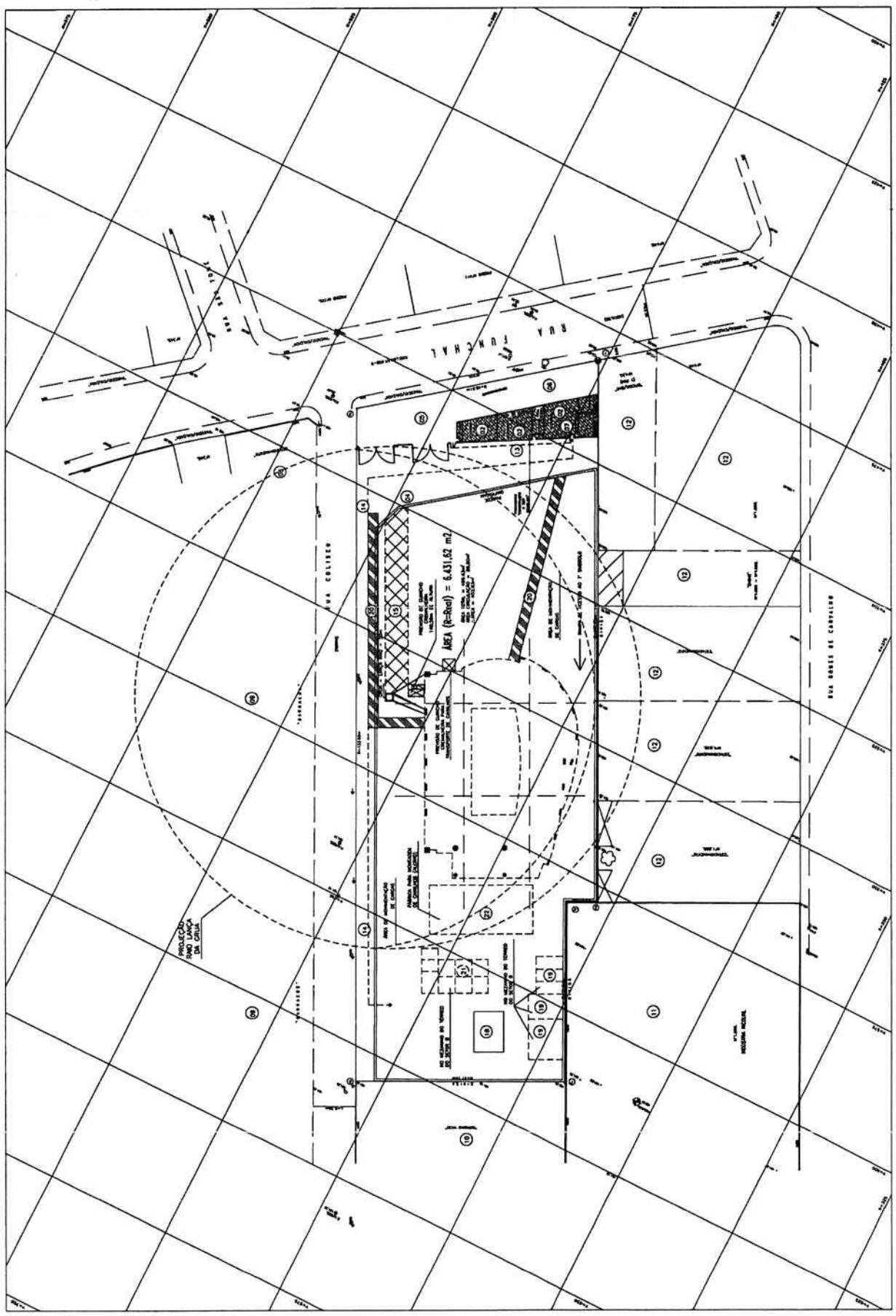
Fonte: AEC.



**AC** Consultores de Arquitetura e Construção Ltda.  
TECNIM CONSTRUTORA  
E — TOWER  
RUA URCAHOL, 416  
PRESSES DE VENTO PLANTA E VISTAS  
ESQUEDAS DE ALUMINIO  
NORMA: NBR 10.000  
NORMA: NBR 10.000

**ANEXO B: Projeto do canteiro da obra.**

Fonte: Engenharia da obra.



## **ANEXO C: Legenda do projeto do canteiro.**

Fonte: Engenharia da obra.

Tecnum & Corporate  
Empreendimentos Imobiliários Ltda  
Rua Funchal 375 9º andar  
04551-060 São Paulo SP  
Tel (11) 3044 4333 Fax (11) 3044 4899  
[www.tecnum.com.br](http://www.tecnum.com.br)  
[tc@tecnum.com.br](mailto:tc@tecnum.com.br)



### Legenda do Canteiro: Obra e-TOWER-(20/10/03)

- (01)- Calçada - Via Pública (Rua Funchal).
- (02)- (Portaria)- Portão de Acesso a Funcionários/visitantes.
- (03)- Portão de acesso de veículos/caminhões.
- (04)- Galeria de acesso à obra (pessoas)
- (05)- Área para Carga e Descarga de Materiais Diversos (veículos/caminhões).
- (06)- Área reservada para armazenamento de aço.
- (07)- Área Definida Para Movimentação de Carga Suspensa no Canteiro de Obra (Grua).
- (08)- Local Reservado Para Reciclagem de Lixo (Caçambas).
- (09)- Local Restrito Para içamento de Caixilhos do 1º Sub-Solo Para o Térreo.
- (10)- Guincho Cremalheira Convencional Para Transporte de Pessoas ou Materiais.
- (11)- Guincho Cremalheira “Especial” Para Transporte Vertical Dos Caixilhos.
- (12)- Percurso Delimitado para Carga/descarga para Grua, onde a mesma será recuada até a Cabine.
- (13)- Galeria De Acesso Ao Guincho Cremalheira Convencional, Quando Houver Trabalhos Com Caixilhos No Térreo.
- (14)- Local Reservado Para Armação de Vigas, Pilares e Escadaria.
- (15)- Local Reservado Para Armazenamento de Sacarias.
- (16)- Galeria de Acesso às Áreas De Vivência e Administração da Tecnum/Mascon.
- (17)- Serra Circular Situada no Térreo do Setor B.
- (18)- 1º Sub-Solo: Fábrica da Algrad/Tecnal (Montagem de Caixilhos).
- (19)- Mezanino B: Almoxarifados, Dependências de Empreiteiros e Sanitários da Administração da Tecnum, Mascon e Algrad/Tecnal.
- (20)- 1º Pavimento A: Departamento de Engenharia da Tecnum (Administração).
- (21)- 1º Pavimento B-Áreas de Vivência: Vestiários, Refeitório/escolinha, Local Para banho (Chuveiros).
- (22)- 2º Pavimento B: Banheiros/ Instalações Sanitárias.
- (23)- 2º Pavimento B: Local Reservado aos aquecedores/botijões de Gás.
- (24)- 2º Pavimento B: Serra Policorte.
- (25)- Terreno CPTM/Estacionamento Estapar.
- (26)- Terreno Vazio.
- (27)- Residências/Barracos.
- (28)- Local Reservado Para Moldagem de Corpos de Prova e Depósito de Produtos Inflamáveis.



**ANEXO D: Plano de Controle para Segurança e Saúde Ocupacional nº 25: Montagem de painéis pré-fabricados de alumínio para fachada.**

Fonte: TECNUM CONSTRUTORA.

**ATIVIDADE: MONTAGEM DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE ALUMÍNIO  
PARA FACHADA**
**Versão: 02**
**SIGNIFICÂNCIA DO RISCO: MODERADO / SUBSTANCIAL**
**Métodos Preferenciais de Controle de Risco**

<b>A</b>	Eliminação conjunta e combate na fonte	<b>F</b>	Proteção individual
<b>B</b>	Redução	<b>G</b>	Composição de medidas
<b>C</b>	Adaptação do trabalho	<b>H</b>	Manutenção planejada
<b>D</b>	Progresso tecnológico	<b>I</b>	Providências para emergência
<b>E</b>	Proteção coletiva	<b>J</b>	Monitoração e medição pró-ativas

NATUREZA DO PERIGO		MÉTODO DE CONTROLE DE RISCO	PLANO DE CONTROLE
<b>FÍSICO</b>	Radiações	G	Treinar itens de segurança por função (TSF). Utilizar EPIs e SPCs adequados. Manter o local limpo e organizado.
		J	Inspecionar e liberar o trabalho com os PEPIS – procedimentos de execução de inspeção de serviços.
		E	Utilizar anteparos que protejam adequadamente o local de trabalho, ou isolamento que impeçam o lançamento de respingos de solda ou partículas incandescentes.
<b>ERGONÔMICO</b>	Postura incorreta	A	Executar treinamento de ergonomia no treinamento de Integração.
<b>ACIDENTES</b>	Esmagamento de órgãos Queda de materiais Queda de pessoas	B	Treinar os funcionários quanto ao risco de esmagamento de órgãos nas atividades de içamento e montagem.
		E	Colocar tela de proteção em todo o perímetro do corpo do prédio no térreo, isolando a periferia da área interna.
		E	Instalar sistema de isolamento da área, quando da movimentação das peças.
		E	Bloqueio Primário: Nos andares em que forem retirados os reescoramentos, deverá ser executada uma proteção com tela de altura mínima de 2 metros, cabo de aço e esticadores isolando a periferia até a execução das proteções metálicas individuais dos vãos de acesso à laje.



## **PLANO DE CONTROLE PARA SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL**

PCSSO  
Anexo 2 / V.03  
PG-SSO-02

N.º 25

A C I D E N T E S	E	Bloqueio Secundário: O acesso à laje será bloqueado através de portas com cadeados que impedirão a entrada de funcionários não habilitados para o serviço. O controle de chaves será de responsabilidade do auxiliar administrativo da obra.
	E	Deverá ser fixado internamente à estrutura, um cabo de aço de diâmetro de $\frac{1}{2}$ polegada, com distância mínima de 3m da periferia, onde os funcionários deverão atar o cinto de segurança tipo pára-quedista, com limitador de distância ou trava-quedas retráteis. Será permitido um número máximo de 5 funcionários para fixação do cabo de aço utilizado como guia que deverão receber treinamento específico para essa atividade.
	E	A área de içamento da peça deverá ser totalmente isolada no térreo e nela deverão permanecer somente pessoas diretamente envolvidas com a execução do serviço.
	E	O acesso à obra deverá ser feito preferencialmente pelo subsolo ou por galeria com cobertura e fechamento lateral.
	C	O içamento deverá ser liberado pelo sinaleiro, ficando sob sua responsabilidade até que o líder da montagem tenha total controle visual da peça. A partir desse instante, o líder assumirá o controle do posicionamento da peça.
	E	Com a impossibilidade de montagem de bandejas secundárias, deverá ser montada uma estrutura de tela, de acordo com o PEPIS-32, que será suportada por estruturas metálicas com 1,80m de altura, 60cm de projeção externa, fixado na última laje concretada através de 4 parafusos com chumbadores de $\frac{1}{2}$ " e corda de nylon de $\Phi 10\text{mm}$ na parte superior do suporte metálico, servindo de base para a tela que deverá envolver os 2 andares imediatamente abaixo. Deverão ser previstos ganchos a cada 4m para a passagem da corda de nylon de 10mm que servirá como ponto de fixação inferior da tela
	E	Este Plano de Controle deve ser ratificado por acordo tripartite entre a Delegacia Regional do Trabalho, Sindicato dos Trabalhadores e o Sindicato da Indústria da Construção Civil e a Construtora.

**ANEXO E: Plano de Controle para Segurança e Saúde Ocupacional nº 26: Fabricação painéis pré-fabricados de alumínio para fachada.**

Fonte: TECNUM CONSTRUTORA.

**N.º 26**

**ATIVIDADE:** Fabricação painéis pré-fabricados de alumínio para fachada

**Versão: 01**

**SIGNIFICÂNCIA DO RISCO:** Moderado

Métodos Preferenciais de Controle de Risco						
<b>A</b>	Eliminação conjunta e combate na fonte	<b>F</b>	Proteção individual			
<b>B</b>	Redução	<b>G</b>	Composição de medidas			
<b>C</b>	Adaptação do trabalho	<b>H</b>	Manutenção planejada			
<b>D</b>	Progresso tecnológico	<b>I</b>	Providências para emergência			
<b>E</b>	Proteção coletiva	<b>J</b>	Monitoração e medição pró-ativas			

NATUREZA DO PERIGO		MÉTODO DE CONTROLE DE RISCO	PLANO DE CONTROLE		
<b>FÍSICO</b>	Ruido Radiações	<b>F</b>	Treinamento de Segurança por Função (TSF) e utilização dos equipamentos de proteção individual.		
<b>INTES</b>	Corte Choque elétrico Queda de materiais Explosão / Incêndio Projeção de fagulhas	<b>C</b> <b>F</b> <b>J</b> <b>J</b> <b>E</b>	Treinamento de Segurança por Função (TSF). Utilização dos equipamentos de proteção individual. Liberação e inspeção diária dos equipamentos de içamento de materiais Restrição dos líquidos inflamáveis (TPAM) Prever mecanismos que isolem adequadamente o local de trabalho e impeçam respingos de solda ou de partículas incandescentes em área de livre acesso.		

## **ANEXO F: Programação Semanal de Serviços.**

Fonte: Engenharia da obra.



**ANEXO G:Controle de recebimento dos quadros.**

Fonte: Engenharia da obra.

**CONTROLE DE RECEBIMENTO DE "QUADROS"  
ALGRAD**

Pág. 1 / 2

DATA	NF	ROMANEIOS	PAVIMENTO	"VENEZIANAS"	QUANT.TOTAL	QUANT. MÊS
27/10/2003	2846	2933 / 2934	P11 / P12 / P13	M104	1	25
31/10/2003	2650	2937 / 2936	P12 / P13 / P14	M104	1	25
4/11/2003	2877	2938 / 2939	P14	-	-	18
7/11/2003	2686	2945 / 2946	P14 / P15	M98 / M104	4	29
12/11/2003	2695	2951 / 2952	P15 / P16	-	-	20
14/11/2003	2696	2953 / 2954	P16	M98 / M104	2	24
20/11/2003	2708	2962 / 2963	P13 / P15 / P16 / P17	-	-	24
24/11/2003	2710	2965 / 2964	P17 / P18	M98 / M104	2	26
27/11/2003	2712	2967 / 2968	P9 / P10 / P11 / P18	-	-	23
2/12/2003	2718	2976 / 2977	P15 / P16 / P17	-	-	24
4/12/2003	2722	2983 / 2984	P16 a P19	M98 / M104	4	30
8/12/2003	2724	2987 / 2988	P19 / MP19	-	-	24
11/12/2003	2729	2993 / 2994	MP19 / P20 / P21	M98 / M104	2	30
12/12/2003	2731	2996 / 2997	P22 / P23	-	-	24
16/12/2003	2734	3001 / 3002	P22 a P25 (coliseu)	-	-	26
18/12/2003	2740	3007 / 3008	P25 / P26 / P26	-	-	22
6/1/2004	2743	3011	P27 / P28	-	-	11
9/1/2004	2744	3016 / 3015	P14 / P15 / P12 / 25a28	-	-	26
14/1/2004	2750	3020 / 3021	P9 a P18	-	-	24
16/1/2004	2760	3025 / 3026	P11a P15	-	-	22
28/1/2004	2769	3035 / 3036	P17 a MP19	-	-	24
21/1/2004	2763	3019 / 3030	P16 a P19	-	-	24
5/2/2004	2777	3039	P19 / P20	-	-	22
9/2/2004	2789	3041	P3 / P4 / P20 / P21	-	-	20
10/2/2004	2794	3047	P3 a P5	-	-	10
13/2/2004	2799	3048	P / P7 / P8	-	-	20
18/2/2004	2807	3051	P8 / P9	-	-	20
25/2/2004	2813	3052	P6 / P7 / P10 / P11	-	-	18
27/2/2004	2815	3053 / 3054	AL1 (6º) / P11 / P12	-	-	20
2/3/2004	2820	3056	P13 / P14	-	-	23
4/3/2004	2822	3058 / 3059	P14 / P15 / P16	M98 / M104	6	23
5/3/2004	2823	3060	P16 / P17 / P18	-	-	20
9/3/2004	2829	3063	P18 / P19	-	-	13
12/3/2004	2829	3064	P19	-	-	22
16/3/2004	2837	3066	P19	-	-	18
18/3/2004	2741	3067	P19 / MP19	-	-	20
19/3/2004	2845	3070	MP19	-	-	18
24/3/2004	2847	3071 / 3072	P19 / MP19 / P20	-	-	25
30/3/2004	2854	3077	P20 / P21	-	-	17
31/3/2004	2857	3078	P21 / P22	-	-	22
2/4/2004	2859	3081 / 3082	P22 + PORTAS	-	10	22
6/4/2004	2862	3083	P22	-	-	21
13/4/2004	2869	3086 / 3089	P21 / P23 / P24 / P25	-	-	32
14/4/2004	2873	3090	P24 / P25	-	-	22
15/4/2004	2878	3091	P24 / P25 / P26	-	-	22
16/4/2004	2879	3093	P24 / P26	-	-	24
20/4/2004	2883	3095	P25 / P26	-	-	22
26/4/2004	2888	3098	P29 / P30	-	-	22
14/5/2004	2935	3131	P29 / P30 / P31 / P32	-	-	26
17/5/2004	2939	3132	P32 A P34 / P26 / P27	-	-	21
28/5/2004	2975	3150/3152/3153	P27 + ARREMATES 6º	M98 / M104	11	10
29/5/2004	2979	3154	P27	-	-	11
<b>TOTAL</b>				43	1.131	1.131

**ANEXO H: Controle da montagem, colagem e instalação  
dos painéis.**

Fonte: ALGRAD.

PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DE INSTALAÇÃO DOS CAIXILHOS

P30*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P35*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P34*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P33*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P32*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P31*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P30*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P29*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P28*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P27*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P26*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P25*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P24*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P23*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P22*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P21*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P20*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P19*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P18*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P17*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P16*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P15*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P14*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P13*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P12*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P11*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P10*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P9*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P8*	M70	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78	M79	M80	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88	M89			
P7*																		M52	M53	M54	M55	M56	M57
P6*																		M52	M53	M54	M55	M56	M57
P5*																		M52	M53	M54	M55	M56	M57
P4*																		M52	M53	M54	M55	M56	M57
P3*																		M52	M53	M54	M55	M56	M57
P2*																		M52	M53	M54	M55	M56	M57
P1*																		M52	M53	M54	M55	M56	M57
TER																							

TOTAL DE CAIXILHOS 2.006

TOTAL DE CAIXILHOS INSTALADOS 2.006

TOTAL DE CAIXILHOS A SEREM INSTALADOS 0

TERREO TOTAL DE CAIXILHOS 0

TOTAL DE CAIXILHOS INSTALADOS 0

TOTAL DE CAIXILHOS A SEREM INSTALADOS 0

**ANEXO I: Síntese cronológica da execução da fachada.**

Fonte: Engenharia da obra.

## SÍNTESE CRONOLÓGICA DA EXECUÇÃO DA FACHADA DO E-TOWER

### 2002:

1- 02/12/02 – Previsão do início de instalação dos painéis pré-fabricados na fachada, exceto prumada da grua: 29/01/03.

2 - 06/12/02 – Solicitação da troca do ferramental (quatro ferramentas), o que ocasionará atraso de seis semanas na produção dos perfis. Esta troca é necessária para adequação dos perfis às novas espessuras dos vidros. Foi definida anodização natural dos perfis.

3 – 17/12/02: Constatação do atraso na entrega do alumínio para anodização, em teste lixa especial para retirada de "manchas". Início de montagem previsto para 26/01/03.

4 - 19/12/02 – Apresentação das amostras dos perfis polidas e anodizadas na ANOCOLOR. Solicitadas amostras de outras empresas, que receberiam as peças da Hydro até 23/12. O padrão das peças foi aprovado. Os perfis foram liberados para extrusão sem os sulcos.

### 2003:

5 – 08/01/03 – Pediu-se atenção especial nas folgas dos painéis tomando como base a deformação lenta da estrutura, fluênciac, etc. A consideração deveria ser "exagerada". Definiu-se o envio de lote de inserts para ensaios no IPT, com elaboração do laudo respectivo e ART. (resp. ALGRAD) A HYDRO enviará especificação da chapa, da solda (comprimento do cordão, etc) dos inserts.

6 – 15/01/03 – Definiu-se a produção dos inserts com um furo central a partir do 14 pavimento. Todos os módulos serão reduzidos em 5 mm. Luis Carlos definirá a data final de produção das ferramentas. A amostra de anodização da ANOCOLOR foi aprovada.

7 – 07/02/03 – Previu-se a data para início de montagem 03/03.

8 - 28/04/03 – Foi feita nova previsão para início de montagem 19/05.

9 - 12/05/03 – A data prevista para início da fachada ficou comprometida com a quebra do equipamento stamp. Nova previsão para dia 26/05.

10 - 13/05/03 – A ALGRAD questiona a qualidade da extrusão dos perfis que estão sendo enviados à obra. Os perfis com defeito estão sendo separados na obra para reposição pela HYDRO, que se comprometeu a acompanhar o processo de anodização na ANOCOLOR. Será feita uma comparação entre a amostra ruim e as peças já reprovadas. A HYDRO se comprometeu também a acompanhar a produção de um lote até o final do processo. A reposição dos perfis com problemas, será feita em caráter emergencial. Previsão para início da produção da fachada: 02/06/03.

11 – 04/06/03 – A HYDRO apresentou amostras do perfil 06.069 aprovada e definida como "mínimo aceitável". A ALGRAD fará a comparação com os perfis em estoque e separará as peças a serem repostas.

12 – 10/06/03 – Os *inserts* metálicos foram calculados pela HYDRO, como todos os tipos de fixação. Foram aprovados pela AEC. Assim, cópias do projeto aprovado serão enviadas a TECNUM. O projeto do insert está no projeto aprovado da ALGRAD. AFLALO enviará a AEC e, conforme projeto ENGETHERM, deverá ser projetado o caixilho motorizado e orçado pela ALGRAD.

13 – 01/07/03 – Apresentaram-se os memoriais de cálculo de dimensionamento das ancoragens dos dois tipos. Também foram apresentados os cálculos das buchas p/ fixação das ancoragens até o oitavo andar. Pediram-se ainda as seguintes providências: Atualização do projeto HYDRO com os dois tipos de ancoragens; paralisação da instalação da fachada do fundo até aprovação do projetista estrutural; execução de projeto dos inserts e execução de ensaios metalográfico e arrancamento.

14 – 21/07/03 - Problemas com o alumínio não permitem a montagem dos painéis de canto.

15 – 24/07/03 – TECNUM solicita paralisação da execução dos serviços de fachada em face do não cumprimento pela ALGRAD do projeto relativo à proteção antigalvânica.

16 – 30/07/03 – PERFIS DE CANTO: A HYDRO verificará – em testes – a tolerância para extrusão. Solicitou-se a AEC procedimento para controle de qualidade dos painéis (check list para inspeção) e ficou definido que as barras de içamento deverão possuir loctite nos parafusos de fixação. Nos painéis já instalados deverão ser aplicadas arruelas de pressão para absorver vibrações.

17 – 31/07/03 – PERFIS DE CANTO: Informa a AEC a paralisação da obra devido a problemas de montagens dos módulos de canto e desconhecimento da solução da HYDRO para problemas de extrusão dos perfis de canto.

18 – 04/08/03 – Definida a instalação de arruelas de pressão nos painéis não instalados e aplicação de cola nos instalados. A fita TARTAN foi liberada para instalação até nova especificação AEC. PERFIS DE CANTO: todo o alumínio será devolvido e se possível, a ferramenta deverá ser corrigida. A solução deverá ser dada em 15 dias. A ALGRAD revisará ancoragens com alguns pontos de corrosão.

19 - A TECNUM solicitou a entrega dos projetos aprovados pela AEC e HYDRO.

20 – 06/08/03 - a ENGEBRAT entrega os cálculos dos esforços nos painéis e nos suportes e chumbadores do primeiro ao oitavo andar. Como solução para o problema encontrado, serão soldados reforços nas ancoragens tipo U. Foi proposto a fabricação de novos inserts a partir das soluções técnicas para andares do 25 para cima.

21 – 11/08/03 – A HYDRO contesta algumas considerações do relatório ENGEBRAT. Para atender as necessidades dos perfis, as presilhas deverão ser fabricadas com maior folga. PERFIS DE CANTO: As ferramentas estão em teste e o início da fabricação está previsto para 2/08, com entrega na obra em 12/08. Os serviços da ALGRAD ficarão paralisados até que a HYDRO defina e produza as novas presilhas. A obra cobra os relatórios de inspeção da AEC.

22 – 12/08/03 – A HYDRO programa entrega do projeto aprovado da ALGRAD em 18/08. A diferença das juntas dos painéis está em estudo. A ENGEBRAT será questionada se a HILT endossar os cálculos da HYDRO para os chumbadores.

23 – 18/08/03 – A fabricação dos painéis foi paralisada pela ALGRAD para fabricação das presilhas, pela HYDRO, com novas medidas.

24 – 27/08/03 – Permanece em estudo a diferença das juntas dos painéis.

25 - 08/09/03 - Projeto do caixilho motorizado para a ALGRAD será enviado em 09/09. Será feita vistoria nas juntas dos painéis em 09/09 pela HYDRO. Os consultores contratados pela ALGRAD (Projeta, Alaxis e Intentu) aprovam os cálculos dos inserts das ancoragens.

26 – 22/09/03 – Não foi o projeto do caixilho motorizado pela FERMAX, ele deverá ser refeito pela HYDRO para aprovação posterior pela TECNUM. Nova vistoria foi marcada para verificação dos problemas das juntas dos painéis dia 29/09. A ENGEBRAT fará considerações a respeito do laudo da Intentu. A HYDRO não se responsabilizará pela fixação dos painéis das fachadas superiores. Assim, o responsável pelo dimensionamento será a ENGEBRAT. A HYDRO fornecerá as dimensões e geometria das peças e suas respectivas cargas atuantes.

27 – 29/09/03 – PERFIS DE CANTO: produção liberada com o início da montagem previsto para 06/10/03. Aguardando posição UDINESE para caixilho motorizado. Foi constatada deformação dos perfis pela HYDRO. Será testado o uso de sargentos para eliminar a diferença. A HYDRO fará inspeção da instalação dia 06/10. A ENGEBRAT reprovou o laudo Intentu.

28 – 29/10/03 – Os reforços das ancoragens L são obrigatórios e definitivos, segundo considerações do FRANÇA. PERFIS DE CANTO: entrega 27/11. Início de montagem: 07/12.

29 – 03/10/03 – AEC se manifesta contrária à desativação da fábrica instalada na obra, e anuncia contratação de engenheiro para *check list* de verificação da produção, com início previsto para a próxima semana.

30 – 06/10/03 – PERFIS DE CANTO: em fase de anodização, início de montagem previsto para 08/10.

31 – 13/10/03 – PERFIS DE CANTO: problemas na fabricação dos módulos de canto devido a defeitos nos perfis. Programado teste AFEAL para 20/10, data essa sujeita a confirmação. A ALGRAD registra que não haverá nenhum problema de produtividade por motivos de desativação da fábrica da obra e que serão mantidas as equipes de colagem e montagem de vidros e granitos.

32 – 20/10/03 - PERFIS DE CANTO: ainda em fase de viabilidade técnica a execução dos módulos de canto. Foram constatados em reunião com a HYDRO problemas nos perfis compostos. Enviou-se então, uma carta pela AEC para a TECNUM enquanto a HYDRO está analisando novo projeto com a produção da extrusão na fábrica, conforme solicitação da AEC. Deverão ser analisadas também a execução, montagem e instalação dos perfis reprojetados, com alternativas de campo.

33 – 27/10/03 – A HYDRO se manifesta para a TECNUM com relação ao cumprimento dos prazos de execução da obra decorrentes de problemas da montagem nas fachadas devido ao PERFIL DE CANTO. Segundo a HYDRO serão fabricadas novas ferramentas para esse tipo de perfil, de forma que os cantos não serão mais conjuntos e sim individuais, liberando a montagem da fachada. Dessa decisão, surgiu a necessidade da fabricação de pelo menos quatro novas ferramentas de extrusão e a consequente produção de novos perfis além da devolução dos perfis já entregues, isto, sem ônus para a obra.

34 - 03/11/03 - Agendado ensaio AFEAL para 04/11. Ferramentas prontas para execução do caixilho motorizado. PERFIS DE CANTO: em fase de fabricação das ferramentas. Previsão para ficarem prontas em 06/11, enviar para ALGRAD amostras dos perfis em 07/11. A HYDRO fará vistoria com a AEC para resolver problema da

abertura das juntas dos painéis. A retirada dos perfis de canto não utilizados deverá ser imediata.

35 – 10/11/03 – PERFIS DE CANTO: as amostras prometidas pela HYDRO a ALGRAD não foram enviadas em 07/11. A HYDRO fará então a troca das peças dos perfis de canto na obra até 14/11. A HYDRO enviou para AEC carta com especificações dos motores dos caixilhos motorizados. A TECNUM recebeu para analisar reconsiderações do engenheiro DELABELA sobre os *inserts*. A reposição dos materiais pela HYDRO será feita até 20/11.

36 – 26/11/03 - Solicitado pela AEC a retirada do granito do protótipo, devido a problemas na montagem. Será marcada nova data para o ensaio (pré-teste). PERFIS DE CANTO: a HYDRO não enviou para ALGRAD protótipo do perfil para verificações. A troca das gaxetas e o problema das juntas ainda não foi solucionado.

37 – 20/11/03 – Ficou decidido que o protótipo será totalmente desmontado e remontado exatamente nas condições de obra para ser submetido a novo teste. PERFIS DE CANTO: não foi enviado o protótipo do perfil pela HYDRO. Não foi feita troca das gaxetas, o problema das juntas dos painéis continua em aberto e a proposta de *check list* não foi enviada. Atraso na colagem das placas por problemas na máquina.

38 – 27/11/03 – Relatadas à HYDRO as dificuldades que a obra vem tendo no desenvolvimento das atividades das esquadrias e o resultado insatisfatório dos ensaios de estanqueidade na AFEAL. Foi solicitado a HYDRO esforços para sanar as dificuldades existentes. PERFIS DE CANTO: ferramentas deverão estar prontas até dia 18/12. Novo teste da AFEAL dia 10/12. Serão levantados os custos referentes aos reforços necessários nos inserts dimensionados pela HYDRO para análise e responsabilidades.

39 – 10/12/03 – PERFIS DE CANTO: A HYDRO se compromete, através do Sr. Amauri, a entregar as peças até dia 18/12 para anodização. Três ferramentas já estão prontas hoje e 1 ficará pronta amanhã. A instalação está prevista somente para janeiro/04.

40 – 18/12/03 - **PERFIS DE CANTO:** HYDRO informa que todas as ferramentas foram liberadas para teste dia 11/12/03, todas elas, porém, ainda apresentaram problemas.

41 – 19/12/03 – **PERFIS DE CANTO:** as ferramentas ainda estão sendo reguladas, exceto a de número 06182, que produziu 600 kg e produzirá até 20/12 1.500 kg.

42 – 23/12/03 – **PERFIS DE CANTO:** Problemas de planicidade nas ferramentas 06179 e 06181. A ferramenta 06180 entra em produção hoje e a 06182 ainda falta produzir 800 kg.

**2004:**

43 - 07/01/04 – As gaxetas internas não foram entregues pela HYDRO para montagem do protótipo AFEAL. Solicitada a AEC aprovação do projeto AL-1, projeto de relocação dos retentores e ancoragens especiais do 19 andar.

44 – 14/01/04 – **PERFIS DE CANTO:** modelo aprovado, a partir de vistoria da HYDRO. Aguardando entrega para anodização. AEC por estar envolvida com o silicone Glase, não marcou o ensaio AFEAL, e prometendo faze-lo amanhã.

45 – 20/01/04 – **PERFIS DE CANTO:** A HYDRO comunicou a ALGRAD que entregaria o material hoje, para anodizar.

46 – 21/01/04 – HYDRO envia e-mail a ALGRAD dando conta da magnitude do projeto e-Tower, das dificuldades encontradas e os esforços para vencer este desafio.

47 – 27/01/04 - **PERFIS DE CANTO:** entrega para anodização 22/01. Início de montagem dos quadros: 30/01. Entrega dos quadros na obra: 04/02.

48 – 04/02/04 – Em reunião realizada pela HYDRO em sua casa, e na presença de seu presidente, foram feitas as seguintes observações:

- as dificuldades encontradas na montagem dos PERFIS DE CANTO acarretaram a alteração do projeto.
- que o protótipo AFEAL não reconstitui a obra, uma vez que os funcionários que montaram o protótipo não foram os mesmos que estavam na obra. As condições de montagem também não eram as mesmas. O perfil de baixo deformou quando colocado na posição.
- Deverá ser enviado relatório AEC para as devidas correções em 11/02/04.
- Foi entregue a HYDRO um relatório com o histórico do assunto insert com as soluções para análise. Esses assuntos serão concluídos em reunião marcada para dali a três semanas.

49 - 10/02/04 - A ALGRAD envia um histórico sobre os PERFIS DE CANTO, registrando a impossibilidade de seqüência dos serviços de montagem nos locais que dependiam desses perfis.

50 - 20/02/04 - Levantadas as pendências de check list de verificação e o problema das juntas dos painéis. Discutiram-se as diferenças de nível entre os módulos dos painéis e a estrutura, serão elas estudadas pelo Eng. FRANÇA e discutidas em reunião marcada para dia 27/02. As ancoragens do caixilho de canto foram reprovadas pela AEC. Deverão ser retirados os painéis para reforma das ancoragens. Deverá ser enviado pela AEC detalhe de vedação do granito das vigas caixão.

51 - 19/03/04 - A HYDRO envia e-mail a AEC discordando da solução do "lixamento" dos ganchos da fachada cega, devido a problemas na locação das ancoragens, apresentando duas sugestões.

52 - 20/03/04 - A AEC respeita a posição da HYDRO, mas aprova o "lixamento" com a adoção de alguns cuidados que se estenderão também à cola a ser usada na fixação do calço. Foi sugerido o uso de cantoneira para aumentar a área de contato com a ancoragem. Solução essa provisória. A AEC se compromete, junto com a ALGRAD, de executar mapeamento de todos os painéis fixados dessa forma. Os

ganchos deverão ser fabricados em aço inoxidável, devido à provável demora na fabricação de novas ferramentas para extrusão.

53 – 22/03/04 – A HYDRO sugere a instalação dos módulos fora de prumo, devido o sistema suportar essa pequena diferença, o que aliás foi feito no oitavo andar.

54 – 25/03/04 – AEC envia croqui para fabricação dos ganchos do 10 ao 18 pavimentos para a GMM, fornecedor das peças.

55 – 26/03/04 - HYDRO aprova fabricação dos ganchos com aço 304 INOX, com abertura do rasgo até 18 mm, devendo ser colocado calço na ancoragem caso o rasgo atinja os 20mm. Solicitou verificar as áreas de solda, consideradas as porcas duplas.

56 – 03/05/04 – A ALGRAD envia os custos referentes aos prejuízos relativos aos problemas dos PERFIS DE CANTO.

57 – 04/05/04 – HYDRO envia relatório referente a fatos ocorridos na obra durante o desenvolvimento do produto, fabricação e instalação da fachada, contendo detalhes de todas as fases do projeto.

58 – 05/05/04 – Em nova reunião na sede da HYDRO, com a presença de todos os envolvidos, convencionou-se:

- Os problemas com os PERFIS DE CANTO, ocasionaram atraso de 6 meses na execução da fachada;
- A incorporadora autorizaria a execução da obra no prazo acordado, independente dos custos extras ocasionados pelo problema;
- A ALGRAD se compromete a cumprir o cronograma, e se necessário for, trabalhará em horas e turnos extras.
- A AEC providenciará ajuste do laudo da Falcão Bauer considerando-se o silicone aplicado nos quadros e que não estava previsto em projeto.

59 – 25/07/04 – A HYDRO envia carta registrando considerações para acerto comercial entre as partes para a solução das reivindicações propostas pela ALGRAD, a partir de despesas ocasionadas pelas modificações do projeto original.

60 – 08/09/04 - É aprovado pela TECNUM o "Termo de Quitação e Outras Avenças", proposto pela HYDRO resarcimento dos prejuízos relativos às dificuldades de fabricação e instalação do sistema WICONA WICTEC EL, principalmente os relacionados aos perfis de canto.

61 – 15/10/04 – A AEC propõe um *check list* para inspeção dos painéis.

62 – 15/12/04 – Reunião na obra para solução definitiva dos problemas de infiltração nos painéis, com a presença de HYDRO e da ALGRAD. Foi evidenciada a semelhança dos problemas encontrados na obra com os ocorridos no ensaio da AFEAL, portanto, a partir de vistoria da HYDRO, será enviado relatório final com os procedimentos de execução dos reparos.

**2005:**

62 – 06/01/05 – A HYDRO envia o procedimento para solução dos problemas de infiltração nos painéis, evidenciados no ensaio AFEAL.

63 – 14/01/05 – em reunião na obra, validou-se com a AEC os procedimentos propostos pela HYDRO. A ALGRAD enviará os custos do serviço para posterior acerto entre as partes.

**ANEXO J – Tabela de custos.**

Fonte: Engenharia da obra.

<b>CUSTOS CONFORME ORÇAMENTO OBRA (dez/04)</b>	<b>R\$</b>
Alumínio	1.914.290,00
Vidro	2.137.617,00
Granito	2.548.139,00
Empreitada de fabricação e montagem	4.155.403,00
Empreitada de colocação de granito Sistema Americano	599.412,00
Consultorias	130.072,00
<b>TOTAL ORÇADO</b>	<b>11.484.933,00</b>
<b>CUSTOS NÃO PREVISTOS NO ORÇAMENTO</b>	<b>R\$</b>
Reforços dos <i>inserts</i>	145.057,00
Estruturas auxiliares	220.240,00
Projeto e consultoria das estruturas auxiliares	52.866,00
Serviços de topografia	26.543,00
Cremalheira especial	165.731,00
Itens extras de segurança	14.400,00
Problemas de projeto (perfis de canto, etc)	231.000,00
<b>TOTAL NÃO PREVISTO</b>	<b>855.934,00</b>
<b>CUSTO TOTAL DA FACHADA</b>	<b>12.340.868,00</b>
<b>CUSTO POR M<sup>2</sup> DE FACHADA</b>	<b>617,04</b>
<b>VALOR TOTAL DA OBRA</b>	<b>100.119.235,00</b>
<b>CUSTO DA FACHADA EM RELAÇÃO AO TOTAL DA OBRA</b>	<b>12,33%</b>

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- SABBATINI, FERNANDO HENRIQUE. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. Tese de doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- 2 – BARROS, MERCIA M.B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** 1999. Tese de doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- 3 – MATOS, EDISON RIBEIRO DE. **Implantação de tecnologias construtivas racionalizadas.** 2001. Monografia (MBA), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- 4 - AMAURY ANTUNES SIQUEIRA JÚNIOR. **Análise de viabilidade técnico-econômica de fachadas ventiladas com placas de grêns porcelanato.** 2001. Monografia (MBA), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- 5 - OLIVEIRA, LUCIANA ALVES DE. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios.** 2002. Dissertação (mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- 6 – LIMA, ERIC SANTOS. **Sistema unitizado para revestimento de fachadas especiais.** 2002. Trabalho de conclusão de curso (graduação), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.
- 7 – NBR 11.706 – **Vidros na construção civil** – 1992.
- 8 – NBR 6123 – **Forças devidas ao vento em edificações** – 1988.

9- CONTRAMARCO & COMPANHIA: Publicação mensal latino-americana da Indústria de Esquadrias e Proteção Solar, Ferragens e Acessórios, Serralherias, Vidros, Máquinas e Componentes. São Paulo: César Tavares Comunicações Ltda, Ano IV, nº 40, Agosto de 2003, 48 p.

## OUTRAS REFERÊNCIAS

- 1 - PAULO CELSO DUARTE. **Memorial descritivo da AEC Consultores.** São Paulo. AEC Consultores de Arquitetura e Construção, 12/06/02.
- 2 - PAULO CELSO DUARTE. **Caderno de especificações da AEC Consultores.** São Paulo. AEC Consultores de Arquitetura e Construção, 12/06/02.
- 3 - PAULO CELSO DUARTE. **Inspeção de vidros por amostragem.** São Paulo. AEC Consultores de Arquitetura e Construção, 12/05/2003.
- 4 - PAULO CELSO DUARTE. **E-Tower – Transferência de fábrica.** São Paulo. AEC Consultores de Arquitetura e Construção, 03/10/2003.
- 5 - PAULO CELSO DUARTE. **Fitas para isolamento do par bi-metálico.** São Paulo. AEC Consultores de Arquitetura e Construção, 25/08/2003.
- 6 - LUIS CARLOS SANTOS. **Relatório dos fatos ocorridos no Edifício e-Tower durante o desenvolvimento de produto, fabricação e instalação da fachada.** São Paulo. HYDRO ALUMÍNIO ACRO S.A., 04/05/2004.
- 7 - JORGE BATLOUNI NETO. **Histórico da opção pelo sistema da fachada do e-TOWER SÃO PAULO.** Reunião técnica realizada em 10/09/04. São Paulo. TECNUM CONSTRUTORA, 10/09/04.

8 - PAULO CELSO DUARTE. **Fachadas Especiais.** Palestra proferida por ocasião da V Feira Internacional de Esquadrias Ferragens e Componentes no Centro de Exposições Imigrantes, São Paulo, 29/09/04.

9 - EDMUNDO BRITO. **Informações básicas do sistema *unitised* Wicona Wictec EL.** São Paulo. HYDRO ALUMÍNIO ACRO S.A., 04/10/2004.

10 - PAULO CELSO DUARTE. **Roteiro de Inspeção de Quadros.** São Paulo. AEC Consultores de Arquitetura e Construção, 15/10/2004.

11 - RODRIGO SANTOS. **Detalhes e histórico do projeto e-TOWER SÃO PAULO.** São Paulo. Reunião técnica realizada na sede da HYDRO ALUMÍNIO ACRO S.A. em 18/10/2004.

12 - WICONA SISTEMAS DE PERFIL DE ALUMÍNIO. **Vídeo institucional.** [cassete, 30 min., VHS].

13 - YKK GRANITOS E MÁRMORES. **Catálogo eletrônico.** [*cd room*].

