

## **ORIENTAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE FACHADAS COM REVESTIMENTO NÃO ADERIDO: ASPECTOS ESTRUTURAIS E DE DURABILIDADE DAS SUBESTRUTURAS METÁLICAS**

**Antônio Luís do Amaral Machado<sup>(1)</sup>; Dra. Luciana Alves de Oliveira<sup>(2)</sup>**

(1) Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-SP), email: arq.toni@uol.com.br

(2) Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-SP), email: luciana@ipt.br

### **Resumo**

*Atualmente é crescente a oferta no mercado de construção brasileiro de tecnologias de revestimentos não aderidos (RNA) de fachadas, conhecidas internacionalmente como Fachadas Ventiladas. Entretanto, não existem normas técnicas nacionais que balizem o desenvolvimento de projetos e o controle do processo de execução e montagem dos RNA. Dentro deste panorama, a tecnologia de RNA deve ser cuidadosamente estudada e avaliada tecnicamente com relação a uma série de requisitos e critérios de desempenho, considerando as várias ações a que os RNA estarão expostos na condição de fachada. Esta tecnologia utiliza-se de duas camadas de fechamentos verticais externos separadas por um espaço de ar denominado câmara, e é constituída basicamente de: revestimentos não aderidos (na forma de chapas delgadas, em vários materiais de acabamento); subestrutura leve (em geral metálica ou de madeira); dispositivos de fixação; componentes de fechamentos e de acabamentos. Potencialmente apresenta-se como barreira eficiente contra infiltrações de água, e na manutenção do conforto térmico interno, segundo os princípios das "Barreiras Múltiplas", desde que siga critérios de projeto e de montagem rigorosos. Neste artigo objetivaram-se abordar alguns aspectos primordiais que o projetista necessita conhecer para especificar a tecnologia, considerando alguns requisitos e critérios básicos de segurança estrutural e durabilidade das subestruturas metálicas, em sua maioria compostas de perfis de alumínio extrudado. O alumínio é um metal maleável e dúctil, ótimo para a extrusão, porém possui baixo limite de resistência à fadiga. Na condição de fadiga, os perfis estruturais podem sofrer falhas sob tensão consideravelmente inferiores ao limite de resistência à tração ou ao limite de escoamento, sob cargas estáticas. Objetivou-se esclarecer estes e outros aspectos a serem observados em projeto e na montagem dos RNA, de maneira a garantir um bom desempenho estrutural e de durabilidade. O artigo aborda apenas uma parte de um conjunto de diretrizes que foram desenvolvidas como resultado de uma dissertação de mestrado no IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas - SP.*

**Palavras-chave:** *Revestimento não Aderido; Fachadas de Pressão Equalizada; Fachada Protetora de Chuva; Fachadas Ventiladas; Barreiras Múltiplas.*

### **Abstract**

*There is increasing the market supply of Brazilian construction with Technology of Non-Adherent-Coatings (NAC) of Façades, known internationally as Ventilated Facades. However, there are no national technical standards which may benchmark project development and control of the implementation process of NAC. In this reality, the NAC's technology should be carefully studied and evaluated technically about a series of requirements and performance criteria, taking into account the different*

*actions that will expose NAC in the state of the façade. This technology makes use of two layers of external vertical closure separated by an air space called "cavity", and consists of non-adherent coating (in the form of thin plates, on a variety of finishing); substructure light (usually metal or wood); fasteners; components of closures of spans and components of finishing. Presents itself as potentially effective barrier against water infiltration, and maintenance of internal thermal comfort, according to the principles of "Multiple Barriers", provided that follow design criteria and mounting stringent. This paper aimed to address some key aspects that the designer needs to know to specify the technology, considering some basic requirements and criteria for structural safety and durability of metal substructures, mostly composed of extruded aluminum profiles. Aluminum is a malleable and ductile metal, great for extrusion, but has a low limit of resistance to fatigue. In the condition of fatigue, the profiles can suffer structural failure under stress considerably below the limit of tensile or yield strength under static loads. This study aimed to clarify these and other aspects to be observed in the design and assembly of NAC in order to ensure good structural performance and durability. The article approaches only a part of a set of guidelines that were developed as a result of a dissertation at IPT- Technological Research Institute of SP.*

**Keywords:** *Coating not adhered; Pressure Equalized Facades; Rain-Screen Facade; Ventilated Facades; Multiple Barriers.*

## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia construtiva nomeada pela maioria dos fabricantes internacionais como Fachada Ventilada, definida no presente artigo como Revestimentos Não Aderidos (RNA) de Fachadas, surgiu na década de 70, em meio à crise energética. A adoção desta tecnologia se justificou pelos apelos de algumas vantagens técnicas alegadas; como a pressão equalizada, a proteção contra intempéries, o controle e manutenção da temperatura interna do edifício, a leveza (que tende a requerer menos custos gerais de montagem e menos investimento em estrutura), a característica de construção a seco (que pode representar grande economia de água na construção) e possíveis vantagens durante a vida útil, como a facilidade de manutenção e de desmontagem, etc.

A tecnologia se baseia no princípio das barreiras múltiplas valendo-se de camadas duplas de fechamentos verticais externos. A camada interna é composta pela estrutura principal ou primária do edifício e por seu fechamento vertical externo, que não fazem parte dos componentes da tecnologia, mas oferecem suporte a ela, como substrato para sua ancoragem. A camada externa da tecnologia é composta por outro fechamento vertical externo; o revestimento não aderido (RNA), sobreposto ao primeiro. A subestrutura (normalmente metálica ou de madeira) sustenta o RNA e separa as duas camadas de fechamentos verticais externos, criando o espaço intermediário de ar denominado internacionalmente como "cavity"; termo definido no Brasil como câmara de ar.

Trata-se de uma tecnologia construtiva que se utiliza de componentes e dispositivos industrializados. Por ser leve e não ser estrutural, o sistema permite mudanças na fachada de maneira rápida e com reduzida geração de entulho, desde que siga projeto e montagem adequados. Tais características estimulam a sua aplicação também em "retrofit", por meio do qual o sistema pode agregar vantagens no combate aos

problemas patológicos de infiltração de um edifício, e ainda auxiliar na manutenção das temperaturas internas, com relativamente poucos prejuízos físicos ao entorno durante a obra. A tecnologia propicia boa manutenibilidade durante a vida útil do edifício, o que justifica sua especificação também para projetos de edifícios novos.

Para que apresente desempenhos satisfatórios, o RNA deve ser adequadamente projetado, dimensionado e montado, considerando a análise e compatibilização com todas as suas interfaces (interfaces entre RNA e: substrato; esquadrias; subsistema de cobertura; demais instalações e subsistemas do edifício, entre outros). Devem-se considerar também os requisitos e critérios de desempenho sob as ações a que estarão expostos, como: cargas de vento, impactos, águas de chuva, exposição ao sol, deformações em função de variações de umidade e temperatura, ruídos aéreos, descargas atmosféricas, etc.

### **1.1. Delimitação**

Existem vários requisitos de desempenho a serem considerados durante o desenvolvimento de projetos de fachada com RNA, como: segurança estrutural; segurança contra incêndio; segurança contra os fenômenos eletromagnéticos; durabilidade; estanqueidade ao ar e à água; desempenho térmico; eficiência energética; desempenho acústico; etc.

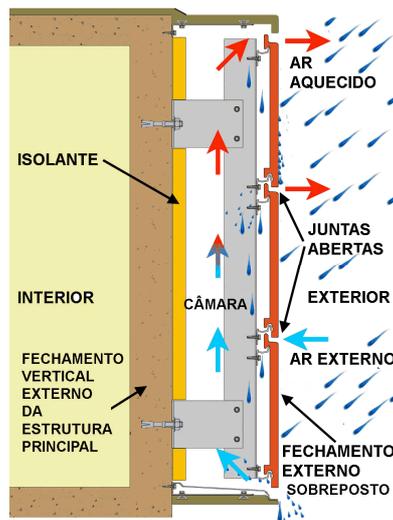
Todos os requisitos possuem inúmeros aspectos a serem abordados. Entretanto, o presente artigo aborda apenas alguns dos aspectos de segurança estrutural, como a necessidade do correto dimensionamento em projeto das subestruturas metálicas de perfis extrudados de alumínio, e alguns aspectos de durabilidade, como os requisitos de proteção contra a corrosão metálica. Alguns aspectos da estanqueidade à água e ao ar são mencionados indiretamente, por estarem estritamente interligados com questões da estabilidade e durabilidade estrutural. Porém, os aspectos de estanqueidade mereceriam um artigo à parte, bem como os demais requisitos de desempenho não abordados neste artigo.

## **2. A TECNOLOGIA DE REVESTIMENTO NÃO ADERIDO (RNA) DE FACHADA**

### **2.1. Principais conceitos e características da tecnologia de RNA com relação às suas funções**

Segundo a UNI 11018:2003, esta tecnologia de fachadas compreende um tipo de fachada dupla, em que a barreira sobreposta é composta de revestimentos externos opacos, constituídos de vários materiais ou formas, montados a seco por dispositivos de suspensão ou fixação mecânicos, mantendo uma separação espacial entre o tardo dos revestimentos externos e o substrato, aonde se pode instalar painéis termoisolantes. A câmara de ar entre o RNA e o substrato pode ser projetada com o mínimo espaço suficiente para romper a ação de capilaridade (Fachadas Microventiladas) ou projetada de modo tal que o ar presente na câmara possa fluir por efeito chaminé, naturalmente ou em modo artificial controlado, segundo as necessidades da estação ou dia, de modo a melhorar o desempenho energético geral (Fachadas Ventiladas; Figura 1).

Figura 1 - Conceito de Fachada Ventilada segundo norma italiana UNI 11018:2003



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com CMHC (2002) a expressão “Protetora de Chuva” ou “Quebra-Chuva” (“*Rain-Screen*”) surgiu porque, quando a chuva atinge esta fachada, encontra numa primeira camada, o fechamento vertical externo sobreposto (RNA), que atuando como um “escudo” anula a energia cinética da chuva. A porção de água que eventualmente penetrar pelo espaço (juntas abertas) entre as placas de RNA já não terá a mesma velocidade e força, e encontrando o espaço da câmara de ar, cairá pela ação da gravidade, por não ter pressão suficiente para chegar à superfície interna (“*inner most*”) da fachada. Dispositivos de coleta e drenagem desta porcentagem de água que consegue penetrar na câmara guiam-na de volta para o exterior.

Para o CMHC (2002) a expressão “Pressão Equalizada” (“*Pressure-Equalised*”) foi concebida porque, conceitualmente, neste tipo de fachada, a pressão externa do ar faz com que o mesmo penetre rapidamente pelos vãos das juntas abertas entre as placas de RNA, e se espalhe pela câmara (“*cavity*”), ocupando-a e preenchendo-a na velocidade do som, aumentando gradativamente a pressão do ar dentro da câmara, até o momento em que esta pressão se iguale à pressão externa, e neste momento as pressões externa e interna do ar são “conceitualmente” definidas como equalizadas (iguais) e, como exercem forças em sentidos opostos, se anulam.

Para Perez, A. R. (1986), as “Juntas Abertas”, também conhecidas como drenadas, funcionam de acordo com o princípio de “Barreiras Múltiplas”. Segundo este princípio, a estanqueidade à água do conjunto da fachada é promovida pelo conjunto de barreiras, cada uma com uma função distinta. A primeira barreira, na linha de frente de combate, poderá ser permeável ao ar, porém deve impedir a incidência das chuvas; e precisa ter, portanto, geometria adequada e ser durável, já que receberá a radiação solar após a chuva. Já a última barreira do conjunto só tem que impedir a passagem do ar, pois não

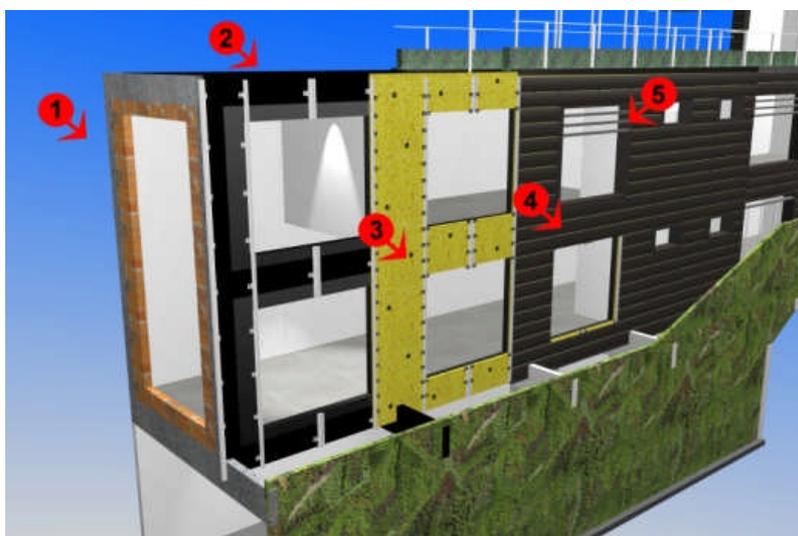
receberá esforços mecânicos nem radiação solar. Esta barreira, conhecida como barreira de ar, garantirá a equalização de pressão na câmara graças a sua estanqueidade ao ar.

## 2.2. Etapas de montagem, dispositivos e componentes metálicos da tecnologia de RNA com subestrutura de alumínio

### 2.2.1. Etapas de montagem

A montagem de um RNA em uma fachada passa por 5 etapas distintas e sequenciais, conforme a Figura 2. Tais etapas devem ser respeitadas também no desenvolvimento do projeto de montagem do RNA:

Figura 2 - Etapas da montagem de um RNA



Fonte: Elaborado pelo autor

Legenda:

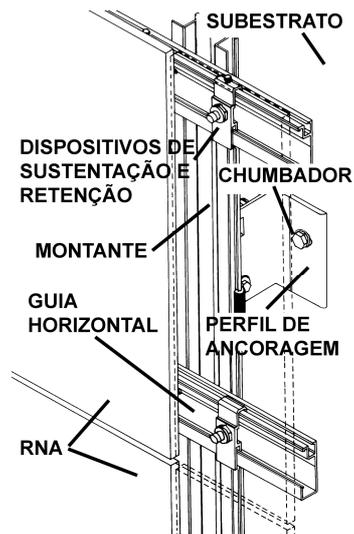
- 1 Etapa 1 – Conclusão e impermeabilização do substrato (estrutura principal do edifício com seu fechamento vertical externo), considerado como a camada interna da tecnologia de RNA;
- 2 Etapa 2 – Instalação da subestrutura do RNA no substrato já concluído e impermeabilizado;
- 3 Etapa 3 – Fixação dos componentes de isolamento térmico (nas situações em que forem devidamente especificados);
- 4 Etapa 4 – Montagem dos componentes de RNA (fechamento vertical externo sobreposto), considerados como a camada externa da tecnologia de RNA;
- 5 Etapa 5 – Montagem dos acabamentos e complementos.

Há inúmeras formas de composição de perfis para a montagem da subestrutura, e cada composição gera um tipo distinto de montagem. Dentre elas destaca-se a montagem mais comum para as tipologias de RNA que estão sendo ofertadas no mercado brasileiro atualmente; a "Montagem sobre Subestrutura Articulada":

Segundo a UNI 11018:2003, na "Montagem sobre Subestrutura Articulada" (Figura 3) são utilizados perfis montantes verticais (primários), e eventualmente também perfis guias horizontais (secundários). A articulação se deve à presença de suportes de conexão (os perfis de ancoragem) entre o substrato e os perfis montantes, graças aos quais os montantes podem ser distanciados do substrato, distanciamento que possibilita

o aumento da largura da câmara de ar e a adequação da subestrutura sobre irregularidades presentes no substrato (como faltas de planicidades, etc).

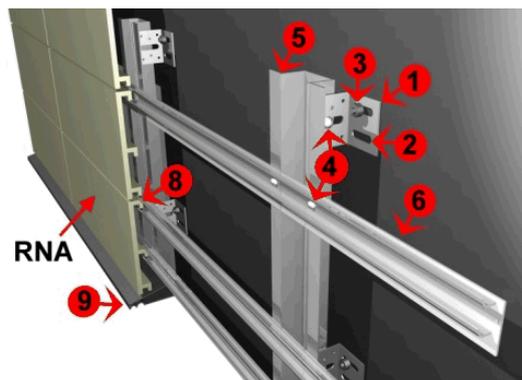
Figura 3 - Montagem do RNA em subestrutura articulada



Fonte: adaptado de UNI 11018:2003

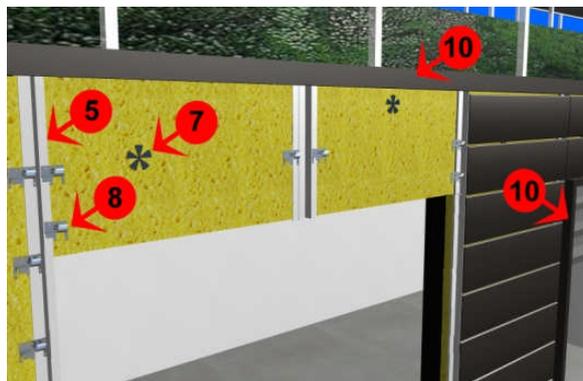
### 2.2.2. Dispositivos e componentes metálicos da subestrutura:

Figura 4 - Dispositivos e componentes metálicos da subestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 - Dispositivos e componentes metálicos da subestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor  
Legendas da Figura 4 e da Figura 5:

- 1 Perfil de ancoragem;
- 2 Furo oblongo do perfil de ancoragem;
- 3 Chumbadores - Dispositivos de fixação dos perfis de ancoragem no substrato;
- 4 Parafusos - Dispositivos de fixação do perfil montante nos perfis de ancoragem, e de fixação dos perfis secundários no perfil montante;
- 5 Perfis montantes (primários);
- 6 Perfis guias (secundários) – existente apenas para algumas das tipologias de RNA;
- 7 Dispositivos de fixação da manta isolante;
- 8 Dispositivos de fixação do RNA – no próprio perfil guia (secundário) ou por meio de presilhas;
- 9 Dispositivos de drenagem da água da câmara de ar e dispositivos de segurança contra invasões de seres voadores na câmara;
- 10 Rufos de proteção da câmara de ar pela cobertura, requadramentos em geral de vãos e aberturas e acabamentos diversos.

### 3. DESEMPENHO ESTRUTURAL - REQUISITOS E CRITÉRIOS PARA DISPOSITIVOS E COMPONENTES METÁLICOS DA SUBESTRUTURA

Os componentes e dispositivos metálicos da tecnologia de RNA de fachadas com subestrutura de alumínio são em sua maioria perfis de alumínio extrudado (perfis primários, perfis secundários, componentes de requadramentos em geral, etc). Há também componentes e dispositivos menores, de fixação, fabricados em aço inoxidável ou aço carbono com revestimento em zinco, como; os perfis de ancoragem, os dispositivos de fixação (chumbadores e parafusos), cliques e presilhas sustentadores e retentores das placas, e eventualmente componentes de fechamentos e requadramentos de vãos e aberturas.

O projeto estrutural da subestrutura deverá contemplar o atendimento às normas que respeitem os princípios de estabilidade global, resistência às deformações e resistência dos componentes. Na inexistência de uma norma brasileira específica para este tipo de subestrutura, pode-se recorrer como parâmetro, às normas CSTB 1661; CSTB 3194; CSTB 3586, UNI 11018, DD ENV 1999-1-3:2007, entre outras.

A análise das cargas predominantes de vento a serem enfrentadas é um dos primeiros parâmetros a serem observados, sobretudo do ponto de vista estrutural. Conhecer também a rugosidade local (circunstâncias volumétricas e aerodinâmicas de edifícios e da topografia do entorno) e a altitude da implantação são informações necessárias para a análise das cargas de vento. As solicitações estruturais em relação às cargas de vento

são bem maiores do que as solicitações em relação às cargas de chuva e devem pautar os cálculos a serem considerados no dimensionamento estrutural. A subestrutura dos RNA deverá ser dimensionada segundo as recomendações da NBR 6123, que dá os procedimentos para o cálculo das forças devidas aos ventos nas edificações, visando o correto dimensionamento estrutural da fachada, com definições de tipo de subestrutura e ancoragem ideais.

Devem ser previstos adequados reforços em toda a zona exposta às cargas particularmente agravadas (como os topos e laterais de edifício). Alguns estudos recomendam que tais reforços devam criar compartimentações da câmara de ar, de modo a melhorar a sua capacidade de promover a equalização de pressão diante das cargas de vento externas, o que tornaria o conjunto do sistema de RNA estruturalmente mais resistente e estanque, tanto às cargas de vento quanto às infiltrações de água.

A subestrutura metálica deve ser calculada em função do estado de esforço previsto e da deformação máxima permitida. De acordo com a UNI11018:2003 as deformações permitidas são as seguintes, salvo exista um aprofundado estudo de eventuais interferências entre o sistema de ancoragem e o RNA, que indique outros valores:

- I. Para perfis montantes (verticais): flechas máximas permitidas iguais a  $1/200$  o comprimento vertical entre dois pontos de fixação consecutivos (contra cargas de vento);
- II. Para perfis guias (horizontais): flechas máximas permitidas iguais a  $1/300$  o vão livre para as inflexões verticais (por peso) e iguais a  $1/100$  o mesmo vão livre para as inflexões no plano horizontal (contra cargas de vento).

Dependendo do comprimento do perfil, do material metálico de que é feito, e das condições ambientais de uso previstas, será necessário garantir folgas para dilatação controlada, por meio de ancoragem “fixa” de um lado do perfil e “deslizante” do outro, permitindo que o perfil deslize, de maneira a acomodar suas dilatações. A largura mínima das juntas de dilatação deverá seguir prescrições normativas para o metal utilizado na composição do perfil.

Para Santos (2005), a forma com que uma fachada é fixada à estrutura de um edifício constitui o ponto fundamental para a integridade estrutural do conjunto, além de determinar o sistema estático. Tanto do ponto de vista de projeto, como de instalação, este é o aspecto mais crítico. O sistema de ancoragem deve absorver as tolerâncias de construção do edifício e também as tolerâncias de fabricação da fachada. Deve ser instalado de forma a ter folgas adequadas entre as partes da fachada que permitam absorver as variações dimensionais provenientes das mudanças de temperatura e da movimentação do edifício. Deve transmitir a força do vento para a estrutura, suportar o peso de todo o conjunto de RNA, e resistir a outras cargas a que esteja sujeito.

Oliveira (2009) observa que a fixação de subestruturas como as de RNA na estrutura principal do edifício se dá por meio de dispositivos de fixação que permitem compensar desvios de alinhamento entre as estruturas, bem como absorver deformações diferenciais.

A absorção de tais deformações deve limitar-se à margem de acomodação oferecida pelo furo oblongo do perfil de ancoragem. Os perfis de ancoragem devem ser calculados em função do estado de esforço previsto e das deformações máximas admitidas.

A UNI 11018:2003 indica método para a aceitabilidade da irregularidade possível do substrato sobre o qual será montado o RNA, com ancoragem mecânica, por meio da seguinte equação, que dá as tolerâncias máximas de adaptação para o sistema de ancoragem:

$$Tt = \frac{\sqrt{D}}{100} \quad (1)$$

$$Tl = \frac{2\sqrt{D}}{100} \quad (2)$$

Aonde

D [m] é a “menor” das dimensões da superfície do substrato em análise (entre altura e largura);

Tt [cm] é a tolerância total – desvios da verticalidade e da horizontalidade e não planicidade relativo à toda a extensão do substrato, com a altura mínima de um andar ou largura equivalente a largura do substrato;

Tl [cm] é a tolerância local – desvios da verticalidade e horizontalidade e não planicidade em zonas de áreas inferiores a 1/10 da área total, situada internamente da área total e com pelo menos um andar de altura ou a largura total do substrato.

Não se devem absorver deformações maiores de fachada com a utilização de calços, pois eles podem causar um comportamento inadequado ao sistema de fixação das ancoragens. Segundo Santos (2005); “além de movimentos exagerados, os parafusos podem estar sujeitos a momentos muito grandes quando se aumenta a distância de fixação com o uso de calços, podendo comprometer toda a estabilidade do sistema de ancoragem.”

A preocupação com momentos muito grandes deve estar presente também no dimensionamento dos perfis da subestrutura, pois perfis muito longos estarão sujeitos a grandes momentos, como: absorção de maiores deformações estruturais, de momentos maiores criados pelas cargas de vento aplicadas, etc, expondo o perfil ao risco da fadiga. Perfis menores trabalham com momentos menores em função das mesmas cargas atuantes, presentes na fachada. As propriedades mecânicas dos perfis de liga de alumínio extrudados são boas, porém possuem um limite de resistência à fadiga muito baixo. A fadiga é uma das falhas estruturais que devem ser objeto de atenção pelo projetista de RNA, ao projetar a subestrutura, pois ela ocorre nos perfis metálicos quando sujeitos a tensões dinâmicas e oscilantes, como as cargas de ventos e abalos sísmicos. Na condição de fadiga, os perfis estruturais podem sofrer falhas sob tensão consideravelmente inferiores ao limite de resistência à tração ou ao limite de escoamento para cargas estáticas. O termo fadiga é usado, pois esse tipo de falha ocorre normalmente após um longo período de tensões repetitivas. Por este motivo é importante que os projetos estruturais garantam uma subestrutura de RNA o mais estática possível, resistente às cargas de vento e abalos sísmicos, com o objetivo de se evitar movimentações excessivamente repetitivas que levem à fadiga do material.

Segundo a norma UNI 11018:2003 todos os sistemas de RNA de fachadas são caracterizados por uma autoportância muito limitada, ao máximo de um ou dois andares, e baixíssima rigidez às cargas laterais. Eles são, portanto, muito sensíveis a qualquer estado de deformação da subestrutura, por diversas causas. Cada trecho de perfil (instalado como módulo independente de uma prumada de perfis na fachada) deverá estar devidamente fixado e contraventado, de maneira a evitar-se a sua fadiga individual. Para o correto contraventamento, cada perfil deverá receber ancoragens no início e fim de sua extensão, além das ancoragens intermediárias, respeitando as

distâncias recomendadas entre cada ancoragem, recomendadas em projeto (edifícios novos) ou pelo resultado de teste de arrancamento para cada situação específica de substrato e de montagem ("*retrofits*").

Para o encontro entre perfis montantes alinhados, se necessário, pode-se recorrer à utilização de luvas. A função da luva deve ser respeitada na instalação. Se a luva for projetada para permitir movimentações entre dois perfis envolvidos, nenhuma fixação que impeça este movimento livre deve ser feita.

Complementarmente, os perfis de alumínio devem apresentar boa tenacidade (propriedade de absorver impactos sem sofrer rupturas). Quanto maior a tenacidade maior será a resistência à fadiga. O alumínio é um metal maleável e dúctil, ótimo para a extrusão, porém, é ótimo condutor de calor, e, portanto, cuidados com o seu isolamento térmico em relação às pontes de calor na fachada devem ser observados. Possui condutibilidade elétrica, motivo pelo qual se devem observar os requisitos de prevenção contra descargas eletromagnéticas.

Outro aspecto crítico e de suma importância para a estabilidade e resistência do conjunto estrutural da subestrutura é a especificação e dimensionamento dos chumbadores.

Ressalta-se que a definição do chumbador deve ser criteriosa. Para a correta especificação do tipo de chumbador e do correto dimensionamento das distâncias entre chumbadores a serem empregados é necessário o conhecimento da resistência requerida para este dispositivo. A resistência do chumbador deve ser especificada em função de:

- tipo, peso (cargas mortas) e dimensões da subestrutura;
- natureza da estrutura suporte (concreto, alvenaria, estrutura metálica, etc);
- estado do substrato, medido por meio de testes, como os de arrancamento;
- cargas de vento, respeitando os critérios mínimos da NBR 6123;
- agressividade do ambiente em que será feita a fixação;
- forças sísmicas;
- movimentações térmicas;
- movimentações do edifício;
- cargas pontuais (manutenção e limpeza da fachada);

Os chumbadores deverão apresentar:

- Resistência ao fogo;
- Controle das deformações e dos deslocamentos em uso;
- Compatibilidade mecânica geométrica com os suportes;
- Compatibilidade galvânica;
- Resistência à água e aos agentes atmosféricos corrosivos;

Para obter-se o maior rendimento dos chumbadores, a distância mínima entre o centro de cada chumbador não pode ser menor que 10 vezes o diâmetro do furo, pois testes de arrancamentos demonstram que o diâmetro médio dos cones de substrato arrancados é de 10 vezes o diâmetro do chumbador. Pelo mesmo motivo, a distância do chumbador à borda do substrato, não pode ser menor que cinco vezes o seu diâmetro. A eficiência do

chumbador é reduzida proporcionalmente em até 50% da sua capacidade nominal, para espaçamentos iguais ou menores do que cinco vezes o diâmetro do furo.

Na instalação dos perfis montantes e guias, os parafusos autoperfurantes dispensam a perfuração prévia dos componentes por brocas, evitando problemas de incompatibilidades entre as bitolas de brocas de furadeiras e do próprio parafuso. Por outro lado, deve-se tomar a precaução de não exagerar no torque dos parafusos, de maneira a causar o menor prejuízo possível à sua superfície de zinco, necessária para evitar a pilha galvânica entre os componentes.

Outra questão a ser considerada é a verificação da compatibilidade química entre diferentes metais que compõe a subestrutura, e na ausência de compatibilidade, devem-se especificar as devidas juntas capazes de criar o isolamento necessário entre os dispositivos em contato.

É possível a utilização de componentes de ancoragem em aços não inoxidáveis, desde que se trate de aços de usos estruturais, com os devidos recobrimentos de proteção contra a corrosão, de acordo com prescrições e classificações de normas específicas.

Os revestimentos de proteção dos perfis em aço estruturais devem apresentar recobrimento de Zinco pelo método da imersão a quente, para evitar a corrosão, segundo a norma inglesa BS EN 1179:2003. Observa-se que o recobrimento de Z 275 (NBR 15.253:2005) é indicado para perfis destinados a classes de agressividade I e II (rural e urbana) protegidas da umidade, que não é o caso da subestrutura dos RNA.

De acordo com a UNI 11018:2003, seria ideal expor os componentes à proteção da zincagem como última etapa, para evitar que manuseios, cortes e montagens produzam bordas ou áreas de componentes sem a camada de zinco. Como não é possível, podem-se tratar as áreas que resultaram descobertas de proteção no processamento e montagem da subestrutura com a utilização de sprays especiais de zincagem a frio.

Os tipos de aço usados para a ancoragem deveriam ser preferivelmente inoxidáveis. Os inoxidáveis apresentam excelente resistência à corrosão e boa resistência mecânica, mas por motivos de seu elevado custo, são mais utilizados em dispositivos menores, como os cliques e presilhas utilizados para a retenção e sustentação das placas extrudadas.

A norma UNI 11018:2003 exibe a Tabela 1 com as principais características dos metais mais comuns da tecnologia de RNA, e por meio da Tabela 2, mostra as limitações sobre as compatibilidades entre os metais, considerando que estas indicações podem ser aprofundadas se consideradas sob parâmetros ambientais e soluções técnicas específicos.

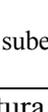
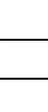
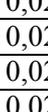
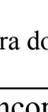
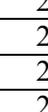
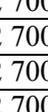
Tabela 1 - Características técnicas das principais ligas utilizadas na tecnologia de RNA

Materiais	Classe		Tensão admissível	Módulo de elasticidade	Dilatação térmica	Peso específico	Temperatura de fusão
	Convencional	EN numérica	$\sigma_{am}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [mm/m °C]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$T$ [°C]
Aço Inox	AISI 304	1.4301	145	200 000	0,016	7 900	1.500

“	AISI 304 L	1.4306 1.4307	145	200 000	0,016	7 900	1.500
“	AISI 321	1.4541	145	200 000	0,016	7 900	1.500
“	AISI 316	1.4401	160	200 000	0,016	8 000	1.500
“	AISI 316 L	1.4404	160	200 000	0,016	8 000	1.500
“	AISI 316Ti	1.4571	160	200 000	0,017	8 000	1.500
Aço zincado	Fe 360 D	1.0116 1.0117	160	210 000	0,012	7 850	1.500
“	Fe 430 D	1.0144 1.0145	190	210 000	0,012	7 850	1.500
“	Fe 510 D	1.0570 1.0577	240	210 000	0,012	7 850	1.500
Alumínio extrudado	-	2014	204	69 000	0,023	2 700	580
“	-	5083	64	69 000	0,023	2 700	580
“	-	6060	85	69 000	0,023	2 700	580
“	-	6061	140	69 000	0,023	2 700	580
“	-	6082	155	69 000	0,023	2 700	580
“	-	7020	126	69 000	0,023	2 700	580
“	-	7075	270	69 000	0,023	2 700	580

Fonte: UNI 11018:2003

Tabela 2 - Compatibilidade entre os metais da subestrutura do RNA

Materiais de suporte da ancoragem	Materiais da estrutura de ancoragem			
	Aço Inox	Aço Zincado	Alumínio	Bronze
Aço Inox	O		P	
Aço Zincado		O		P
Alumínio	P		O	P
Bronze		P	P	O
Cobre		P	P	O
Aço doce	P	P	P	P
Ferro fundido	P	P	P	P

Legenda

O = ótimo – possível em todas as condições

 = possível em condições permanentemente secas

P = possível com devidas precauções

Fonte: adaptado de UNI 11018:2003

Da análise da tabela 2, adotando-se a utilização de perfis de subestrutura em alumínio, pode-se considerar como ideal para o Brasil a adoção de perfis de ancoragem de alumínio ou aço inox, uma vez que a condição exigida para a utilização de perfis de ancoragem em aço zincado (ambientes permanentemente secos) inexistente no Brasil.

#### 4. CONCLUSÕES

Os princípios de eficiência da proteção às fachadas com RNA podem ser alcançados, desde que os requisitos e critérios de desempenhos sejam devidamente observados e atendidos em projeto e na montagem. As compatibilidades entre todos os subsistemas da edificação devem ser alcançadas e estar representadas em um conjunto de plantas matriz a partir da qual se deve desenvolver o projeto de RNA.

O presente artigo limitou-se a abordar alguns aspectos básicos da segurança estrutural e durabilidade a serem observados no projeto e montagem de RNA. Estes estudos devem ainda ser aprofundados, e a tecnologia deve ser estudada também sobre outros aspectos igualmente importantes, como os requisitos e critérios de desempenhos térmicos, acústicos, de segurança contra incêndio, de eficiência energética, etc.

Sendo uma tecnologia considerada no Brasil como “inovadora” (sem norma técnica prescritiva), os produtos de RNA deverão passar pelas devidas avaliações técnicas, visando apresentar ao mercado (projetistas, construtores, incorporadores e usuários) informações técnicas sobre seu desempenho, condições de uso e, eventuais limitações.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. 1988. 66p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15253**: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: Requisitos gerais. 2005. 15p.

**BS EN 1179**: Zinc and zinc alloys. Primary zinc. 2003. 10p.

CMHC; OAA. **The Rain Screen Wall System** Ontário, Canadá, 2002. 28p. disponível em :<<http://www.cmhc.ca/en/inpr/bude/himu/coedar/loader.cfm?url=/commonspot/security/getfile.cfm&PageID=70139>> acesso em: 15 fev 2011

**CSTB 1661**: Détermination sur chantier de la résistance à l'état limite ultime d'une fixation mécanique sur supports de bardage rapporté. Révision du cahier 1661:2010. 2011. 7p.

**CSTB 3586**: Ossature métallique et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un avis technique ou d'un constat de traditionalité. Règles générales de conception et de mise en oeuvre. Modifié n° 1 au cahier 3194:2000. 2009. 4p.

**CSTB 3194**: Ossature métallique et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un avis technique ou d'un constat de traditionalité. 2000. 66p.

**DD ENV 1999-1-3**: [Eurocode 9. Design of aluminium structures. Structures](#) susceptible to fatigue. 2007. 100p.

ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE. **UNI 11018**: Rivestimenti e sistemi di ancoraggio per facciate ventilate a montaggio meccanico: istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione, rivestimenti lapidei e ceramici. Milano, 2003. 86 p.

OLIVEIRA, L.A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. 2009. 287f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PEREZ, A. R. **Umidade nas edificações**. 1986. 170f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

Santos, L. C. Fachadas de alumínio: como alcançar um desempenho eficiente **Contramarco & Companhia**, São Paulo, n.55, set. 2005. Disponível em: <<http://www.contramarco.com.br>>. Acesso em 5 fev 2012.