

MANCHAMENTO DAS FACHADAS DOS EDIFÍCIOS POR PARTÍCULAS DE CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA: INTERAÇÃO ENTRE AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E A FORMA CONSTRUÍDA

PETRUCCI, Helena Maria Cabeda

Arquiteta, MSc., professora da FA/UFRGS

Rua Sarmento Leite, 320/sala 504, CEP 90050-170, Porto Alegre/RS

E-mail: petrucci@adufrgs.ufrgs.br

RESUMO

O presente trabalho relata pesquisa cujo objetivo geral é verificar, através de revisão bibliográfica e estudo de caso, a existência de interações entre as condições ambientais e a forma construída na manifestação patológica de manchamento, por partículas de contaminação atmosférica, em superfícies de fachadas de edifícios. O estudo de caso, realizado com o objetivo de verificar se os padrões de manchamento apresentados pelas fachadas dos edifícios observados correspondem aos previstos, identifica as variáveis envolvidas no processo patológico, em nível de condições ambientais locais e características da morfologia das fachadas, em dois edifícios situados dentro da área denominada "Centro Histórico" na cidade de Porto Alegre/RS. Também, este trabalho apresenta resultados parciais dessa pesquisa, relativos à observação da interação da ação do vento e da água da chuva incidente direta com a geometria das fachadas. Apesar de possuírem a mesma idade, de estarem situadas frente a frente no cruzamento de duas avenidas e de não terem sofrido trabalhos significativos de manutenção/limpeza em suas superfícies externas, as edificações analisadas chegaram aos dias de hoje em condições dispares quanto à conservação da sua aparência, possibilitando a constatação da interação entre as condições ambientais envolvidas no processo e a incidência do desenho arquitetônico e construtivo das fachadas no modo de produzirem-se e manifestarem-se os manchamentos.

Palavras-chave: fachadas, morfologia, manchamento, contaminantes atmosféricos.

1. INTRODUÇÃO

Algumas fachadas de edifícios têm suas aparências desfiguradas, muitas vezes com ainda pouco tempo de uso, principalmente em centros urbanos, não podendo passar por consideração desatenta daquele observador interessado na conservação da imagem urbana como parte de seu ambiente vital: as fachadas dos edifícios possuem papel preponderante na configuração das paisagens ou espaços urbanos, definindo o espaço exterior e interior ao limitá-los.

As mudanças na aparência das fachadas podem se dar, parcialmente, devido à deposição de partículas sólidas em suas superfícies; nas patologias de manchamento das fachadas como resultado da aderência de partículas, estas (as partículas) podem se originar, dentre outras fontes, do meio ambiente e, principalmente, causadas por atividades humanas ou de fontes naturais (Theissing, 1984).

A degradação das fachadas pela exposição às partículas originadas da poluição do ar é o resultado de uma sequência de ocorrências, começando com a emissão de poluentes, seguida pelo transporte atmosférico e pela deposição sobre as superfícies das fachadas (Carrié et al., 1975). As mudanças visuais, que podem alterar a intenção estética do projetista, são produzidas por uma capa de sujeira (fuligens e poeiras são os poluentes dominantes) "progressivamente acumulada em toda a superfície da fachada, marcada pelo contraste forte de cor com o material de suporte e irregular pelas diferenças de

intensidade de acumulação de partículas, derivadas da própria morfologia da fachada e pelas zonas de limpeza e lavado que produzem os agentes meteorológicos" (Vallejo, 1990).

Apesar da escassa consciência social generalizada acerca de lesões com repercussão estética (Vallejo, 1990), o fenômeno segundo o qual uma construção em meio urbano se desfigura ao se recobrir, de modo mais ou menos regular, de poeira e fuligem é cada vez mais de difícil aceitação, pois é sinal de uma poluição insana e altera o aspecto de certas construções contemporâneas de modo julgado, o mais seguido, como inadmissível (Carrié et al., 1975). Muitas são as associações feitas entre a renovação compositiva trazida pela modernidade do século XX - com a redução da maioria das fachadas às suas grandes linhas, volumes e planos dominantes e a introdução de novos materiais de comportamento desconhecido ante o envelhecimento - e a degradação acelerada da aparência das fachadas dos edifícios (Robinson e Baker, 1975; Vallejo, 1990; Mostafavi e Leatherbarrow, 1993), mas certamente os novos inconvenientes da industrialização dos grandes centros urbanos e a conquista de suas ruas pelo automóvel aceleraram o antes lento processo de envelhecimento, provocando, além de manchamentos, a degradação química e física dos revestimentos.

Supõe-se como benefício indiscutível, tanto no plano econômico quanto no social, a estimulação de medidas que contribuam para impedir ou retardar as causas e os efeitos das sujidades devidas aos contaminantes da atmosfera sobre as fachadas dos edifícios. A regulação e limitação das emissões de matéria contaminante na atmosfera, como medida atenuante do problema, são imprescindíveis, não só frente ao problema de manchamento de fachadas, mas ao da saúde pública e da corrosão dos materiais (Vallejo, 1990). Também os projetos de fachadas, participantes indiretos no processo lesivo, podem ser transformados em instrumentos dessa prevenção quando reproduzem um conhecimento mais aprofundado dos mecanismos que regulam o comportamento daqueles elementos funcionais frente ao fenômeno analisado.

O presente texto relata trabalho de pesquisa (Petrucci, 2000) cujo objetivo é verificar a existência de interações entre as condições ambientais e a forma construída na manifestação patológica de manchamento, por partículas de contaminação atmosférica, em superfícies de fachadas de edifícios; apresenta resultados parciais dessa pesquisa, relativos à observação da interação da ação do vento e da água da chuva incidente direta com a geometria das fachadas.

2. METODOLOGIA

Optou-se por uma pesquisa qualitativa e pelo estudo de caso como metodologia. Analisam-se as manifestações patológicas de manchamento por partículas de contaminação atmosférica em dois edifícios, cujas fachadas foram afetadas de alguma forma pelos processos lesivos estudados, objetivando-se identificar a manifestação patológica e verificar se os modelos de manchamento apresentados pelos exemplares observados correspondem aos previstos. Essa previsão baseia-se em um conhecimento prévio geral dos mecanismos e fatores implicados na formação desse tipo de degradação, obtido através de revisão bibliográfica.

As variáveis presentes no fenômeno observado são identificadas no embasamento teórico como inseridas no grupo dos Fatores Extrínsecos, fundamentalmente os contaminantes atmosféricos (natureza, origem, deposição e adesão aos paramentos das partículas de poluição que produzem a sujidade) e os agentes climáticos (vento e chuva isolados e combinados, temperatura e umidade do ar) envolvidos no manchamento das fachadas; ou no dos Fatores Intrínsecos, que dizem respeito à forma construída (a fachada do edifício, sua geometria e materiais) e sua interação com as condições ambientais.

No estudo da interação das condições ambientais com a forma construída, observa-se que os manchamentos (sujidades) são devidos, em primeiro lugar, às partículas que se depositam sobre as fachadas, mas o vento e a chuva desempenham papel essencial nas diferentes formas que assumem. Como principais ações desses agentes ambientais (Fatores Extrínsecos), identificam-se (Robinson e Baker, 1975; Carrié et al., 1975; Verhoef, 1988; Vallejo, 1990):

- a) *a deposição e adesão das partículas de contaminação atmosférica sobre as superfícies das fachadas;*
- b) *a limpeza e o lavado direto de algumas zonas das fachadas por deposição do vento e da água da chuva;*

- c) o escorramento da água da chuva sobre as superfícies das fachadas, arrastando em seu caminho a sujeira depositada.

Na identificação das principais características formais das fachadas dos edifícios (Fatores Intrínsecos) envolvidas em cada uma dessas ações, se reconhece as que se relacionam com a *superfície dos materiais de revestimento da fachada* (textura, cor e porosidade, principalmente) e aquelas que dizem respeito à sua *geometria* (formas e proporções gerais, descontinuidades dos planos que contém), principais fatores indiretos responsáveis pela manifestação da patologia (Carrié et al., 1975; Robinson e Baker, 1975; El-Shimi et al., 1980; Verhoef, 1988; Dorfman e Petrucci, 1989; Vallejo, 1990).

Na análise da ocorrência da manifestação patológica sobre as fachadas dos edifícios selecionados para estudo de caso, as lesões observadas, através de inspeção visual, foram identificadas com cada grupo das principais ações envolvidas no fenômeno. Também se observou a influência das características compositivas das fachadas na percepção das sujidades.

2.1 Seleção dos edifícios

A complexidade do fenômeno (presença de um número muito grande de variáveis) induziu à fixação de variáveis comuns aos edifícios a serem selecionados, presentes no processo como causas prováveis da manifestação patológica, permitindo uma melhor observação daquelas relativas ao desenho arquitetônico e construtivo das fachadas (composição e detalhes de superfície, textura e cor dos materiais de revestimento) e às condições micro-climáticas (vento, chuva incidente, temperatura e umidade).

Os exemplares selecionados estão localizados em área designada por Centro Histórico na cidade de Porto Alegre/RS, escolhida por possuir um alto potencial de acumulação de poluentes e por apresentar, nos monitoramentos da qualidade do ar realizados na cidade, níveis elevados de material particulado (Menegat et al., 1998), onde se supunha encontrar o fenômeno acentuado. Edificações em altura (mais sujeitas à variação da ação dos agentes atmosféricos participantes do processo) e com o mesmo tempo de vida, possuem fachadas revestidas com materiais porosos (mais suscetíveis à manifestação de manchamento por sujidades atmosféricas (El-Shimi et al., 1980)).

Os edifícios selecionados, Vera Cruz e Sulacap, se encontram no cruzamento das Avenidas Borges de Medeiros e Senador Salgado Filho, que abrigam valioso patrimônio arquitetônico, apresentando-se com impacto visual no cenário urbano. A proximidade dos dois exemplares facilitou a análise da influência das condições ambientais locais na manifestação das lesões por eles apresentadas.

Apesar de terem sido projetados no mesmo ano (1938), apresentam composições em fachadas bastante diversas, enriquecendo a análise da influência das características da composição formal das fachadas na manifestação da patologia. O Sulacap com ostensiva ornamentação em seus planos de fachada e o Vera Cruz projetado com linhas mais puras, com ênfase na volumetria. São edifícios representativos da produção moderna da arquitetura da cidade de Porto Alegre e referências de qualidade construtiva e projetual do período de sua construção (Xavier e Mizoguchi, 1987).

Nas inspeções visuais realizadas, com as imagens captadas fotograficamente para facilitar a posterior análise dos dados e comunicação das informações, supôs-se que, apesar do fenômeno ser muito complexo e freqüentemente imprevisível, os padrões de manchamento são os fantasmas ou rastros do movimento da água sobre as superfícies das fachadas e integram, ao longo do tempo, o total dos efeitos da intempérie (El-Shimi et al., 1980).

2.2 Condições ambientais do local onde se encontram os edifícios

Identificadas as condições ambientais da cidade de Porto Alegre no que diz respeito aos fatores externos gerais que influem no processo de manchamento das fachadas, derivados de sua localização e configuração urbanística (estado de contaminação atmosférica e clima: vento, chuva, temperatura e umidade relativa do ar) relacionados com a estrutura urbana local (Menegat et al., 1998; Silva e Giralt, 1995), e os edifícios a serem analisados, elaborou-se uma aproximação às condições ambientais relativas ao meio físico e urbano em que estes (os edifícios) se encontram imersos. Esta aproximação procura indicar a capacidade de cada uma das fachadas analisadas de receber o impacto dos agentes meteorológicos vento e chuva (responsáveis por sua limpeza e lavado) e também de radiação solar direta em suas superfícies, responsáveis pela geração de uma imagem determinada de manchamento.

3. INTERAÇÃO DA GEOMETRIA DAS FACHADAS COM A AÇÃO DE LIMPEZA E LAVADO DIRETO DO VENTO E DA ÁGUA DA CHUVA

Conforme já mencionado, os manchamentos observados sobre as fachadas dos edifícios foram identificados com cada uma das principais ações dos agentes ambientais envolvidos no fenômeno e com as principais características formais das fachadas envolvidas em cada uma dessas ações (Petrucci, 2000). A seguir, relata-se a análise da ocorrência da manifestação patológica sobre as fachadas dos edifícios, decorrente da interação da *geometria* das fachadas com a *ação de limpeza e lavado direto do vento e da água da chuva*.

O vento serve de veículo às partículas sujas, à água da chuva e atua na modificação da distribuição da sujeira depositada sobre as superfícies das fachadas, cujas orientações (ou exposições ao vento e à chuva incidente) condicionarão a quantidade de chuva e de contaminação que as atingem (Carrié et al., 1975). Importante observar o nível de proteção à incidência do vento (e, consequentemente, da chuva dirigida) proporcionado pelo entorno edificado, determinante do comportamento dos escoamentos de ar.

Também as formas e proporções dos edifícios atuam como condicionantes da ação de limpeza em seco pelo vento e pela água da chuva incidente sobre os paramentos, apresentando-se, na maioria das vezes, como obstáculos pouco aerodinâmicos; o escoamento do vento ao encontrar o obstáculo, segundo uma incidente normal, procura escapar de todas as formas possíveis mudando a trajetória abruptamente nas arestas laterais e topo da face a barlavento (Penwarden e Wise, 1975), produzindo uma maior eliminação das partículas nestas partes das fachadas; em contrapartida, nas partes baixas (com vento incidente de menor intensidade) e naquelas abrigadas por saliências ou obstáculos, a força de abrasão diminui consideravelmente, passando a taxa de deposição a ser superior.

Todos esses fenômenos irão afetar a deposição da água da chuva conduzida pelo vento às superfícies das fachadas. As gotas de chuva, carregadas pelo vento, por serem inábeis para seguir a mudança na direção do escoamento, ferem a face do edifício, explicando o maior umedecimento também de seus cantos extremos e elementos salientes da face a barlavento. O fenômeno sugerido como o típico padrão de umedecimento pela chuva (em forma de uma parábola) de uma parede voltada para a chuva dirigida pelo vento (Couper (1972) apud Robinson e Baker, 1975) foi recentemente comprovado em ensaio de modelo reduzido de edificação colocado em túnel de vento de camada limite, no qual foram simuladas as características da chuva incidente, também em escala (Surry et al., 1994).

3.1 Aproximação às condições ambientais relativas ao meio físico e urbano em que se encontram imersos os edifícios

Com relação ao escoamento do vento e, consequentemente, da ação da chuva incidente sobre as fachadas dos edifícios Vera Cruz e Sulacap, baseando-se em estudos dos efeitos aerodinâmicos do vento e suas possíveis combinações sobre os edifícios (Gandemer, 1975) e nos dados sobre o regime dos ventos na cidade de Porto Alegre (direções preferenciais e velocidades) (Menegat et al., 1998), supõe-se a ocorrência no local das seguintes situações importantes de escoamento do vento:

Situação A - quando o vento é canalizado na Av. Salgado Filho, escoando no sentido Leste – Oeste, após ser conduzido para o canal por um efeito Venturi: ao abrir seu campo, na esquina com a Av. Borges de Medeiros, incide sobre a fachada do ed. Vera Cruz que se volta para esta avenida e que se interpõe em seu caminho, provocando sobrepressão nesta fachada e sucção a partir da esquina sobre a fachada do ed. Sulacap que se volta para esta mesma avenida; também a partir da esquina do ed. Vera Cruz, na fachada voltada para a Rua Andrade Neves há um efeito provocado de sucção. Ao canalizar, com esta mesma direção e sentido, na Rua dos Andradadas provocará efeito de sucção na fachada do ed. Sulacap voltada para esta rua (Fig. 3.1).

Situação B - quando o vento é canalizado no cânion da Av. Borges de Medeiros escoando em direção Sul – Norte: ao abrir seu campo, no encontro com a Av. Senador Salgado Filho e a Rua Andrade Neves, tende a criar uma zona de sobrepressão sobre a fachada do ed. Vera Cruz (que se acusa sobre o escoamento) voltada para a Rua Andrade Neves e sucção nas fachadas dos edifícios Vera Cruz e Sulacap voltadas para a Av. Borges de Medeiros. Também se pode considerar que exista um efeito de sobrepressão na fachada do ed. Sulacap voltada para a Av. Salgado Filho em zona muito próxima da aresta que forma a esquina com a Av. Borges de Medeiros (Fig. 3.2).

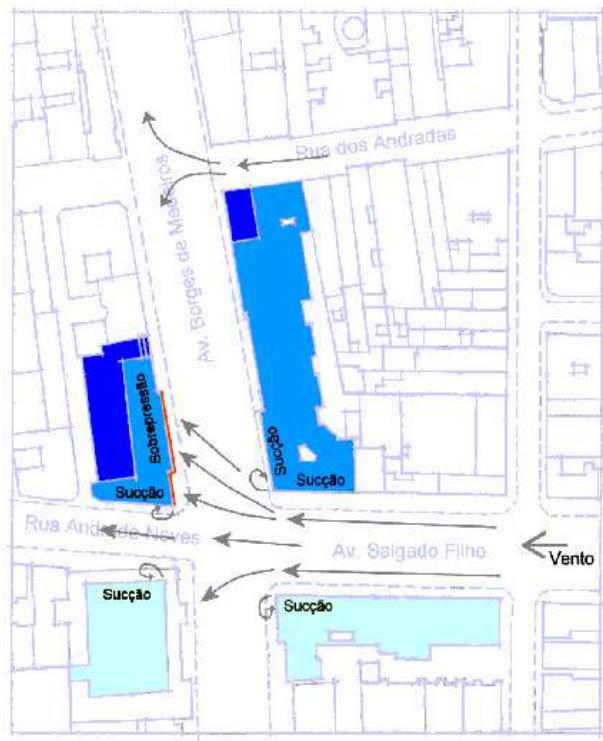


Fig.3.1 – Situação (A) do vento

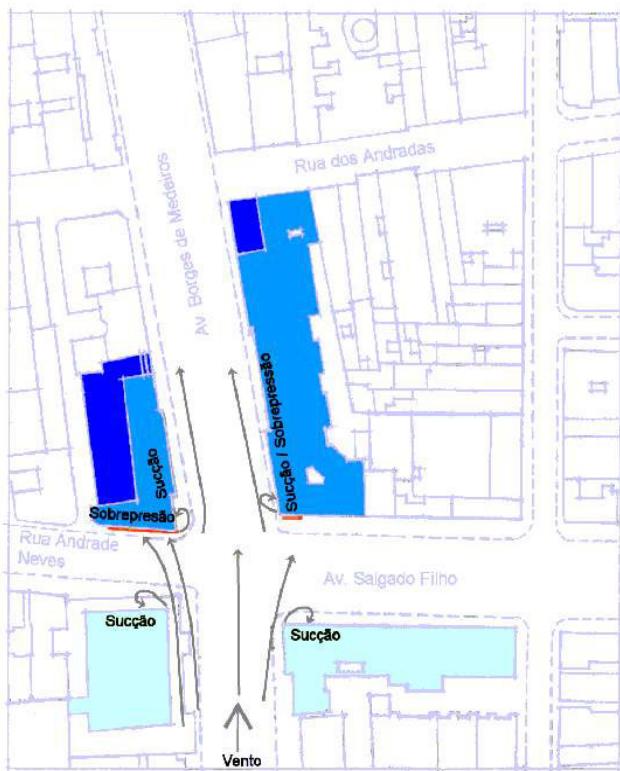


Fig.3.2 – Situação (B) do vento

Situação C - quando estes efeitos aerodinâmicos operam combinados, isto é, com escoamento do vento canalizado nos cânions das avenidas Borges de Medeiros (Sul – Norte) e Salgado Filho (Leste – Oeste): pode-se estimar a ocorrência de um efeito de canto (com um aumento de turbulência ao nível do pedestre) sobre a aresta do ed. Vera Cruz, encontro das duas fachadas externas nas quais se observará o efeito de sobrepressão em partes do plano da fachada. Efeitos de sucção, já expostos nas situações descritas anteriormente, estão indicados na fig. 3.3.

Situação D – quando o vento estiver canalizado e escoando na direção Norte – Sul, as fachadas dos edifícios analisados estarão em sucção.

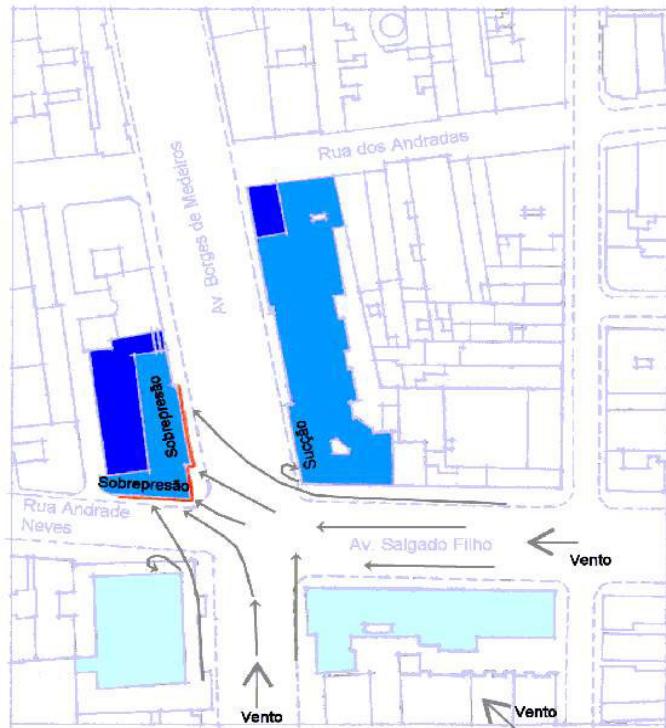


Fig.3.3 – Situação (C) do vento

É importante observar que estas análises consideraram as fachadas como se fossem formadas por um único plano, desconsiderando-se os efeitos de turbulências provocadas pelos encontros de escoamentos de diferentes direções sobre irregularidades destas superfícies, presentes em ambos os edifícios.

Com relação à chuva incidente, pode-se supor que as fachadas do Ed. Vera Cruz estão mais solicitadas à incidência direta, do que as do Ed. Sulacap.

3.2 Ocorrência da manifestação patológica e suas prováveis causas

O edifício Vera Cruz, primeiro exemplar selecionado, apresenta marcado manchamento em suas superfícies, apesar de terem sofrido ação de manutenção em 1992, quando foram submetidas à lavagem com jato de água pura e à recuperação de alguns trechos do revestimento. Suas condições de integridade física são bastante boas em contraste com a degradação visual de suas superfícies.

Por outro lado, o edifício Sulacap, localizado em frente ao Ed. Vera Cruz, chama à atenção pela conservação de sua aparência externa, apesar de não ter experimentado qualquer serviço de manutenção ou limpeza em suas superfícies durante sua vida de mais de 50 anos. O contraste entre os dois edifícios é evidenciado pelo fato de terem sido construídos em uma mesma época e estarem situados frente a frente.

A seguir, analisa-se a ocorrência da manifestação patológica de manchamento em suas superfícies, relacionando-as com suas prováveis causas.

Ed. Vera Cruz – Nas duas fachadas percebe-se, pela ação do vento, do par chuva-vento e do depósito continuado das partículas de sujidade, a formação da “parábola” de sujidade/limpeza como resultado da ação do vento isolado e de numerosas chuvas individuais, díspares quanto à quantidade de água aportada e à velocidade dos ventos acompanhantes. A “parábola” de sujidade é resultado da maior exposição do topo e esquinas da fachada e do efeito de aresta (diedro vertical) (Fig. 3.4 e 3.5). Ambas as fachadas encontram-se, conforme se supôs (Fig 3.1, 3.2, 3.3), solicitadas à ação do vento e da água da chuva direta, considerando-se que a maior parte dos ventos, isolados ou portando chuva, em Porto Alegre, sopra do quadrante Sul – Leste. O vento, ao tentar escapar da superfície da fachada, tende a

limpar o topo e sua esquina livre (tratam-se de fachadas com uma medianeira), desenhando a “parábola” de limpeza e sujidade sobre suas superfícies. As turbulências dispersam os poluentes e a inclinação mais acentuada da chuva carrega uma quantidade de água suficiente para a lavagem destas partes das fachadas. O término em platibanda ao mesmo nível do paramento geral não exerce qualquer tipo de modificação sobre a água incidente nesse nível do coroamento da fachada. As pequenas plataformas formadas pelos planos inclinados dos peitoris das janelas, elementos salientes da face exposta que se prolongam contornando toda a fachada, também recebem maior quantidade de água de chuva direta. Percebe-se que essas plataformas são bastante profundas com relação ao paramento geral, recebendo expressiva quantidade de água de chuva, mas pouco salientes na zona de descarga da água da chuva sobre as superfícies dos parapeitos. As gotas de chuva, menos sujeitas à ação do vento, à medida que descendem em direção ao solo, têm uma trajetória que se aproxima cada vez mais da vertical, atingindo somente os elementos em saliência e reforçando a gradação do manchamento.



Fig. 3.4 – Fachada Sul – Ed. Vera Cruz



Fig. 3.5 – Fachada Leste – Ed. Vera Cruz

Ed. Sulacap - Conforme pode ser visualizado nas Fig 3.1, 3.2 e 3.3, a dificuldade de acesso de vento de direção perpendicular aos paramentos das fachadas, devido às suas orientações e ao efeito de abrigo produzido pelas edificações vizinhas enfrentadas, conduz a uma uniformidade da deposição da sujidade e à escassez de lavado por impacto direto da água ou por abrasão em seco (Fig. 3.6). A ação do lavado e o aporte de água por impacto direto na zona do coroamento da fachada são controlados pela presença de elementos horizontais salientes e beiral (no bloco torre) junto às coberturas, amenizando o molhado direto (dependendo da inclinação da trajetória de queda das gotas) em uma parte importante dos paramentos superiores. Esta possibilidade de controle é eficaz por se encontrarem as fachadas abrigadas por edificações interpostas no escoamento normal do ar. Esses elementos horizontais, distribuídos ao longo das fachadas, quanto mais no alto do edifício estão colocados, provavelmente cumprem função utilitária e estética de proteger as paredes da ação direta das águas pluviais e servir-lhes de remate (Fig. 3.7).



Fig. 3.6 – Ed. Sulacap – Fachada Oeste



Fig. 3.7 – Ed. Sulacap - Detalhe

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção dos exemplares em área de elevada contaminação por fumaça preta no ar permitiu uma inequívoca identificação da tipologia da manifestação patológica de manchamento de fachadas por partículas de contaminação atmosférica, principalmente nas superfícies externas do Ed. Vera Cruz. As “marcas” deixadas pelas sujidades depositadas em suas superfícies e redistribuídas pela ação dos agentes climáticos dão visibilidade às lesões–padrão do fenômeno, tais como “parábolas” de sujidade/limpeza, maior manchamento nos níveis mais baixos das fachadas, efeito de aresta colaborando com a maior limpeza das esquinas, entre outros. As fachadas se mostram como “mata-borrões” ou com “mapas” desenhados em suas superfícies, revelando a ação do par vento-chuva sobre a capa acumulada de sujidade.

Apesar dos edifícios estarem situados muito próximos, frente a frente em um cruzamento de rua e avenidas, constatou-se que suas situações particulares conduziram a diferentes exposições de suas fachadas aos agentes climáticos envolvidos no processo da manifestação da patologia, de vital importância na determinação de suas respostas ao manchamento e à eliminação das partículas depositadas. O tecido urbano denso e consolidado, dentro do qual se encontram os exemplares, gera efeitos de abrigo pelos edifícios próximos, caracterizando situação na qual a ação dos agentes climáticos, observados e envolvidos (vento, em seco e conduzindo chuva) no processo de manchamento das fachadas, se encontra bastante particularizada.

As suposições estabelecidas para a ação do vento sobre as fachadas, atuando como condutor da contaminação e agente de limpeza (isoladamente ou em associação com a chuva), confirmou-se. Os padrões de manchamento apresentados pelas fachadas do edifício Vera Cruz, com fachadas em sobrepressão, quando da canalização do escoamento do vento nas duas avenidas, revelam os seus efeitos. O edifício Sulacap, cujas fachadas encontram-se em sucção na maior parte das solicitações do vento, revela a eficiência da profusão de frisos horizontais que descolam a água da chuva dos planos das fachadas, principalmente nas zonas de maior solicitação à chuva incidente, caso dos níveis mais elevados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRIÉ, C.; MOREL, D.; FOURQUIN, J. *Salissures de Façades*. Paris: Eyrolles, 1975.
- DORFMAN, G.; PETRUCCI, H. M. C. Recomendações para o projeto de fachadas com vistas à sua maior durabilidade e facilidade de manutenção. In: SIMPÓSIO SOBRE PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO, 1989, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 1989.
- EL-SHIMI, M.; WHITE, R.; FAZIO, P. Influence of façade geometry on weathering. *Can. J. Civ. Eng.*, Canada, v. 7, p. 597-613, 1980.
- GANDEMER, J. Wind environment around buildings; aerodynamic concepts. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, 4, 1975, Heathrow. *Proceedings...* Heathrow: Edited by Dr. Keith J. Eaton, 1975.
- MENEGAT, R.; FERNANDES, L.A.D.; PORTO, M.L.; CARRARO, C.C. (Coord.). *Atlas ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1998. 236 p.
- MOSTAFAVI, M.; LEATHERBARROW, D. **On weathering**; the life of buildings in time. Massachusetts: MIT Press, 1993.
- PENWARDEN, A D.; WISE, A. F. E. **Wind environment around buildings**. Building Research Establishment – BRE, 1975.
- PETRUCCI, H. M. C. **A Alteração da aparência das fachadas dos edifícios**: interação entre as condições ambientais e a forma construída. Porto alegre, 2000. Dissertação de Mestrado (NORIE) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ROBINSON, G.; BAKER, M. C. **Wind-driven rain and buildings**. Ottawa: National Research Council of Canada, Division of Building Research, 1975. (Technical Paper n. 445)
- SILVA, A. C. S. B.; GIRALT, R. P. Estabelecimento de um índice de chuva dirigida para Porto Alegre. In: ENTAC 95 QUALIDADE E TECNOLOGIA NA HABITAÇÃO, 1995, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ANTAC/UFRJ, 1995. 2 v. v. 2, p. 605-610.
- SURRY, D.; INCULET, D. R.; SKERLJ, J. F.; LIN J-X.; DAVENPORT, A. G. Wind, rain and the building envelop: a status report of ongoing research at University of Western Ontario. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, Elsevier, v. 53, p. 19-36, 1994.
- THEISING, E. M. Survey of 62 – SCF committee. *Matériaux et Constructions*, v. 17, n. 98, p. 167-172, 1984.
- VALLEJO, F. X. L. **Ensuciamento de fachadas por contaminación atmosférica**; análisis y prevención. Valladolid: Universidad, Secretariado de Publicaciones, 1990.
- VERHOEF, L. G. W. **Soiling and cleaning of building façades**; report of the Technical Committee 62 SCF RILEM. London: Ed. L. G. W. Verhoef, Chapman & Hall, 1988.
- XAVIER, A.; MIZOGUCHI, I. **Arquitetura moderna em Porto Alegre**. São Paulo: PINI, 1987.

AGRADECIMENTOS

À orientação dos professores Denise C. C. Dal Molin e Acir Mércio Loredo-Souza e ao apoio do CNPq – Conselho Nacional de Ensino e Pesquisa na elaboração de Dissertação de Mestrado apresentada ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UFRGS, base para este trabalho.