

As manifestações patológicas e os riscos dos protetores de aparelhos de ar condicionado em edificações

W. W. Silva^{1*} , E. C. B. Monteiro¹ 

*Autor de Contato: wildsonws@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v10i3.410>

Recepção: 25/04/2019 | Aceitação: 22/07/2019 | Publicação: 31/08/2020

RESUMO

Diante do grande número de colapsos parciais ou totais em edificações, tem-se neste estudo a identificação das manifestações patológicas e os riscos dos suportes para aparelhos de ar condicionado de concreto armado nas edificações, os dados foram coletados por software 3D e consolidados em campo. Das 61 edificações analisadas, 48% são do modelo tipo janela, que em uma situação de degradação e queda, podem chegar ao solo com um impacto da ordem de toneladas. Em regiões litorâneas, somam-se os efeitos aceleradores da corrosão da armadura, como umidade elevada, poluição por veículos automotores e região marinha. Conclui-se que esses suportes não possuem projetos estruturais adequados, aliados a baixa qualidade e efeitos aceleradores da corrosão da armadura, tornando-os não passíveis de recuperação.

Palavras-chave: patologia; corrosão; ar condicionado; concreto, riscos.

Citar como: W. W. Silva, E. C. B. Monteiro (2019), "*As manifestações patológicas e os riscos dos protetores de aparelhos de ar condicionado em edificações*", Revista ALCONPAT, Volume (Número), pp. 377 – 393, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v10i3.410>

¹ Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Editor associado responsável por este artigo: Andrés Antonio Torres Acosta

Contribuição de cada autor

Neste trabalho, o autor Wildson Wellington Silva contribuiu para a atividade de desenvolvimento do manuscrito, recoletar dados, analisar e interpretar os dados, revisão crítica do conteúdo e discutir os resultados, o autor B contribuiu para a atividade de desenvolvimento do manuscrito, análise e interpretação de los datos, revisión crítica del contenido y discusión de los resultados.

Licença Creative Commons

Copyright (2020) é propriedade dos autores. Este trabalho é um artigo de acesso aberto publicado sob os termos e condições de uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discussões e correções pós-publicação

Qualquer discussão, incluindo a resposta dos autores, será publicada no segundo número do ano 2021, desde que a informação seja recebida antes do fechamento do primeiro número do ano de 2021.

The pathological manifestations and risks of the protectors of air conditioners in buildings

ABSTRACT

Faced with the large number of partial or total collapses in buildings, this study has the identification of the pathological manifestations and the risks of the supports for air conditioners of reinforced concrete in the buildings, the data were collected by 3D software and consolidated in the field. Of the 61 buildings analyzed, 48% are of the window model, which in a situation of degradation and fall, can reach the ground with an impact of the order of tons. In coastal regions, we add the accelerating effects of the corrosion of the reinforcement, such as high humidity, pollution by automotive vehicles and marine region. It is concluded that these supports do not have adequate structural designs, allied to the low quality and accelerating effects of the corrosion of the armature, rendering them not recoverable.

Keywords: pathology; corrosion; air conditioning; concrete; risks.

Las manifestaciones patológicas y los riesgos de los protectores de aparatos de aire acondicionado en edificaciones

RESUMEN

Ante el gran número de colapsos parciales o totales en edificaciones, se tiene en este estudio la identificación de las manifestaciones patológicas y los riesgos de los soportes para aparatos de aire acondicionado de hormigón armado en las edificaciones, los datos fueron recolectados por software 3D y consolidados en campo. De las 61 edificaciones analizadas, 48% son del modelo tipo ventana, que en una situación de degradación y caída, pueden llegar al suelo con un impacto del orden de toneladas. En regiones costeras, se suman los efectos aceleradores de la corrosión de la armadura, como humedad elevada, contaminación por vehículos automotores y región marina. Se concluye que estos soportes no poseen proyectos estructurales adecuados, aliados a baja calidad y efectos aceleradores de la corrosión de la armadura, haciéndolos no pasibles de recuperación.

Palabras clave: patología; corrosión; aire acondicionado; concreto, riesgos.

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Reserva de direitos para o uso exclusivo do título da revista No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e das imagens da publicação é realizada de acordo com o código COPE e a licença CC BY 4.0 da Revista ALCONPAT.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos dos aparelhos para ar condicionado, favoreceram a eficiência energética, associadas ao aprimoramento das normas técnicas para projetos e construção das edificações e da necessidade constante por sistemas de refrigeração com menor consumo de energia (Larsena, et.al., 2015) e maior consciência ambiental (Perinia, et.al., 2017).

Tem-se atualmente um passivo de sistemas de refrigeração que não se mostraram eficientes ao longo dos anos, pois foram negligenciados por fazerem parte das etapas finais da construção, onde o fluxo de caixa financeiro das construtoras, já não comportam gastos excessivos nesta fase de entrega dos imóveis, portanto, adotando materiais de baixa qualidade, apesar de serem estruturas expostas e externas, como é o caso das fachadas.

Esses suportes podem ser de vários modelos e materiais, os quais podem ser de concreto armado, muito comum no Brasil, metálicos como é o caso de EUA (Estados Unidos da América), Reino Unido e Espanha, não sendo restrito apenas em lugares onde não há um controle urbano adequado, como em bairros carentes, em países da África, Ásia e América Latina (Desai e Potter, 2014), mas nos bairros de classe média e até de alto padrão, pode-se concluir então, que faz parte de um cenário global muito extenso.

Nos serviços de manutenção das edificações é muito comum a troca dos suportes de concreto armado, pela condição de deterioração da estrutura do suporte ou por incidentes já ocorridos na área comum da edificação, o que levanta a necessidade de estudar o tema. Se a presença de manifestações patológicas é tão intensa, somadas com o agravante destes suportes estarem em um ambiente externo e em alturas elevadas, como seriam os impactos destes suportes e/ou equipamentos sobre o solo? Qual o grau de risco para pessoas, veículos e estruturas impactadas?

Durante a fase de pesquisa de referências bibliográficas, não foi possível identificar estudos similares, relativo aos suportes para aparelhos de ar condicionado em edificações, que pudessem servir de base para este trabalho, os quais ampliou ainda mais o interesse pelo tema, porém foram utilizados todos os aspectos inerentes as manifestações patológicas, condições ambientais e climáticas, estatísticas e técnicas.

Os mecanismos de corrosão não são simples e novos, visto a gama de possibilidades para sua ocorrência, de acordo com (Johnson, 1965) há um efeito de expansão na massa de concreto, provocando as fissuras e conseqüente fragmentação do concreto, a corrosão está atrelada preponderantemente ao processo eletroquímico, vinculado ao meio úmido e sendo agravado pelo meio agressivo, variações na espessura do revestimento do concreto, conforme comentado por (Cánovas, 1984), erros de projeto, assim como a adoção de materiais inadequados, são procedimentos que favorecem em grande parte o aparecimento das manifestações patológicas. Na ABNT NBR 6118:2014, esta define como durabilidade a capacidade da estrutura em resistir aos requisitos de projeto, conservando a segurança e estabilidade, enquanto durar o período de sua vida útil, um ponto bastante importante, visto que mesmo as estruturas não são eternamente duráveis e necessitam constantemente serem revisadas e reparadas.

De acordo com a Norma ABNT NBR 6118:2014, para que se tenha uma vida útil mais longa, faz-se necessário o cumprimento de algumas diretrizes no sentido de retardar os mecanismos de deterioração do concreto, ocorridos através da lixiviação, expansão por sulfatos, reação álcali-agregados e quanto a deterioração da armadura no tocante a carbonatação, ação de cloretos e dos mecanismos da própria estrutura em si, para essas condicionantes, tem-se uma relação quanto a classes de agressividade ambiental (CAA), os quais foram classificados de acordo com a região e as condições de microclima, de acordo com (Bertolini, 2010) e (Almeida e Sales, 2018), tem-se alguns aspectos relacionados aos tipos de atmosfera e exposição e foi analisada em três partes principais: Umidade relativa do ar crítica (superior a 65% e até 85%); Atmosfera marinha, ataque por íons cloretos e sulfatos (proximidade com água do mar); Centros populacionais maiores

(agentes agressivos), em complemento foi estudada a influência dos ventos em uma edificação, tomada como exemplo, pois alguns aspectos inerentes a corrosão da armadura são influenciados pela ação de chuvas e ventos.

Esse estudo objetiva identificar os modelos de suportes dos aparelhos de ar condicionado das edificações pesquisadas, os tipos de manifestações patológicas mais encontradas, além de fatores aceleradores, os riscos que estes representam para pessoas, automóveis e estruturas, na situação de queda parcial ou total do suporte e/ou do próprio aparelho de ar condicionado e se existe a possibilidade concreta de recuperá-las.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa trata-se de um Estudo de Caso, delimitado na cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, país Brasil, com as coordenadas geográficas de Latitude: -8.05428, Longitude: -34.8813, que detém uma área territorial de 218,843km² e população estimada em 1.637.834 pessoas (IBGE, 2018), com densidade demográfica de 7.039,64 hab/km² e IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano de 0,772 (IBGE, 2010), PIB per capita de US\$ 7.916,29 (IBGE, 2016), de clima Tropical, quente e úmido, com 3 meses secos e temperatura média acima de 18°C em todos os meses do ano (IBGE, 2002).

Foi adotada a região da zona norte do Recife, entre os bairros de Parnamirim, Tamarineira e Casa Amarela, conforme linhas divisórias em amarelo, definiu-se um círculo azul de raio = 300m de cor verde, utilizando-se do programa de computador Google Earth Pro, Figura 1.

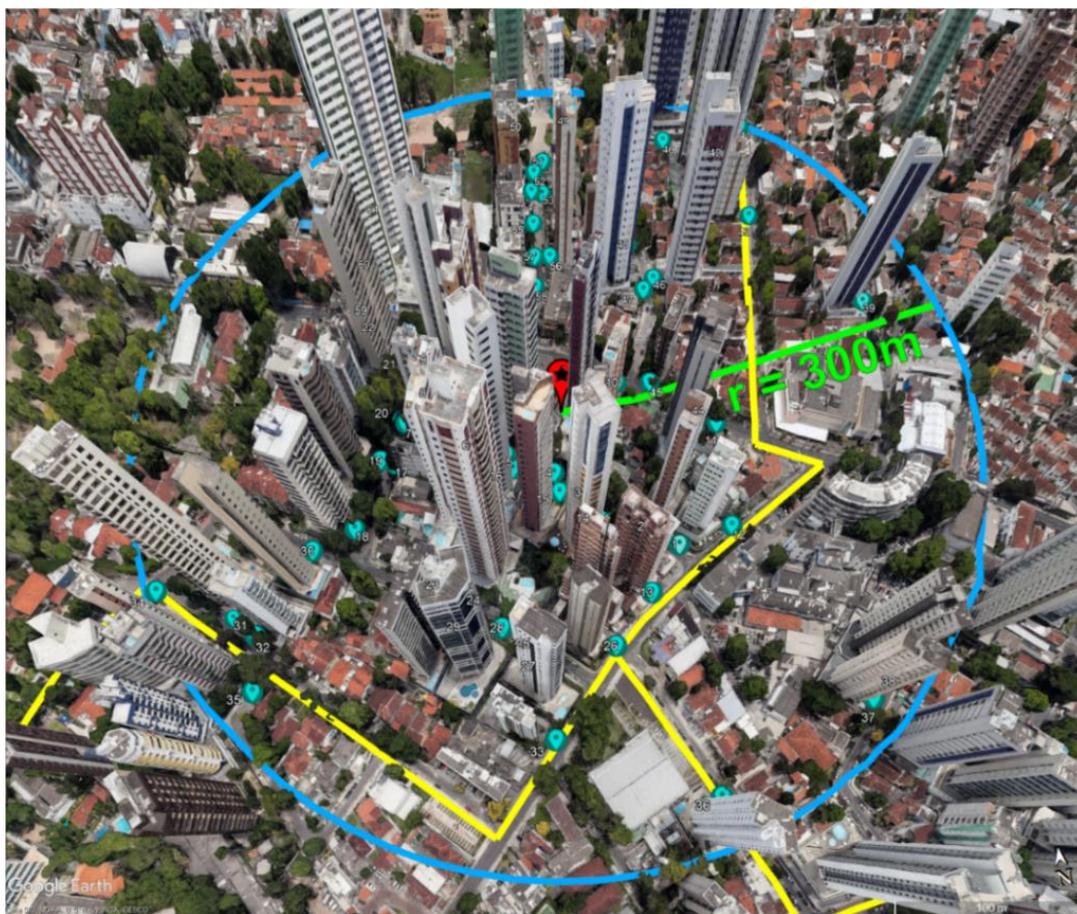


Figura 1. Localização das edificações pesquisadas

Inicialmente foi criada uma planilha do MS-Excel, com as informações a serem coletadas: nome e endereço do edifício, coordenadas geográficas, elevação entre a base e o topo do edifício, número de pavimentos, altura estimada, tipo de suporte para aparelho de ar condicionado, condição dos suportes (vistoria), quanto as manifestações patológicas (ruim, regular e bom) e o modelo da caixa se é do tipo aberta ou fechada e se as mesmas já foram substituídas.

Em seguida foi definido incluir apenas edifícios acima de 3 pavimentos, pois casas e imóveis baixos são mais difíceis de verificação, devido aos muros elevados, não contemplando prédios públicos, os quais foram representados por pontos e uma numeração na cor azul, no sentido de ficar mais fácil a catalogação das informações, essas amostras foram coletadas durante um período de 4 meses pelo computador e após essa fase, foi realizada uma visita a campo, para verificar alguns dados não esclarecidos durante a primeira fase de coleta e conseqüentemente concluir o preenchimento da planilha com os dados de manifestações patológicas identificadas e se após a construção da edificação já houveram substituições.

3. ANÁLISE DAS EDIFICAÇÕES

3.1. Tipos de suportes para aparelhos de ar condicionado

Após a coleta de informações, foi possível identificar 3 tipos de sistemas de suporte para os aparelhos de refrigeração, os quais são eles: caixa protetoras de concreto armado (tipo janela), outras apoiadas nas janelas ou vãos (adotado como modelo oculto) e as que usam estruturas já incorporadas a edificação (modelo *split*), dessa forma chegou-se a um total de 61 edificações analisadas, Figura 2.

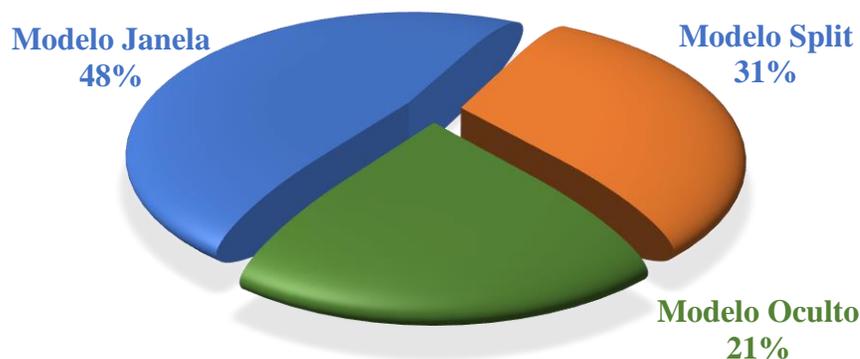


Figura 2. Sistemas de suportes dos aparelhos de refrigeração das edificações

Deste modo, constatou-se que 48% das edificações utilizam modelos tipo janela, 21% com o modelo oculto e por fim, com apenas 31% os modelos que se integram as estruturas das edificações (aparelhos *split*), estas por sinal são advindas de projetos mais recentes.

O que pode-se destacar dos dados coletados, se deve a existência de dois modelos de protetores de concreto armado do tipo janela, do total de 29, tem-se 20 para o modelo aberto e 9 para o modelo fechado, pelas suas características e dimensões, pode-se considerar o modelo aberto mais frágil, ou seja, quase 70% dos edifícios que possuem protetor de concreto armado do tipo janela estão com o modelo mais simples e que portanto geram maior risco de desgaste prematuro, tem-se os modelos representados nas Figuras 3 e 4.



Figura 3. Suporte de concreto armado, tipo janela: a) modelo aberto; b) modelo fechado

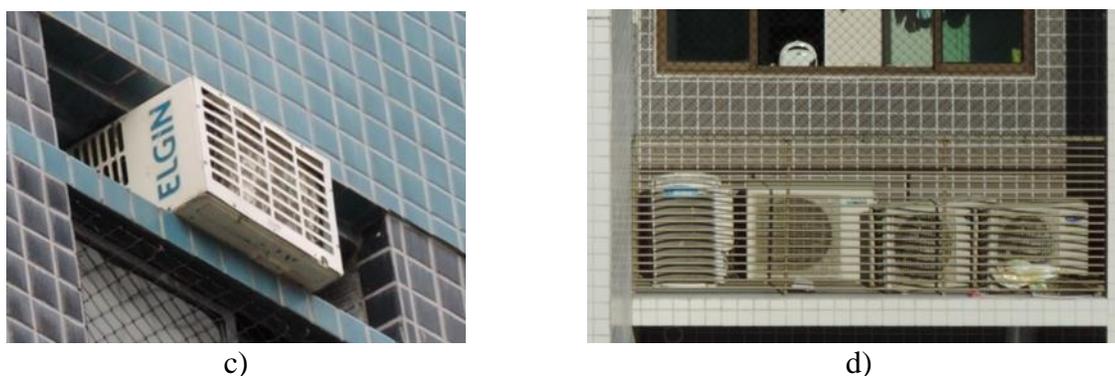


Figura 4. Outros modelos de suporte: c) modelo “oculto”; d) modelo para *split*

3.2. Projeto estrutural dos suportes tipo janela

Abaixo tem-se a representação esquemática dos modelos tipo aberto e fechado, Figura 5.

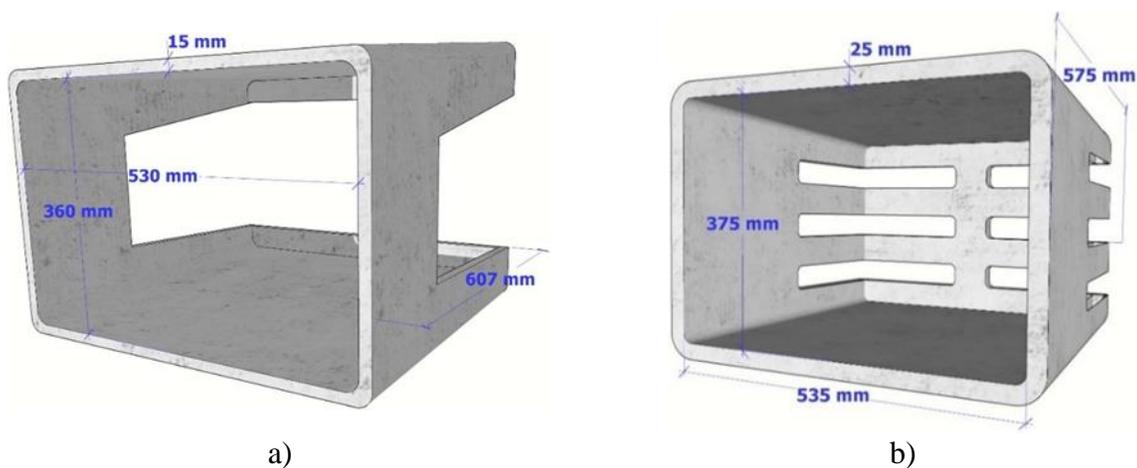


Figura 5. Estrutura dos modelos tipo janela: a) aberta; b) fechada

Devido as dimensões do modelo aberto serem bastantes simples, a confecção se torna mais fácil, porém a fragilidade do modelo estrutural se torna visível.

Tem-se o detalhamento de um corte deste modelo, onde irá identificar a posição da armadura, na parede do suporte, que neste caso utiliza-se do fio CA-60 de 4,2 mm, consideração esta, conforme exposta na ABNT NBR 7480:2007. De acordo com (Oswaldo e Helene, 2001), o aço CA-60 possui uma resistência maior a corrosão do que o aço CA-50, devido ao seu maior teor de carbono e manganês, associada a menores tensões internas da estrutura, detalhe do corte na Figura 6.

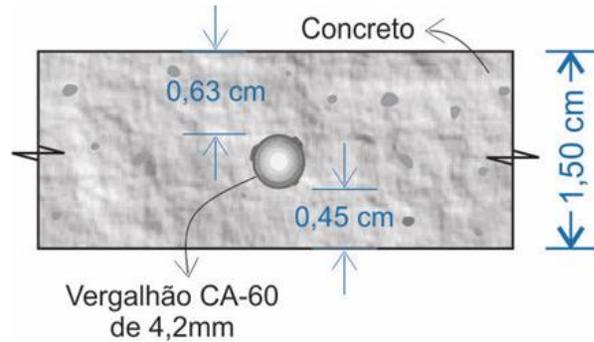


Figura 6. Detalhe da armadura do modelo janela, aberta

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Umidade relativa do ar / Condições atmosféricas

Para esta análise foi coletada através do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, pelo Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 (INMET, 2018) e separou-se a cidade de Recife neste período, com base no Mapa de Umidade Relativa do Ar Compensada e as duas Planilhas de Umidade Relativa do Ar Compensada Mensal e Anual, constatou-se que as umidades, com base na média, variaram dentro da faixa de 65% até 85% ao longo de todo o ano, indicando uma umidade dentro dos padrões que aceleram os processos de corrosão da armadura, Figura 7.

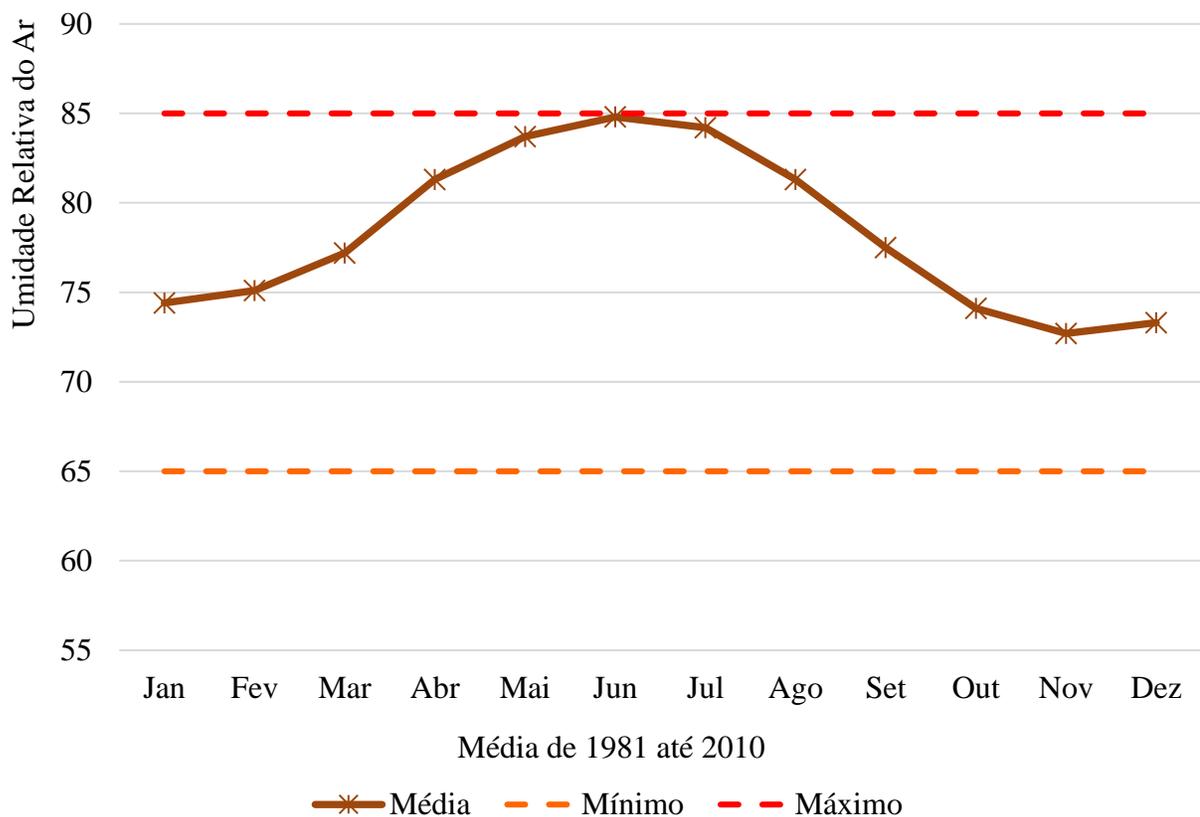


Figura 7. Variação da Umidade Relativa do Ar (1981-2010), fonte: INMET

De acordo com o Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010 (INMET, 2018), com base no Mapa da Direção Predominante do Vento (Pontos cardeais e colaterais), tem-se a direção predominante dos ventos para a cidade do Recife, na direção SE (sudeste) em praticamente todos os meses do ano, com exceção do mês de novembro, na direção E (leste) e julho para a direção S (sul).

Utilizando-se um edifício residencial como exemplo, foi utilizado o aplicativo de GPS para smartphones Commander Compass Go 3.9.9, através da bússola giroscópica e a direção da coordenada geográfica inserida no mapa do Google, foi possível visualizar a direção dos ventos atuantes nas fachadas, durante todo o ano, Figura 8a.

Esta edificação, possui os protetores de concreto armado do modelo fechado, em todas as fachadas, porém constata-se que nas fachadas Norte (N) e Oeste (W), essas estruturas tendem a apresentar mais degradação, Figura 8b.

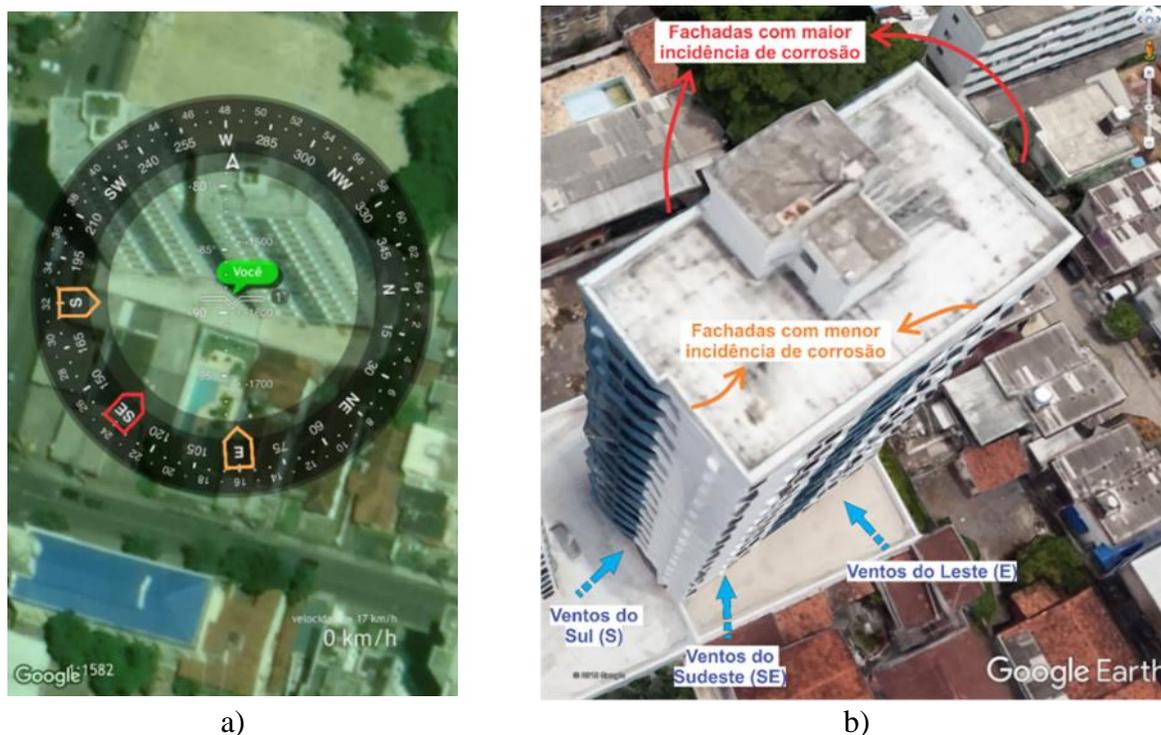


Figura 8. Direção dos ventos em edificação: a) direção dos ventos no ano; b) ventos na edificação

Alguns estudos indicam que a velocidade do vento, sendo superiores a 3m/s, podem distribuir os íons cloretos por regiões mais afastadas da costa, sendo influenciados também pela altitude, com uma maior concentração de íons cloretos em altitudes menores, até 10m, porém em algumas regiões, como é o caso do Haváí, nos EUA, podem chegar até 30m, acima destas altitudes, há uma redução drástica destes materiais salinos, (Meira, 2017), mesmo em locais de arrebatamento das ondas marítimas, chegou-se a identificar que o vento apresenta um fator mais decisivo no transporte de cloretos para o interior do concreto, do que a altitude, (Balestra, 2019) e que é maior até os 100m de distância da costa, (Moreno, et.al., 2018).

Com base em dados do BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, Velocidade do Vento Média (mps) do INMET (INMET, 2018), pode-se verificar que ao longo de 5 anos, a velocidade do vento em Recife, não ultrapassou 2,75m/s, portanto, um local de ventos mais brandos, Figura 9.

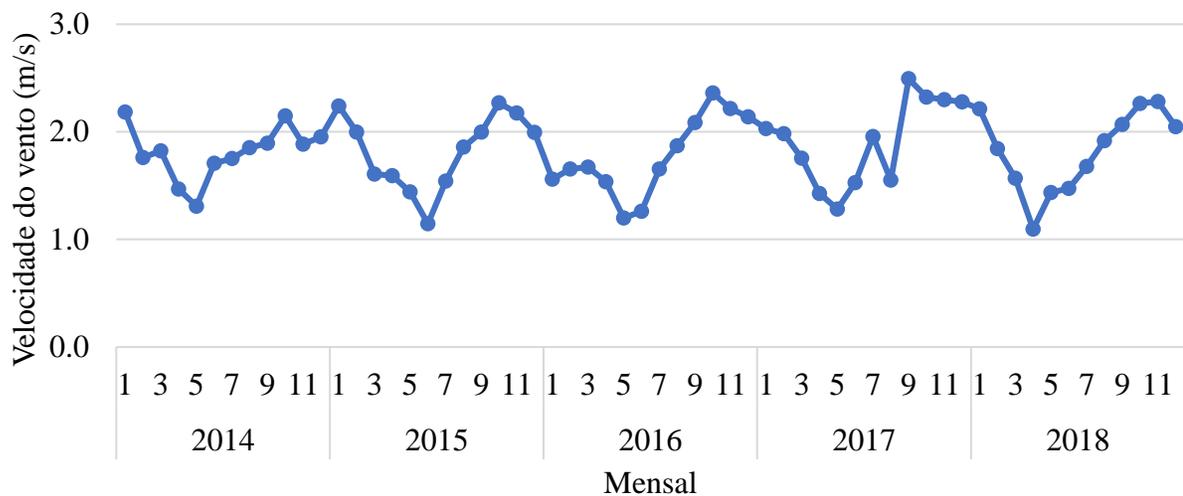


Figura 9. Velocidade do vento (media), fonte INMET

4.2. Atmosfera marinha

Devido a Recife estar em uma região litorânea, fato este próximo ao mar, foi demonstrada a distância entre a região pesquisada e o arrebatamento das ondas do mar, os quais pode indicar um ataque de íons cloreto (névoa marinha), Figura 10.



Figura 10. Distância da região analisada para o mar

Como pode-se constatar, a distância do arrebatamento das ondas do mar até o ponto em estudo, figura em torno de 4,74 km, de acordo com (Pontes, 2006), após analisar a beira mar do bairro de Boa Viagem em Recife/PE, com medições através do método do aparato de vela úmida para distâncias de 7 m até 320 m da costa, onde constatou-se através de um modelo adotado, que a partir de 400 m há uma redução significativa na deposição de cloretos e se resume a valores ínfimos aos 700 m.

Em outro estudo realizado por (Luna, 2008), sobre o Mapeamento da Corrosividade Atmosférica do Estado do Ceará, nele chegou-se à conclusão de que essa influência atinge distâncias de até 30 km da costa, ou seja, existem locais com maior ou menor ataque de íons cloretos e podem ser bem agressivos e com diversas morfologias (Moreno, et.al., 2015).

Em análise de campo, realizado por (Meira, et.al., 2014), demonstrou que o aumento da porosidade do concreto, ocasionados pela relação a/c, causa uma diminuição na quantidade de íons cloretos dentro do concreto armado.

4.3. Grandes Centros populacionais (poluição por agentes agressivos)

A cidade do Recife concentra uma densidade populacional elevada, conforme o Censo Demográfico 2010 do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), acima de 500 hab/km², Figura 11, com isso tem-se um dos problemas das metrópoles ao redor do mundo, as poluições por material particulado fino PM_{2.5}, formado por partículas de material sólido ou líquidas suspensas no ar, (Ventura, et.al., 2017).

Essa mostrou encontrar-se dentro dos parâmetros adequados da OMS – Organização Mundial da Saúde, que seria de até 400ppm de dióxido de carbono em ambiente aberto, provavelmente por estar relacionado ao sistema meteorológico da linha de região costeira, favorecendo a dispersão destas partículas pelo ar, de acordo com (Santos, et.al., 2014), tendo apenas uma maior concentração no período chuvoso.

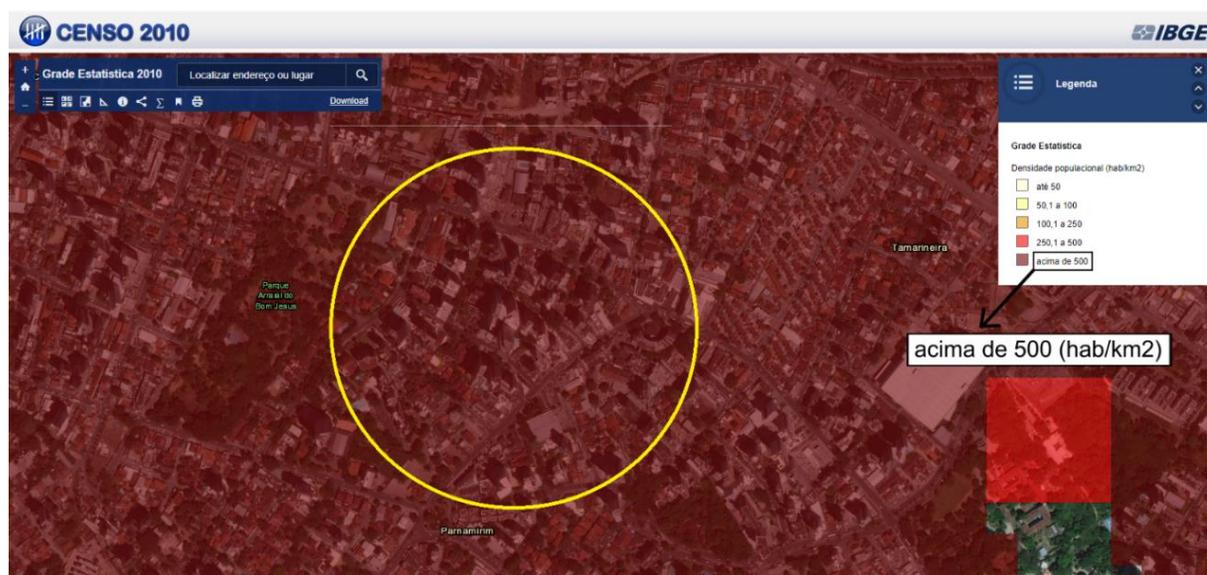


Figura 11. Intensidade da urbanização, densidade populacional em Recife/PE

5. IDENTIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Preliminarmente foi constatado, em visita a fornecedores de artefatos de cimento, que os traços do concreto eram realizados de forma empírica, dessa forma não tendo controle de qualidade sobre a relação água-cimento e conseqüentemente influenciando o volume total de vazios e as dimensões dos poros, facilitando o transporte de água, de íons cloreto e de CO₂ nos concretos.

Foi realizado uma visita a campo, no sentido de identificar as manifestações patológicas mais recorrentes, através de uma vistoria e registrando através de imagens e dados.

Na primeira análise, tem-se a visualização de fissuras e corrosão da armadura, possivelmente causada pela carbonatação ou ataques de cloretos, Figura 12, assim como o estado mais avançado de degradação, quando a estrutura destacou, em razão da expansão provocada pelo aumento de volume da armadura e conseqüente expulsão do concreto pela força de tração, (Choi, et.al., 2014), Figura 13.



Figura 12. Corrosão da armadura em modelo tipo janela: a) fissuras; b) destacamento do concreto



Figura 13. Quebra parcial em modelo tipo janela, aberta: a) ausência de laje inferior; b) ausência da laje superior

Outro ponto a se destacar e não menos agravante, se deve a utilização inadequada desses suportes, situações estas criadas pelos próprios usuários ou técnicos de refrigeração, que por desconhecimento ou inabilidade, aproveitam esses suportes para realizarem modificações com o acréscimo de outro sistema de refrigeração, os quais geram esforços não dimensionados, favorecerem as infiltrações na fachada, sobrecarregando os suportes existentes, já em processo de degradação intensa, por vezes, Figura 14.

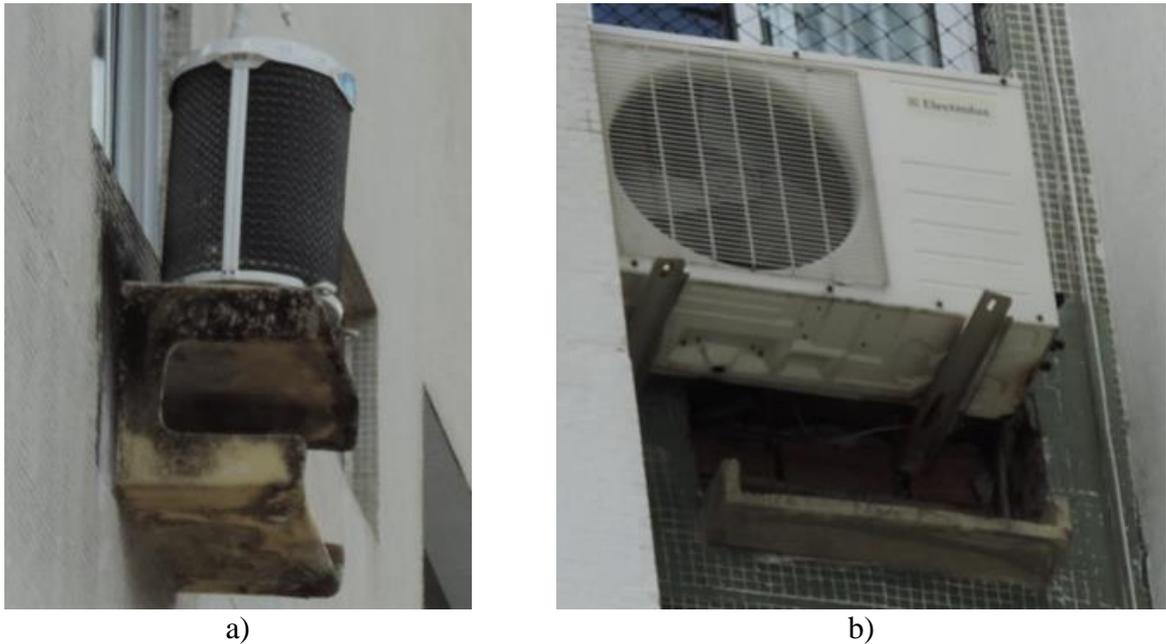


Figura 14. Utilização inadequada: a) esforços não dimensionados; b) infiltração na fachada

Para os edifícios que possuem os suportes de concreto armado, foram identificados visualmente em campo as principais manifestações patológicas, como: bolor, eflorescência, corrosão da armadura e destacamento do concreto, Figura 15, do total de 29 edifícios pesquisados, 11 tiveram histórico de substituição destes suportes, dos quais 9 já apresentavam reincidência de algumas manifestações patológicas, inclusive de destacamento do concreto.

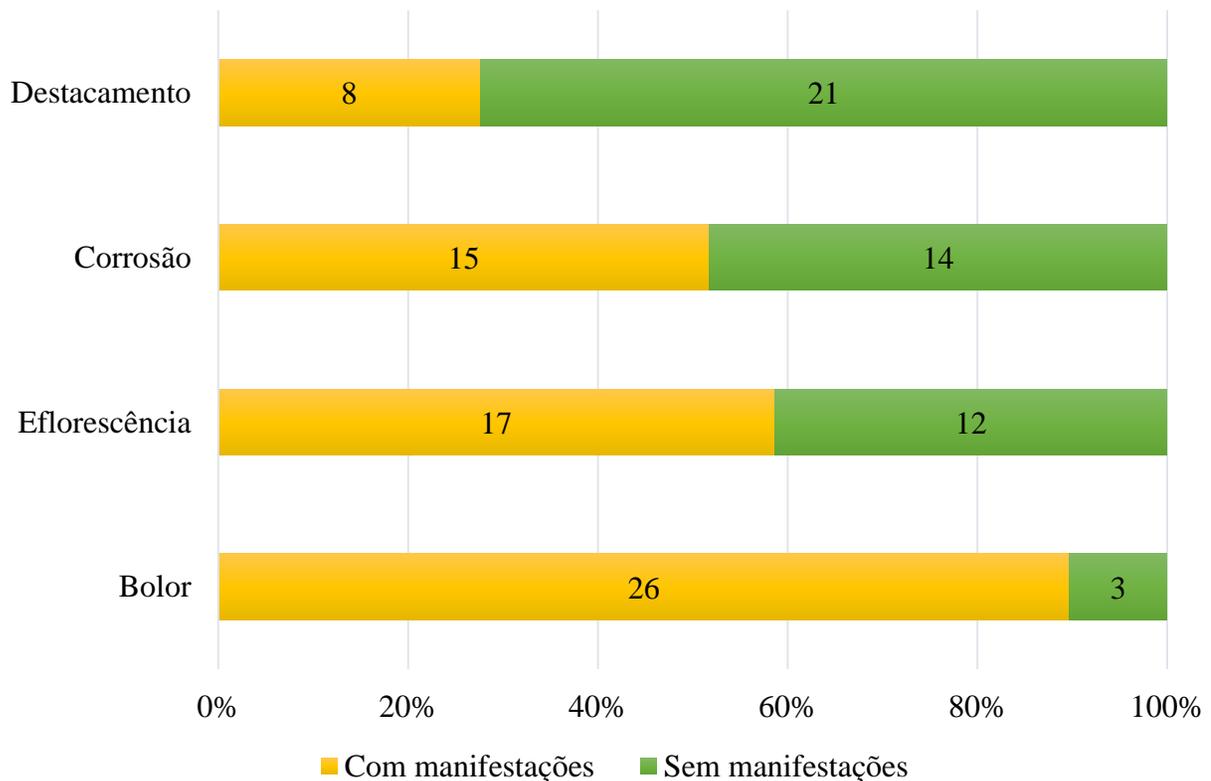


Figura 15. Manifestações patológicas dos suportes de concreto armado

Ao se analisar os modelos do tipo fechado, não é de fácil identificação pelo meio exterior das fachadas o seu estado de degradação, visto que as manifestações patológicas tendem a serem mais propícias na sua face interna, deixando uma margem de dúvida quanto a sua real condição.

6. ANÁLISE DE RISCO

Após todos os agravantes que aceleram as manifestações patológicas, foram analisadas as questões inerentes ao risco desse tipo de protetor, pois em face da fragilidade gerada pelas degradações, o mesmo ao se desprender da fachada (todo ou em parte), poderá provocar um impacto altamente destrutivo no solo.

Aproveitando o cálculo demonstrado por (Silveira, 2011), adotou-se para um objeto de 1kg, considerando a quebra parcial de um suporte e outro com peso estimado em 25kg para um completo, em uma situação de desprendimento das fachadas dos edifícios pesquisados e suas respectivas alturas.

Adotando-se a Equação (1):

$$F = \frac{M \cdot g \cdot H}{D} \quad (1)$$

Os quais tem-se: F – força; M – massa do corpo; g – aceleração da gravidade; H – altura; D – dureza de um piso de concreto.

Para isso tem-se na Figura 16, as informações para o objeto de 1kg na cor azul e para o de 25kg na cor laranja.

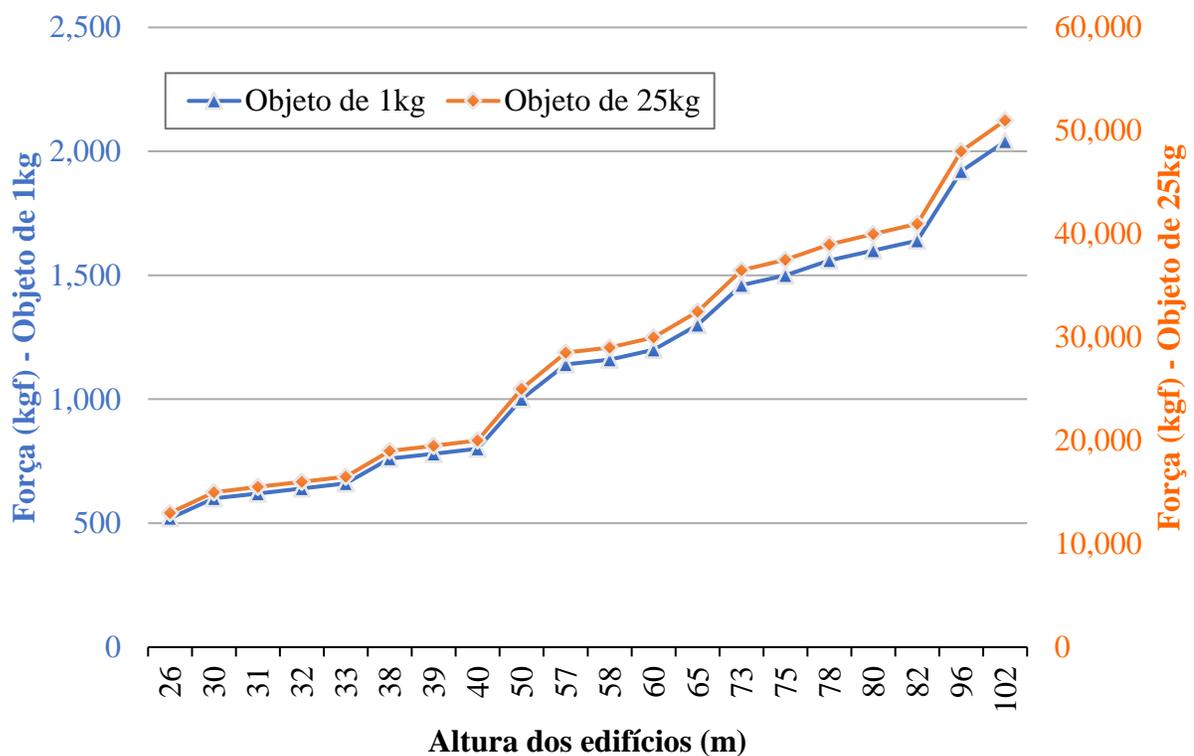


Figura 16. Força aplicada pelo objeto em contato com o solo

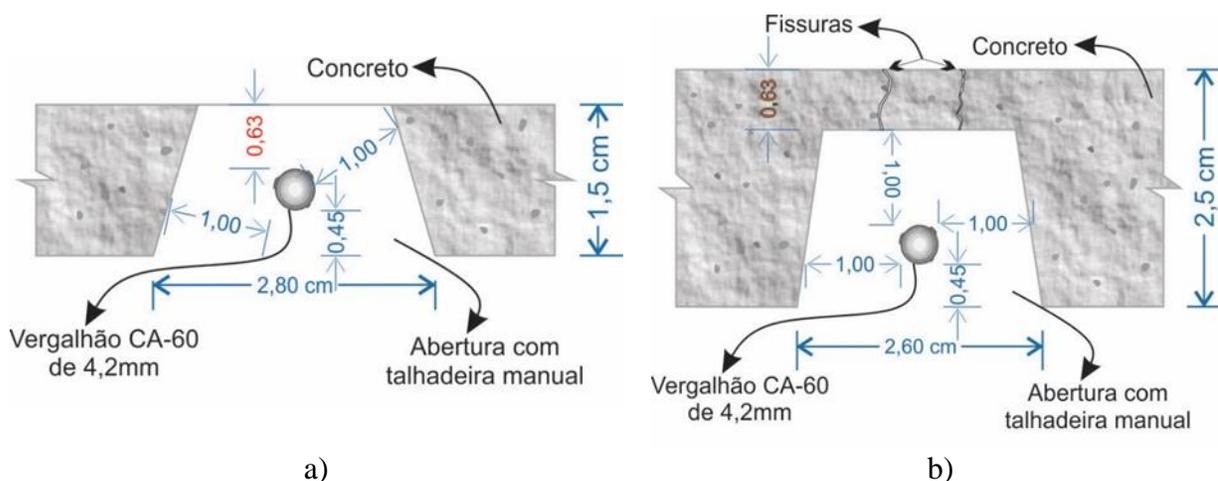
7. RECUPERAÇÃO

Essa análise tem o intuito de verificar a viabilidade de recuperação desses suportes, no sentido de aumentar a sua vida útil, relacionado principalmente aos casos de corrosão da armadura, pois esses tem maior poder destrutivo, não menosprezando as demais manifestações patológicas de: bolor, crescimento de vegetação, eflorescência, partindo da premissa de que não serão gastos recursos, sem que haja uma justificativa mais robusta, ou seja, não deverão ocorrer manutenções da fachada apenas para limpeza e pintura desses suportes.

Para que a recuperação seja executada da forma correta, tem-se de acordo com (Souza e Ripper, 1998), a necessidade de remoção do concreto que envolve a armadura, sendo considerado espessuras de 2 cm além das armaduras, no sentido de garantir a remoção total do concreto degradado e repor as barras da armadura para a condição alcalina, para que em seguida seja realizada a limpeza e posterior aplicação do graute.

É notável que a espessura da parede da caixa modelo aberta, impede essa execução, visto que a própria possui apenas 1,5 cm de espessura, deixando essa possibilidade de recuperação inviável, para a caixa modelo fechada, apesar das dimensões serem maiores, também não permitem uma recuperação adequada, mesmo adotando uma condição de remover apenas 1 cm do concreto (sem atendimento mínimo as normas e recomendações e com dificuldade de execução), a possibilidade de trincas e quebra da parte superior são muito grandes, pois a estrutura em si já encontra-se comprometida, ou seja, no caso deste modelo, pode-se considerar a possibilidade de recuperação também inviável, conforme Figura 17.

Vale salientar, que no mercado existem modelos com espessuras bem mais robustas de 4,5 cm a 6 cm de espessura da parede, tendo conseqüentemente um controle mais rigoroso do concreto, estas poderiam estar atendendo as recomendações para uma maior durabilidade.



8. CONCLUSÕES

Levando-se em conta o que foi observado, entende-se que a quantidade de edificações com suportes de concreto armado são elevadas, em torno de quase 50%, e que estes apresentam manifestações patológicas em quase sua totalidade.

Alguns fatores se mostraram mais impactantes quanto aos aspectos de degradação, como a baixa qualidade do concreto, a umidade elevada durante todo o ano e o baixo recobrimento do concreto, favorecendo a aceleração da carbonatação, no caso do dióxido de carbono, este se mostrou dentro dos padrões aceitáveis em ambiente aberto.

Apesar do ataque por íons cloretos serem bastante agressivos, este se mostrou não contribuinte, visto a distância para o mar ser superior aos 100m e os ventos serem inferiores a 3m/s.

As manifestações patológicas mais encontradas foram: bolor, eflorescência, corrosão da armadura e destacamento do concreto, respectivamente.

Foram identificados substituições dos suportes de concreto armado em 38% das edificações que utilizam deste modelo e que no levantamento, 27% apresentam sinais de destacamento do concreto, este é um fator decisivo, visto que, o impacto de objetos em alturas elevadas, podem impactar ao solo na ordem de toneladas-força.

Quanto a possibilidade de recuperação, foi constatado que os suportes não oferecem as mínimas condições de reparo aceitáveis, pois não possuem dimensões próprias para tal procedimento.

9. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil - (CAPES) - Código de Financiamento 001.

10. REFERÊNCIAS

Almeida, F. C. R., Sales A. (2018), Ação do meio ambiente sobre as estruturas de concreto. In: Ribeiro D. V. et. al. *“Corrosão e degradação em estruturas de concreto: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção”*. 2. ed. Elsevier, Rio de Janeiro, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), *NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação*. Rio de Janeiro, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, Brasil.

Balestra, C. E. T., et.al. (2019), *“Contribution for durability studies based on chloride profiles analysis of real marine structures in different marine aggressive zones”*. Construction and Building Materials 206:140–150. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.067>

Bertolini, L. (2010), *“Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção”*. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil.

Fernández Cánovas, M. (1984), *“Patología y terapéutica del hormigón armado”*. Editorial Dossat, Madrid, España.

Choi, Y. S., et.al. (2014), *“Effect of corrosion method of the reinforcing bar on bond characteristics in reinforced concrete specimens”*. Construction and Building Materials 54:180–189. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.065>

Meira, G. R., et.al. (2014), *“Analysis of chloride threshold from laboratory and field experiments in marine atmosphere zone”*. Construction and Building Materials 55:289–298. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.052>

Meira, G. R., et.al. (2017), *“Vertical distribution of marine aerosol salinity in a Brazilian coastal area – The influence of wind speed and the impact on chloride accumulation into concrete”*. Construction and Building Materials 135:287–296. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.181>

Moreno, J. D., et.al. (2015), *“Determining corrosion levels in the reinforcement rebars of buildings in coastal areas. A case study in the Mediterranean coastline”*. Building Engineering 15:109–121. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.09.059>

Moreno, J. D., et.al. (2018), *“Exposure of RC building structures to the marine environment of the Valencia coast”*. Construction and Building Materials 100:11–21. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.job.2017.11.016>

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). “*Cidades e Estados: Recife (PE)*”. Brasília, Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 13/06/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016). “*Cidades e Estados: Recife (PE)*”. Brasília, Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 13/06/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). “*Cidades e Estados: Recife (PE)*”. Brasília, Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 13/06/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). “*Censo Demográfico 2010, Grade Estatística 2010*”. Brasília, Brasil. Disponível em: <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/grade/default.html>. Acesso em: 20/03/2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002). “*Mapa de clima do Brasil 1:5 000 000*”. Brasília, Brasil. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_200_2.pdf. Acesso em: 13/06/2019.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2018). “*Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010) – Direção Predominante do Vento (Pontos cardeais e colaterais)*”. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 18/06/2019.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2018). “*Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010) – Umidade Relativa do Ar Compensada*”. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 13/02/2019.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2018). “*BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - Série Histórica - Dados Mensais – Velocidade do Vento Média (mps)*”. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 24/06/2019.
- Johnson, S. M. (1965), “*Deterioration, maintenance, and repair of structures*”. McGraw-Hill, New York, USA.
- Luna, A. M., et.al. (2008), “*Mapeamento da Corrosividade Atmosférica do Estado do Ceará*”. INTERCORR 2008. Recife, Brasil.
- Cascudo, O., Helene P. R. L. (2001), “*Resistência à corrosão no concreto dos tipos de armaduras brasileiras para concreto armado*”. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, EPUSP, São Paulo, Brasil.
- Pontes, R. B. (2006), “*Disseminação de íons cloreto na orla marítima do Bairro de Boa Viagem, Recife/PE*”, Dissertação Mestrado - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Santos, L. H. M., et.al. (2014), “*Analysis of atmospheric aerosol (PM_{2.5}) in Recife city, Brazil*”. Journal of the Air & Waste Management Association, 64:5, 519-528. <https://doi.org/10.1080/10962247.2013.854282>
- Flores Larsena, S., Rengifob, L., Filippín, C. (2015), “*Double skin glazed fac, ades in sunny Mediterranean climates*”. Energy and Buildings 102:18–31. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.019>
- Silveira, F. L. (2011), “*Qual o peso equivalente que uma pedra de massa igual a 1 kg chega ao solo, jogada do 6 andar de um edifício?*”. Centro de Referência para o Ensino de Física - CREF, UFRGS. 01 jun. 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=qual-o-peso-equivalente-que-uma-pedra-de-massa-igual-a-1-kg-chega-ao-solo-jogada-do-6-andar-de-um-edificio>. Acesso em: 14 fev. 2019.

- Souza, V. C., Ripper, T. (1998), “*Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*”. Pini, São Paulo, Brasil.
- Perinia, K., Bazzocchib, F., Crocib, L., Maglioccoa, A., Cattaneo, E. (2017), “*The use of vertical greening systems to reduce the energy demand for air conditioning. Field monitoring in Mediterranean climate*”. *Energy and Buildings* 143:35–42. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.036>
- Desai, V., Potter, R. (2014), “*The Companion to Development Studies*”. Routledge. Paignton. United Kingdom.
- Ventura, L. M. B., et.al. (2017), “*Chemical composition of fine particles (PM2.5): water-soluble organic fraction and trace metals*”. *Air Qual Atmos Health*. Springer Science. <http://dx.doi.org/10.1007/s11869-017-0474-z>