



**VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA INSPEÇÃO VIRTUAL DE
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS
COM DIFERENTES REVESTIMENTOS**

FLORIANÓPOLIS

2018



BIANCA PISTUNI SOLANHO

JAMILLE VARGAS

JULIANO MORESCO SILVA

**VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA INSPEÇÃO VIRTUAL DE
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS
COM DIFERENTES REVESTIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Prof. Orientador: Joelcio Luiz Stocco.

FLORIANÓPOLIS

2018

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil prof. Stocco pela valiosa colaboração no levantamento de campo deste trabalho.

Aos professores do curso que passaram o seu conhecimento nas aulas, sem medir esforços para validar as dúvidas de todos.

Aos colegas de turma, por todos os finais de semana que passamos juntos, pelo apoio e companheirismo.

Aos familiares que nos incentivaram a vencer essa nova etapa, em especial ao Sr. Ivo Vargas, por todo o apoio dado ao grupo na realização das vistorias físicas, além da sua companhia nos sábados de inspeção, com emoção (rsrs).

FOLHA DE APROVAÇÃO

VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA INSPEÇÃO VIRTUAL DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS COM DIFERENTES REVESTIMENTOS

Por

BIANCA PISTUNI SOLANHO

JAMILLE VARGAS

JULIANO MORESCO SILVA

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Florianópolis (SC) 27 de Janeiro de 2018.

Joelcio Luiz Stocco, M.Sc.

Denis Fernandes Weidmann, M.Sc.

Luiz Roberto Prudêncio Júnior, Dr.

RESUMO

O presente trabalho propõe a verificação da inspeção virtual por meio de drone em fachadas com diferentes tipos de revestimento. Tem por objetivo comparar a eficiência da inspeção virtual de fachadas com a inspeção física por método estatístico em uma edificação com diferentes revestimentos. O estudo inicia com a revisão bibliográfica das manifestações patológicas encontradas em fachadas, assim como métodos quantitativos da degradação em fachadas. Com as inspeções realizadas e o método quantitativo aplicado aos dados, conclui-se que a inspeção virtual por drone auxilia na prevenção e fiscalização das fachadas com revestimento argamassado pintado, já as fachadas com revestimento cerâmico necessitam de estudos mais aprofundados para a efetivação da eficiência do método.

Palavra-chave: Drone, fachada, inspeção, manifestação patológica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Lei de evolução de custos (Sitter, 1984).....	16
Figura 2: Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação correspondentes em função do elemento construtivo.	18
Figura 3: Principais fatores envolvidos no desempenho em serviço do edifício ..	18
Figura 4: Curvas de degradação.	31
Figura 5: Localização do empreendimento estudado.	42
Figura 6: Identificação do local das manifestações patológicas descrita pelos moradores	43
Figura 7: Pavimento tipo - Residencial Girassol.....	44
Figura 8: Croqui da Edificação para vistorias	45
Figura 9: Utilização de caminhão guindaste para vistoria física.....	46
Figura 10: Vistoria física com cadeira suspensa por corda	47
Figura 11: Inspeção Física. (A) Utilização de Fissurometro. (B) Ensaio de percussão	47
Figura 12: Vistoria virtual	48
Figura 13: Vistoria com drone.....	49
Figura 14: Modelo de drone utilizado na vistoria virtual	50
Figura 15: Ângulos de atuação da câmera do drone.	51
Figura 16: Croqui preenchido da vistoria física.	52
Figura 17: Croqui preenchido da vistoria virtual.	53
Figura 18: Fissura na platibanda.....	54
Figura 19: Fissura na junta de dilatação	55
Figura 20: Diferença na coloração do revestimento.....	55
Figura 21: Fissura em revestimento com pintura e cerâmico.....	56
Figura 22: Mancha de umidade em revestimento	56
Figura 23: Trincas na parte inferior das janelas.	57
Figura 24: Gráfico comparativo IPg.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classe de severidade (GASPAR, 2005; TAGUCHI, 2010).	37
Tabela 2: Grau de danos (FIB, 1998; TAGUCHI, 2010).	37
Tabela 3: Extensão dos danos (FIB, 1998; TAGUCHI, 2010).	38
Tabela 4: Urgência de intervenção (FIB, 1998; TAGUCHI, 2010).	38
Tabela 5: Classe de deterioração (FIB, 1998; TAGUCHI, 2010).	39
Tabela 6: Tabela auxiliar dos croquis para identificação das manifestações patologias.	54
Tabela 7: Inspeção Física	58
Tabela 8: Inspeção Virtual.	59
Tabela 9: Pano de referencia	60
Tabela 10: Classificação dos panos - Inspeção Física.	60
Tabela 11: Classificação dos panos - Inspeção Virtual	61
Tabela 12: Orçamento Andaime.	62
Tabela 13: Comparativo de custos	63

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	5
LISTA DE TABELAS	6
1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1. PROBLEMA.....	10
1.2. OBJETIVOS	10
1.2.1. Objetivo Geral.....	10
1.2.2. Objetivo Específico.....	11
1.3. JUSTIFICATIVA.....	11
1.3.1. Tecnológicas	11
1.3.2. Econômicas	12
1.3.3. Sociais	12
1.3.4. Ecológicas	13
1.4. HIPOTESE.....	13
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	13
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	15
2.1. PATOLOGIA NAS CONSTRUÇÕES.....	15
2.2. PATOLOGIAS EM VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS – FACHADAS	16
2.3. PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS FACHADAS 20	
2.4. INSPEÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	27
2.4.1. Modelos Desenvolvidos Para O Estudo Da Degradação Em Fachadas .28	
2.4.1.1. Modelo Proposto Por Shohet <i>Et Al</i> (1999)	29
2.4.1.2. Modelo proposto por GASPAR e BRITO (2008) e GASPAR e BRITO (2011) 30	
2.4.1.2.1. Curvas de degradação	30
2.4.1.2.2. Nível Geral de Degradação (NGD) da fachada.....	32

2.4.1.3.	Modelo proposto por SOUSA (2008).....	33
2.4.1.4.	Modelo proposto por TAGUCHI (2010).....	35
2.4.1.4.1.	Severidade ou Nível de Gravidade dos Danos	36
2.4.1.4.2.	Índice de Performance global ou do conjunto	38
3.	ESTUDO DE CASO	42
4.	ANALISE DOS RESULTADOS	52
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
6.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	66
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	67

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho possui como temática a inspeção de fachadas, usando o modo virtual com auxílio de um *drone*, em edifícios de diferentes tipos de revestimentos, sendo esta temática de fundamental estudo, pois os edifícios possuem diversos sistemas na composição, interagindo entre si, proporcionando segurança e qualidade de vida aos futuros moradores além de uma maior vida útil para o empreendimento. As fachadas podem ser consideradas como o envelope das edificações, com isso é o sistema mais influenciado por estar em todo o perímetro do prédio e esta área sofre com a ação do tempo, chuva, vento, sol, umidade, poluição, contaminação química, variação de temperatura, entre outros, o que a deixa mais vulnerável quando comparado a outros sistemas de uma edificação.

Por se tratar da “capa” do edifício, a fachada merece um cuidado maior com inspeções e manutenções. Inspeccionar essas áreas permite ao profissional quantificar as manifestações patológicas e demais problemas que muitas vezes passam despercebidos sem uma inspeção. O Brasil não possui uma normativa sobre inspeção de fachadas, apenas um projeto de lei que prevê uma inspeção prévia e periódica para avaliar o grau de risco a segurança dos usuários, porém essa lei ainda não foi votada. Para suprir a falta de uma normativa de inspeção predial, os brasileiros se apoiam em algumas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), que aborda critérios e níveis de desempenho para os sistemas das edificações. As normas NBR 16280 (ABNT, 2014), de Reformas em edificações, NBR 13752 (ABNT, 1996), que especifica os critérios e procedimentos de uma perícia, entre outras, são normas que se destacam no auxílio das inspeções de fachadas no Brasil.

Existem algumas metodologias para realizar a inspeção de fachadas e cabe ao profissional escolher a melhor técnica para cada caso. As formas de inspeção também podem variar, porém a mais conhecida é a inspeção visual. Essa inspeção leva o profissional até o problema, com o auxílio de equipamentos, como

andaimes, cadeirinhas, etc., ou até mesmo por vistorias por janelas, sacadas, entre outras.

Atualmente, a tecnologia nos disponibiliza um novo método de inspeção, sendo esta a “inspeção virtual”, onde é utilizado um drone equipado com uma câmera de alta resolução. As inspeções podem ser feitas por um único profissional, estático, apenas manuseando o equipamento.

Neste trabalho serão comparados em meios iguais, a inspeção virtual e física, por intermédio de vistoria em um edifício, onde serão analisados também nos diferentes tipos de revestimentos de fachada e verificando a existência de manifestações patológicas, utilizando o amplo conhecimento adquirido na revisão bibliográfica.

A conclusão do estudo se dará com a comparação entre os métodos de inspeção, traduzido em uma tabela correlacionando os métodos e sua eficiência nos diferentes tipos de revestimento.

1.1. PROBLEMA

O método de inspeção virtual com processamento de imagem digital apresenta a mesma eficiência que a inspeção física em edifícios de diferentes revestimentos de fachada?

1.2. OBJETIVOS

Neste item apresentam-se os objetivos gerais e específicos da pesquisa a ser desenvolvida.

1.2.1. Objetivo Geral

Comparar a eficiência da inspeção virtual de fachadas com a inspeção física.

1.2.2. Objetivo Específico

- A. Identificar as limitações na inspeção virtual;
- B. Quantificar as manifestações patológicas nos dois métodos de inspeção;
- C. Classificar as manifestações patológicas presentes na edificação em estudo;
- D. Comparar custos dos diferentes métodos de inspeção;

1.3. JUSTIFICATIVA

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

1.3.1. Tecnológicas

Segundo Oliveira (2013) as inspeções devem ser realizadas por profissionais habilitados e treinados na área, sendo eles capazes de transmitir as informações técnicas necessárias para cada caso, minimizando assim os riscos. Contrapondo o que a autora recomenda, as inspeções físicas geralmente não são realizadas por profissionais habilitados na área de patologia tornando a inspeção em uma avaliação onde pode conter diagnósticos imprecisos. A inspeção virtual é feita o uso de materiais gráficos como fotos e vídeos gerados pela vistoria realizada com um equipamento de registro aéreo, garantindo que as inspeções possam ser avaliadas por um profissional capacitado, possibilitando a avaliação das imagens inúmeras vezes o mesmo local sem nenhum custo adicional e além disto também

proporcionam o registro fotográfico onde possibilita a quantificação e qualificação das patologias.

1.3.2. Econômicas

O difícil acesso, deslocamento de funcionários, arrendamento de andaimes fachadeiros ou plataformas elevatórias aumentam o custo para realizar as inspeções físicas de fachadas, tornando-se um dos principais motivos pela baixa periodicidade deste serviço. Oliveira (2013) relata o caso da implantação de uma lei para inspeções em fachadas prediais na cidade de Nova Iorque em 1991, que somente obriga a periodicidade das inspeções visuais e não física devido a economia, sendo que a diferença de custo entre a inspeção visual e a física dependendo do tipo de fachadas, idade e método construtivo pode ser grande.

A utilização de técnicas de inspeção virtual pode diminuir os custos acima citados e incentivar a realização mais frequente de inspeções, podendo antecipar a necessidade de intervenção preventiva ou corretiva, evitando acidentes ou danos à construção.

1.3.3. Sociais

Segundo Husni (2005) extinguir o risco de acidentes completamente é algo impossível, porém com a prática das inspeções regulares de fachada é possível diminuir consideravelmente esta fatalidade. Um estudo realizado pela câmera de inspeção predial do Ibape/SP em 2009, apontou que 66% das prováveis causas e origens dos acidentes são relacionados a deficiência ou até inexistência da manutenção predial. O estudo frisa a necessidade de implantar um sistema de manutenção predial e a realização de avaliações periódicas.

Com base nos autores supracitados verificamos a importância da inspeção de fachadas para a segurança de todas as pessoas que usufruem da edificação.

1.3.4. Ecológicas

Com a maior periodicidade nas inspeções tende a reduzir as manutenções de grandes áreas já que as possíveis manifestações devem ser encontradas e sanadas em menor tempo, reduzindo então o impacto ambiental.

1.4. HIPÓTESE

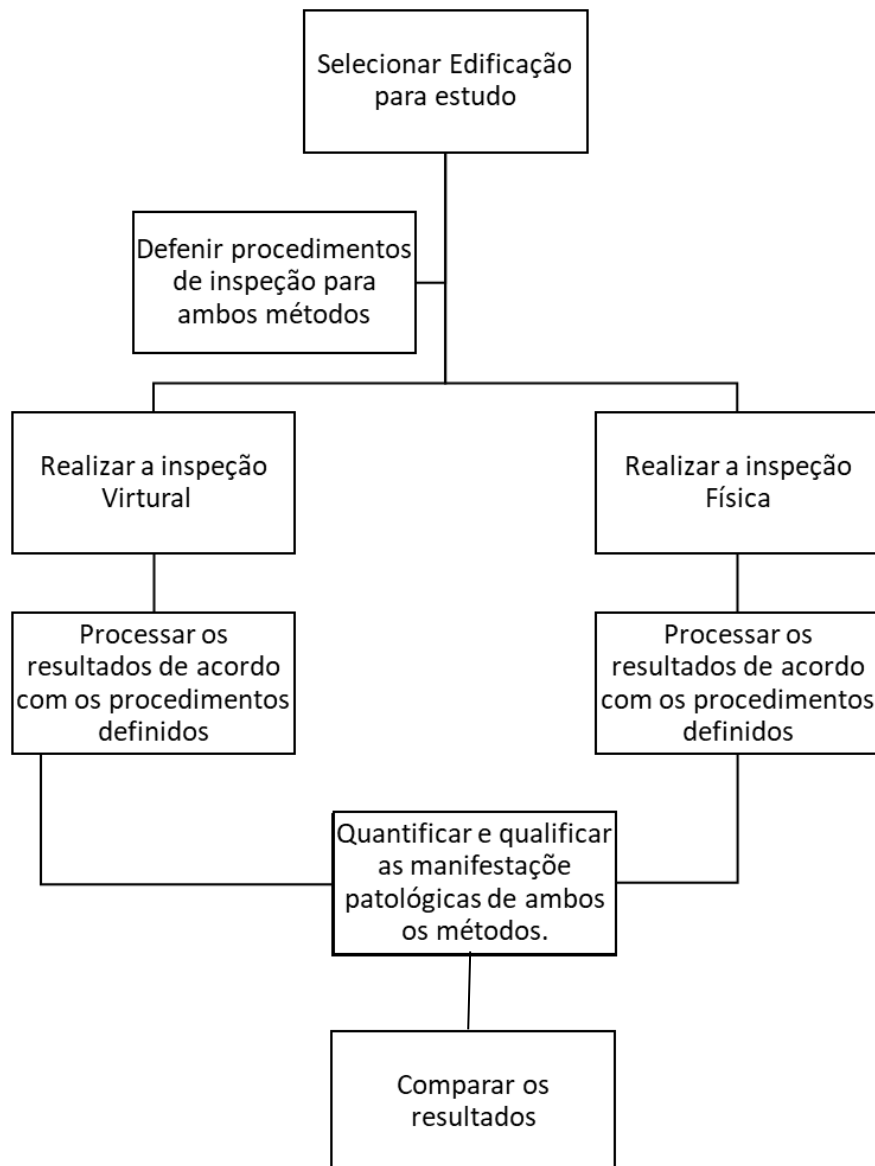
Segundo Oliveira (2013), o primeiro sinal da patologia em revestimentos cerâmicos é o som cavo quando nelas repercutidas, com base nessa informação - presume-se que o método de inspeção virtual apresentará igual eficiência da inspeção física para fachadas sem revestimentos cerâmicos, porém para fachadas com revestimentos cerâmicos será ineficiente já que não existe contato com a área analisada.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos que serão adotados para este trabalho são:

- a. Selecionar uma edificação com fachada acessível e que contenha área com revestimento cerâmico e área com revestimento com pintura.
- b. Elaborar método de inspeção para avaliar a área com manifestação patológica.
- c. Realizar a inspeção visual in loco através de equipamentos de movimentação vertical externa.
- d. Realizar a inspeção virtual através de equipamentos de captação de imagens aéreas

- e. Processar as imagens capturadas pelo equipamento de inspeção virtual para classificar as manifestações patológicas conforme a fundamentação teórica estudada.
- f. Quantificar e qualificar as manifestações patológicas existentes em todas as fachadas em análise pelos diferentes métodos.
- g. Comparar os diferentes métodos de inspeção



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A realização de um Trabalho de Conclusão do Curso necessita de embasamento teórico, que fundamenta, subsidia e norteia o estudo, sendo desta forma, indispensável à realização de uma pesquisa de qualidade.

A seguir, serão apresentados os principais aspectos sobre a inspeção de fachadas e as principais manifestações patológicas que compõem esta área de estudo.

2.1. PATOLOGIA NAS CONSTRUÇÕES

No Brasil se tem observado um aumento cada vez maior de edifícios com problemas relacionados a um desempenho insatisfatório. O levantamento das manifestações patológicas em edificações e em seus componentes sempre foi objeto de estudos de pesquisadores, pois, conhecendo-as, é possível obter informações sobre suas causas, origens, medidas de recuperação e prevenção (LICHTENSTEIN, 1985; PAES e CARASEK, 2002; FLORES-COLEN, 2009; MANSUR et al., 2006; GASPAR, 2009; ANTUNES, 2010).

Os problemas patológicos apresentam manifestações externas características, a partir da qual pode-se deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como pode-se estimar suas prováveis consequências. Esses problemas são evolutivos e tendem a agravar-se com o passar do tempo (HELENE, 1992).

Em relação a recuperação dos problemas patológicos, segundo Helene (1992) "as correções serão mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis de executar e muito mais baratas quanto mais cedo forem executadas". Estas seguem a "lei de Sitter", que mostra os custos crescendo segundo uma progressão geométrica, conforme apresentado na Figura 1, onde adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica de razão 5.

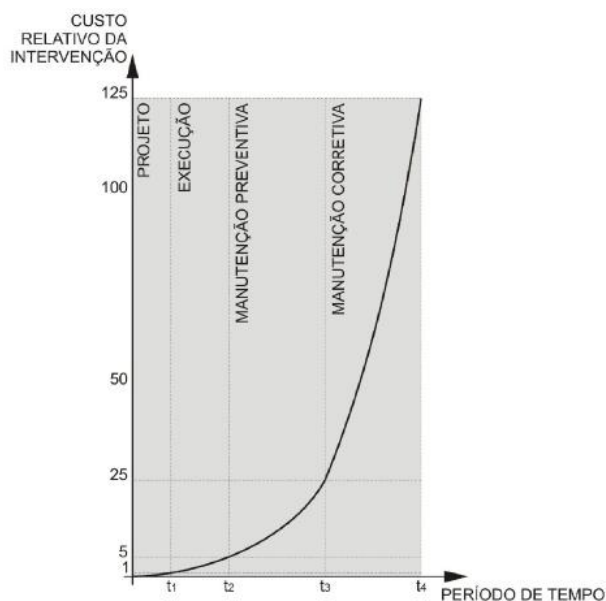


Figura 1: Lei de evolução de custos (Sitter, 1984)

Fonte: CEB apud HELENE (1992)

No gráfico da Figura 1, os tempos t_1 (projeto), t_2 (execução), t_3 (manutenção preventiva) e t_4 (manutenção corretiva), representam as várias fases de uma obra. Em caso de manutenção preventiva, o valor estará vinte e cinco vezes superior ao valor quando a decisão é partida de projeto, para o mesmo grau de qualidade e proteção. Já a manutenção corretiva representa um valor de cento e vinte e cinco vezes caso o problema seja detectado na fase de projeto (HELENE, 1992).

2.2. PATOLOGIAS EM VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS – FACHADAS

Importante destacar que a NBR 15575-1 (ABNT, 2013) trouxe uma nova visão no que tange aos aspectos relacionados ao edifício, pois coloca em norma conceitos de vida útil, durabilidade, desempenho para o edifício e suas partes que no Brasil eram mais acadêmicos. Antes de 2013 a preocupação com vida útil, desempenho e segurança de edifícios, no Brasil, estava relegada somente para as estruturas de concreto NBR 6118 (ABNT, 2013). Neste sentido, a NBR 15575-

1(ABNT, 2013) amplia o caráter normativo não somente para um elemento, mas sim para o edifício como um todo, estabelecendo nível de desempenho mínimo ao longo da vida útil dos elementos principais (estrutura, vedações, instalações elétricas, instalações hidros sanitárias, pisos, fachada e cobertura) para todos os edifícios habitacionais. Estabelece, portanto, novos rumos para pesquisas que envolvam o estudo do comportamento da degradação das fachadas e estimativa de vida útil.

Mais especificamente, no que se refere às fachadas, Consoli (2006) ressalta que, em virtude da ocorrência de patologias, a maioria dos revestimentos não proporciona um desempenho que garanta uma vida funcional longa para as mesmas. Neste sentido, o estudo das patologias fornece informações capazes de promover reflexões sobre alguns problemas da engenharia com relação à resistência, manutenibilidade e estética das obras. Sendo que a principal função de uma vedação externa consiste em separar o ambiente externo do ambiente interno. Para tanto, deve simultaneamente servir como uma limitação, uma barreira e um filtro seletivo para controlar fatores complexos, muitas vezes conflitantes de forças e de ocorrências, tais como (GOLDBERG, 1998):

- Pressão do vento e resistência a sismos;
- Resistência à movimentação térmica e umidade;
- Conservação de energia e controle do fluxo de calor entre o meio interior e exterior;
- Resistência e controle à penetração de chuva;
- Controle da migração do vapor de água e condensação;
- Resistência acústica;
- Resistência e contenção ao fogo;
- Permitir iluminação natural para o ambiente interior;
- Permitir circulação de ar entre o meio interior e exterior;

Alves (2008), ressalta que a partir de uma abordagem estatística de seu estudo, constatou que as fachadas apresentaram a maior frequência de problemas patológicos quando comparado com outros elementos do edifício e também foi

possível observar que os defeitos de execução foram responsáveis pela maior parte desses problemas. Verificou ainda que erros de concepção geram custos de reparação duas vezes e meia mais onerosa do que a reparação de qualquer outro tipo de problema (Figura 2).

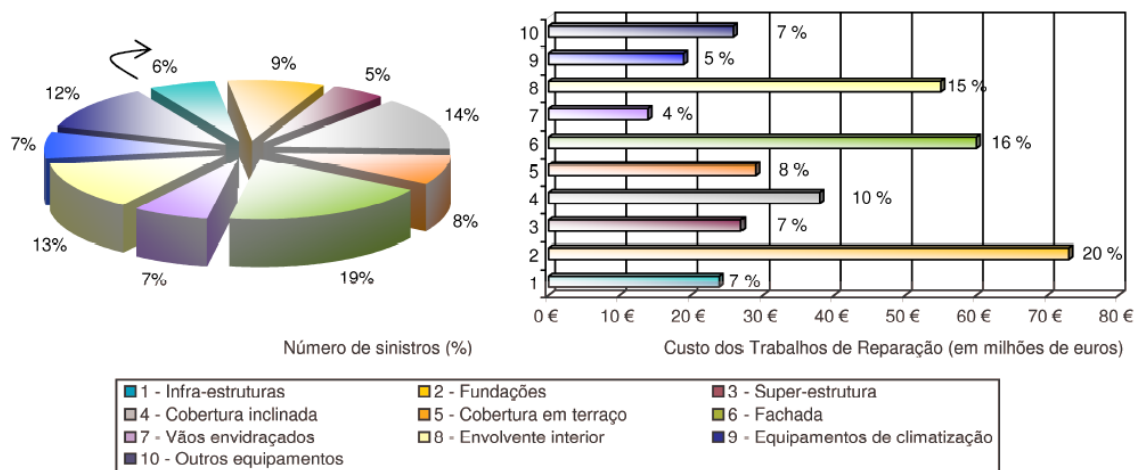


Figura 2: Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação correspondentes em função do elemento construtivo.

Fonte: ALVES, 2008.

Flores (2009), afirma que os principais fatores que afetam o desempenho do edifício e seus elementos (subsistema, componentes, produtos e materiais) se encontram diretamente interligada nas várias fases do processo construtivo conforme figura 3, sendo dependente dos diversos intervenientes.

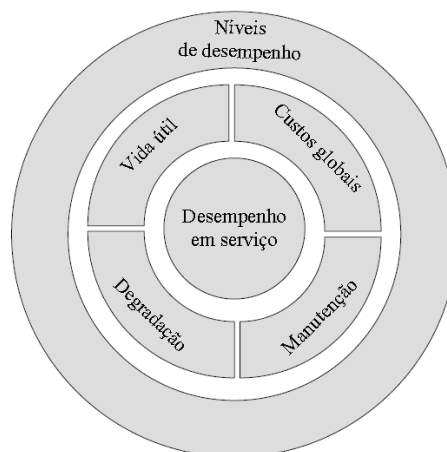


Figura 3: Principais fatores envolvidos no desempenho em serviço do edifício

Gaspar (2009) também propõe uma metodologia para a quantificação da degradação das fachadas e complementa sua pesquisa com a análise da vida útil das fachadas com acabamento em reboco também utilizando o Método Fatorial. As metodologias de análise da degradação e vida útil das fachadas estudadas por Gaspar (2009) se mostraram eficientes na estimativa da degradação e vida útil das fachadas analisadas.

Segundo Ceotto (2005), as principais patologias observadas nos revestimentos externos, também aplicáveis as internas, são:

- Aparecimento de fissuras e trincas;
- Umidade ascensional;
- Descolamento do revestimento;
- Alteração precoce no aspecto original do material, como, por exemplo, a perda da coloração, baixo desempenho e a baixa durabilidade dos materiais empregados.

Os fatores que podem estar diretamente correlacionados com patologias de revestimentos de argamassas são de uma forma geral (BAUER, 1991):

- Existência de cal livre;
- Instabilidade de volume (presença de óxido de magnésio);
- Cales sem atender aos requisitos mínimos normalizados;
- Presença de argilo-minerais expansivos;
- Molhagem deficiente da base;
- Hidratação do cimento, temperatura;
- Espessura de argamassa;
- Emboço sem a aplicação anterior do chapisco, cura do emboço e/ou reboco, ausência de vergas e contra-vergas;
- Qualidade dos blocos: dimensões incorretas, falhas na porosidade e acabamento superficial;
- Argamassa de assentamento: consumo de aglomerantes, retenção de água e retração;

- Alvenarias: geometria do edifício, esbeltes;
- Eventual presença de armaduras, existência de paredes de contraventamento;
- Recalques diferenciais em fundações;
- Movimentações higroscópicas e térmicas.

2.3. PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS FACHADAS

São inúmeras as manifestações patológicas em fachadas, onde continuam crescendo os diferentes tipos de problemas devido ao implemento de novos materiais e técnicas de revestimentos. Por estes motivos serão apresentados abaixo as principais manifestações patológicas encontradas nos edifícios da região do litoral de Santa Catarina, pois este será o foco do trabalho.

2.3.1. Umidade

A umidade presente nas fachadas pode ter origem na fase de execução da obra ou durante o uso do edifício e se manifesta através de manchas e bolhas de umidade, corrosão, bolor, fungos, algas, líquens, eflorescências, descolamentos de revestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentícias, fissuras e mudança de coloração dos revestimentos (SATO *et al.*, 1997).

Conforme Perez (1988), os principais mecanismos responsáveis pela fixação de umidade, são: absorção de umidade; absorção de água por capilaridade; absorção de água por infiltração; absorção de água por condensação; e umidade accidental.

Com foco na umidade, Guimarães (2003) verificou em sua pesquisa que as causas imediatas mais prováveis ficaram distribuídas em falta ou falha na estanqueidade de esquadrias 21%, falta ou falha em drenagens adjacentes 18%, trincas ou fissuras 15%, falta ou falha em impermeabilizações 13%, falta ou falha em rufos pingadeiras 12% e falta ou falha em peitoris 11%. As causas remotas

mais prováveis da ocorrência de umidade foram falta ou falha em amarrações 68% e falta ou falha em vergas e contravergas 25%. Com relação aos indicadores de deterioração mais encontrados, predominaram manchas de umidade 68% e destacamento de revestimento 14%.

Silva (2007) complementa que os fatores que podem atenuar os problemas de umidade são os aspectos relacionados às características dos materiais empregados nas fachadas dos edifícios, como a rugosidade e a porosidade do revestimento, que influenciam respectivamente no escoamento e grau de absorção da água. Uma maneira de minimizar os processos de deterioração das fachadas, garantindo sua estanqueidade, consiste na prescrição de fachadas com revestimentos pouco porosos ou ainda utilização de barreiras contra a penetração de água, como pingadeiras, molduras, cimalthas, peitoris e frisos.

2.3.2. Fissuras e Trincas

As fissuras em edificações são manifestações patológicas decorrentes dos mecanismos de alívio de tensões pelas alterações dimensionais, deslocamentos e variações de volume ao longo do período em serviço, podendo ser decorrentes de processos físicos-mecânicos ou químicos (CARASEK, 2007). Na maioria das vezes o problema não está no revestimento, mas na base sobre a qual o mesmo foi aplicado.

As ocorrências de fissuras ou descolamentos nas fachadas são consideradas toleráveis caso atendam às seguintes características, conforme o local do aparecimento (NBR 15575-4 (ABNT, 2013)).

Fissuras no corpo das fachadas, descolamentos entre placas de revestimento e outros seccionamentos do gênero, desde que não sejam detectáveis a olho nu por um observador posicionado a 1,00 m da superfície do elemento em análise, num cone visual com ângulo igual ou inferior a 60°, sob iluminação natural em dia sem nebulosidade;

Desplacamentos de revestimentos, detectáveis visualmente ou por exame de percussão (som cavo), desde que não impliquem em descontinuidades ou risco

de projeção de material, não ultrapassando área individual de 0,10m² ou área total correspondente a 5% do pano de fachada em análise.

As fissuras que ocorrem na interface estrutura-alvenaria normalmente se posicionam paralelamente ao componente estrutural (pilar, viga ou laje), indicando destacamento horizontal ou vertical, devido a movimentos diferenciais, decorrente de deformação da estrutura, devido às flechas excessivas em vigamentos e lajes, e ainda a deficiência de ancoragem, principalmente no encontro entre pilar e alvenaria. Estas fissuras podem apresentar uma configuração sinuosa (“dentes de serrote”) com ou sem ramificações, sendo esta mais frequente abaixo de vigas e lajes. Especificamente nas interfaces com pilares, podem ainda apresentar configurações também “denteadas”, onde o destacamento ocorre no contorno dos componentes da alvenaria (Silva, 2014).

Dentre as causas mais tratadas na literatura sobre o surgimento de fissuras, têm-se: as movimentações térmicas e higroscópicas, atuação de sobrecargas, deformabilidade das estruturas de concreto armado, recalques de fundação, retração dos produtos à base de cimento e as alterações químicas dos materiais de construção (THOMAZ, 1989).

Thomaz (1989) salienta que a fissuração em revestimentos de argamassa por alterações químicas pode decorrer da hidratação retardada de cales ou de ataque por sulfato. Ambas as manifestações necessitam da presença de água resultando em reações que proporcionam o aumento do volume e a expansão do produto destas reações tem como consequência o aparecimento de fissuras.

A trinca pode ser entendida como a ruptura no corpo da peça, sob a ação de esforços, provocando a separação de suas partes e é manifestada através de linhas estreitas que configuram o grau de sua abertura, sendo que, em geral, apresenta-se com dimensões superiores a 1 mm. O gretamento e a fissuração, por sua vez, são aberturas uniformes que aparecem na superfície do componente, provenientes da ruptura parcial de sua massa, ou seja, a ruptura que não divide o seu corpo por completo. São caracterizadas por apresentarem, aberturas inferiores a 1 mm (SABBATINI; BARROS, 2001).

A partir do trabalho de Ioshimoto (1988), a respeito de incidência de manifestações patológicas em edificações, tem-se que as causas prováveis de fissuras e trincas são: recalque (acomodação do solo, da fundação ou do aterro); retração (fissuração da argamassa de revestimento ou de piso cimentado); movimentação (da estrutura de concreto, do madeiramento do telhado ou da laje mista); amarração (falta de amarração nos cantos de paredes ou no encontro da laje com as paredes, isto é, aperto inadequado); diversos (concentração de esforços, impacto de portas, etc.).

Guimarães (2003) conclui em sua dissertação que as causas mais prováveis para as ocorrências de trincas ou fissuras para o conjunto dos vinte prédios analisados foram a falta ou falha em amarrações 56%, seguindo-se movimentações estruturais 19% e falta ou falha em vergas e contra vergas 15%.

Além de provocar desconforto psicológico para o usuário, as fissuras e trincas podem provocar a perda de estanqueidade da parede e consequente degradação com o passar do tempo. Essa perda de estanqueidade pode facilitar a infiltração de agentes agressivos que podem se tornar patológicos comprometendo o desempenho esperado do sistema e provocando sua deterioração.

Neste contexto, são vários e complexos os fatores que podem levar à fissuração dos elementos de vedação e o controle das fissuras, muitas vezes, fogem ao alcance devido às características e particularidades inerentes à construção civil. Quando não causam descolamento, as fissuras indicam aderência satisfatória do suporte.

2.3.3. Descolamento (perda de aderência)

A perda de aderência pode ser entendida como um processo em que ocorrem falhas ou ruptura na interface dos componentes cerâmicos com a camada de fixação ou na interface desta com o substrato, devido as tensões surgidas ultrapassarem a capacidade de aderência das ligações. Os sintomas podem ser observados, inicialmente, a partir da repercussão de um som oco em alguns

componentes, seguido do descolamento dos mesmos, podendo ocorrer, eventualmente, o descolamento imediato (SABBATINI e BARROS, 2001).

Nesta mesma constatação, Das Chagas (2009) reforça que o processo de mecanismo de descolamento em sistemas de revestimentos pode ser entendido como a perda de aderência entre a placa cerâmica e a argamassa de emboço ou entre a camada de emboço e a base, em virtude de as solicitações impostas ultrapassarem a resistência de aderência entre essas camadas ou ainda por falhas coesivas.

Saraiva (1998) destaca alguns fatores que podem provocar o descolamento das cerâmicas como o peso próprio, principalmente no caso de camadas muito espessas; as diferenças nas propriedades mecânicas dos materiais constituintes das diversas camadas; as movimentações da base; e, sobretudo, os esforços térmicos cíclicos nas fachadas que ficam grande parte do tempo expostas ao sol e que são revestidas com cerâmicas escuras, as quais apresentam grande potencial de absorção de calor se comparadas com as cerâmicas claras.

Sabbatini e Barros (2001), em suas observações, complementam que as causas do descolamento dos componentes podem ser diversas, sendo uma das mais importantes a instabilidade do suporte, devido à acomodação do conjunto da construção, à fluência da estrutura de concreto armado e as variações higrotérmicas e de temperatura.

Os descolamentos podem apresentar extensão variável, sendo que a perda de aderência pode ocorrer de diversas maneiras: por empolamento, em placas, ou com pulverulência. As causas destes problemas são (BAUER, 1987):

- Instabilidade do suporte, devido a acomodação do edifício como um todo.
- Deformação lenta (fluência) da estrutura de concreto armado, variações higrotérmicas e de temperatura, características um pouco resilientes dos rejuntas.
- Ausência de detalhes construtivos (contravergas, juntas de dessolidarização).
- Utilização da argamassa colante com um tempo em aberto vencido; assentamento sobre superfície contaminada.

- Imperícia ou negligência da mão de obra na execução e/ou controle dos serviços (assentadores, mestres e engenheiros).

2.3.4. Falhas nas Juntas

A deterioração das juntas de assentamento pode ocorrer entre outras razões devido a impactos nas regiões de encontro especialmente com as esquadrias; pela ação das intempéries (SARAIWA, 1998); fadiga do rejunte por ciclos higrotérmicos; envelhecimento, manifestado nas resinas de origem orgânica pela alteração da cor; especificação e/ou uso e aplicação errônea do rejunte que podem implicar em elevada porosidade superficial e baixa resistência mecânica; infiltração de produtos potencialmente agressivos e água. Todos estes fatores podem implicar em fissuração e posterior queda do rejunte da fachada.

As falhas que ocorrem entre as placas cerâmicas facilitam a passagem de água, podendo comprometer o desempenho do rejunte, que deixa de cumprir suas funções (aliviar tensões e garantir estanqueidade do revestimento). Para prevenir a ocorrência de falhas nas juntas faz-se necessário atender às características geométricas previstas em projeto, exercer controle durante a execução das juntas, escolher corretamente os materiais de preenchimento, além de cumprir às orientações e exigências das normas vigentes (Silva, 2014).

2.3.5. Falhas de rejuntamento

A falha de rejuntamento entre as peças cerâmicas ocorre pela ausência ou deterioração do rejunte nas juntas entre as peças. A função do rejunte consiste na impermeabilização do revestimento, evitando a penetração de água para as camadas internas da fachada (Bauer *et al.*, 2006).

O rejunte deteriora principalmente pela ação da insolação, bem como também pela ação da água a longo prazo. Em edifícios de maior idade é muito comum encontrar-se o rejunte total ou parcialmente destacado, e, em alguns casos fissurado (Silva, 2014).

2.3.6. Manchas na superfície - Eflorescências

Para Luz (2004), a falta de elementos de acabamento superior da platibanda e peitoris das janelas, como pingadeiras, contribui para o surgimento de manchas, principalmente nas argamassas de rejuntamento. O autor concluiu ainda que, apesar da falta de manutenção e limpeza das fachadas, o avanço do acabamento superior da platibanda e peitoris das janelas provavelmente contribuiu para amenizar o surgimento de manchas nas superfícies das placas cerâmicas e nas argamassas de rejuntamento.

Outra manifestação patológica que pode ser encontrada nas fachadas é a eflorescência, que se caracteriza pelo efeito de lixiviação, ou seja, transporta os sais solúveis até a superfície, provocando deterioração do sistema. Pode surgir em pontos específicos de forma concentrada ou generalizada por toda a fachada em forma de manchas (Silva, 2014).

2.3.7. Falha de vedação

A falha de vedação normalmente ocorre no entorno do vão das esquadrias, no encontro do corpo da esquadria com a alvenaria, geralmente levam a perda de estanqueidade. Este tipo de manifestação patológica pode ser vinculado à queda de rejunte, pela sua má aplicação ou falta de manutenção e ainda pode ser decorrente do processo de corrosão de esquadrias metálicas. A ausência de rejunte na interface esquadria/alvenaria permite que a água percole pela abertura levando ao surgimento de infiltrações (ANTUNES, 2010).

2.3.8. Deterioração de placas cerâmicas - gretamento

O gretamento é identificado por pequenas fissuras, semelhantes a um fio de cabelo, na superfície esmaltada do elemento cerâmico. Essas fissuras apresentam

formato circular, em espiral ou em forma de aranha. O gretamento pode ocorrer já na fase de fabricação, bem como pode surgir com o tempo em uso da cerâmica (ANTUNES, 2010).

Durante o processo de fabricação da placa cerâmica a massa fica em tensão de compressão nas camadas mais superficiais, visando aumentar a resistência mecânica da peça. A tensão de compressão residual vai sendo liberada com o decorrer do tempo (meses ou anos), e caso ocorra tração no vidrado, o mesmo se romperá ficando gretado (BAUER, 1996).

Quando o gretamento ocorre durante o uso da placa cerâmica, ou seja, após a sua aplicação, o mesmo está associado à dilatação sofrida pela base da placa cerâmica devido à expansão por umidade e/ou retração das argamassas de emboço ou fixação com alto teor de cimento, ocasionando tensões induzidas nas placas cerâmicas que podem romper a camada de material vítreo do esmalte (CAMPANTE, 2001).

2.4. INSPEÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

As atividades de inspeção, conforme a norma brasileira em vigor, NBR 9452 (ABNT, 1986), podem ser classificadas em três tipos:

- Inspeção cadastral - é a primeira a ser efetuada, deve ser amplamente documentada, não só pelos dados de inspeção, mas também pelo projeto completo e por todos os informes construtivos disponíveis;

- Inspeção rotineira – é uma inspeção programada, com intervalos de um a dois anos, destinada a coletar observações e/ou medições para identificar qualquer anomalia em desenvolvimento ou qualquer alteração em relação a inspeção anterior. As inspeções rotineiras são visuais e registradas através de documentação fotográfica e preenchimento da ficha de inspeção;

- Inspeção especial – é uma vistoria pormenorizada da obra, visual ou instrumental, realizada por engenheiro ou especialista com a finalidade de interpretar ocorrências danosas detectadas na inspeção rotineira.

Segundo Ceotto (2005), os métodos utilizados para o levantamento de campo podem ser resumidos em quatro:

- Observações visuais,
- Entrevistas,
- Questionários e
- Levantamentos físicos (medições).

2.4.1. Modelos Desenvolvidos Para O Estudo Da Degradação Em Fachadas

Diversos autores estudaram e aperfeiçoaram as metodologias que visam auxiliar na inspeção, avaliação e quantificação das degradações em fachadas, dentre os quais cabe destacar os estudos de Shohet *et al* (1999), Lacasse e Sjostrom (2003), Lacasse e Sjostrom (2004), Hovde (2004), Moser (2004), Chew *et al.* (2004), Daniotti e Cecconi (2010) com uma abordagem quantitativa da degradação utilizando um método fatorial. Destaca-se ainda os estudos de Gaspar e Brito (2008), Gaspar (2009) e Gaspar e Brito (2011) que vêm evoluindo suas pesquisas nessa área com resultados considerados relevantes em termos de estimativa de vida útil de fachadas de edifícios. Nesta linha de avaliação da degradação de vedação e fachadas, destacam-se os estudos como os de Sousa (2008) e Silva (2009), realizados também em Portugal e de Taguchi (2010), realizado no Brasil.

Existem diversas propostas metodológicas para inspeção de fachadas envolvendo uma menor ou maior etapa do processo. Cada profissional, técnico ou pesquisador, pode estabelecer uma metodologia diferenciada em função de diversas particularidades: a localização (cidade ou país), a cultura local, o tipo de material de revestimento, o tipo de edificação (residencial, multifamiliar, comercial ou ainda as especiais, como edificações tombadas pelo patrimônio histórico) (SOUSA, 2008; GASPAR, 2009; GASPAR; BRITO, 2011, SILVA, 2009; TAGUCHI, 2010; ANTUNES; 2010).

Descreve-se a seguir, quatro estudos que são referência para a avaliação de degradação e vida útil das fachadas.

2.4.1.1. Modelo Proposto Por Shohet *Et Al* (1999)

Para Shohet *et al* (1999), um dos parâmetros mais importantes que afetam a eficiência dos programas de manutenção é a precisão e a confiabilidade da vida útil prevista de componentes da construção, para tanto, desenvolveu uma metodologia para o estabelecimento de bases de dados que descrevem padrões de deterioração do prédio e componentes de sistemas com base em sua condição real monitorados *in situ*. A metodologia integra ferramentas de diagnóstico em um modelo analítico e pesquisa de campo. A metodologia foi implementada com base em três tipos de sistemas de revestimento exterior: revestimentos (1) em estuque, (2) de cerâmica ou de mosaicos e revestimentos de pedra (3). Um levantamento preliminar analisou cerca de trinta mecanismos de falhas que podem resultar de: (a) projeto defeituoso, (b) má qualidade da execução, (c) má qualidade dos materiais; (d) condições climáticas adversas (intensidade de radiação solar ou ataque de cloretos); (e) as condições atmosféricas causadas pela poluição atmosférica; (f) a má manutenção, (g) uso intensivo. A metodologia inclui três etapas: identificação dos padrões de falhas, determinação do ponto de seu estado real e avaliação da vida útil prevista.

O principal objetivo do estudo de Shohet *et al* (1999) consistiu em desenvolver uma metodologia para sistematizar uma base de dados de padrões de deterioração de componentes e sistemas construtivos.

$$Y = Y_s \times A \times B \times C \times D \times E \times F$$

Onde:

Y – Previsão da vida útil;

Y_s – Tempo de vida em serviço;

A – Qualidade dos materiais utilizados;

B – Qualidade do projeto;

C – Qualidade da execução;

D – Nível de manutenção;

E – Condições ambientais;

F – Estado geral do edifício.

As deficiências desta abordagem são a exigência de estudos aprofundados do projeto, material, e os serviços de execução. Outra deficiência é a falta de referência de escala de deterioração ou de sua desaceleração ao longo do tempo e não define uma classificação sistemática do nível de serviço.

Temos como resultado deste método o valor deste coeficiente variando entre 0 (zero) para os agentes de degradação que não afetam e 1 (um) para os agentes que afetam a previsão de vida útil.

2.4.1.2. Modelo proposto por GASPAR e BRITO (2008) e GASPAR e BRITO (2011)

Em seu trabalho sobre a evolução de danos em fachadas rebocadas, Gaspar e Brito (2008) apresentaram uma metodologia para quantificar o nível de degradação global das fachadas rebocadas. Os resultados são discutidos e comparados com as respostas dos danos nas construções obtidos com base em consultas e entrevistas com diferentes profissionais (arquitetos, pesquisadores e proprietários) para os dados amostrais estudados.

Os resultados da pesquisa desenvolvida por Gaspar e Brito (2008), Gaspar (2009), Gaspar e Brito (2011), dentre outros, foram muito importantes, pois mostrou ser possível estabelecer padrões de degradação através de uma curva da degradação e ainda alavancou pesquisas com outros sistemas de revestimentos (cerâmicos e pedra), além de outras abordagens de análise do processo de degradação em fachadas.

2.4.1.2.1. Curvas de degradação

A degradação é um fenômeno progressivo. A partir do momento que surge determinada anomalia, sem o tratamento eficiente, a tendência será de aumento com o decorrer do tempo e possível aumento da taxa de velocidade em caso de

exposição a agentes agressivos (variação térmica e mecânica, umidade, deformações específicas diferenciadas das camadas que compõem o sistema, dentre outros). Neste sentido, a evolução da degradação representa o comportamento apresentado por um elemento ao longo da sua vida útil e reflete a velocidade com que as fachadas ou seus elementos perdem sua capacidade funcional, ou seja, deixam de atender aos requisitos exigidos (SHOHET *et al.*, 1999; GASPAR; BRITO, 2008).

Para representar a perda de capacidade funcional das fachadas Gaspar (2009), baseado nos estudos de Shohet *et al* (1999), adotou a representação gráfica desse fenômeno por intermédio de curvas de degradação. Essas curvas de degradação podem apresentar diferentes configurações em função dos mecanismos de degradação, podendo ser obtidas a partir de uma regressão (tendência) dos quantitativos de degradação, podendo ser representadas em função de diversos mecanismos de degradação e mostrar que fator é mais representativo no comportamento temporal das degradações. A Figura 04 mostra os diferentes tipos de curvas que podem ser associadas ao processo de degradação (SHOHET *et al.*, 1999; GASPAR, 2009).

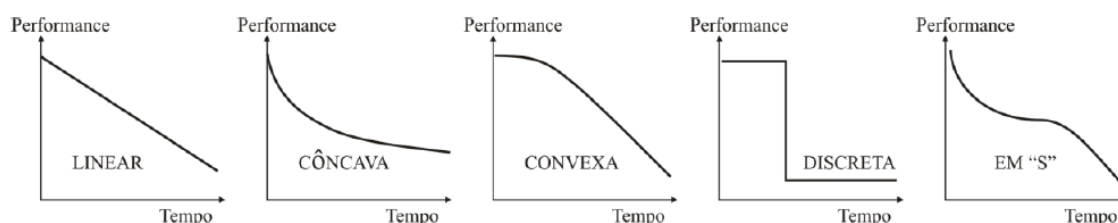


Figura 4: Curvas de degradação.

Autor: adaptado de Shohet et al (1999) e Gaspar (2009).

A curva de tendência linear está associada às ações de agentes atmosféricos permanentes (radiação solar ou ventos). O elemento analisado apresenta uma perda constante de sua capacidade funcional ao longo do tempo.

A curva côncava representa o desenvolvimento de fenômenos de degradação acelerado nas idades iniciais, contudo, com o decorrer do tempo, essa evolução da degradação se torna menos acelerada. Observa-se este comportamento

em degradações provocadas pela ação de micro-organismos que podem provocar manchas ou, a ocorrência de eflorescências.

A curva convexa está associada a fenômenos físicos e químicos, cuja ação inicial é geralmente lenta, contudo, com o decorrer do tempo, por associação e sinergismo entre as anomalias. A curva discreta é atribuída a fenômenos que podem ocorrer em qualquer período de vida útil de determinado elemento ou material, expressos numa função descontínua. A curva em “S” representa fenômenos associados a anomalias que ocorrem em idades recentes, ou seja, logo após a conclusão de obra.

2.4.1.2.2. Nível Geral de Degradação (NGD) da fachada

Para estabelecer um modelo de NGD de fachadas rebocadas, Gaspar e Brito (2008) apresentaram uma versão de seu estudo que consistia em vistorias em fachadas feitas pelo próprio pesquisador que complementou sua amostragem com os levantamentos de inspeções realizados por Silvestre (2005) em fachadas de Portugal.

Dessa maneira, Gaspar e Brito (2008) conseguiram estabelecer um banco de dados de cem edifícios na região metropolitana de Lisboa, Portugal, escolhidos aleatoriamente e filtrados, a fim de selecionar os estudos de caso baseados nos seguintes critérios: a) edifícios com fachada rebocadas, b) não há registros conhecidos de deterioração como resultado de ações acidentais e, c) com registros das ações de manutenção efetuadas anteriormente ou a idade da construção. A última condição é considerada indispensável para que o padrão de variação do NGD em função do tempo possa ser identificado.

$$NGD = \Sigma [(An \times kn \times ka, n) / (Ar \times k)]$$

Onde,

NGD – Nível Geral de Degradação, em porcentagem;

An – Área de uma fachada afetada por n defeitos, em metros quadrados;

k_n – Nível de n defeito, onde k_n fica contido no intervalo $\{0, 1, 2, 3, 4\}$;
 k – Constante, equivalente ao valor do nível da pior condição ($k = 4$);
 k_a, n – Importância relativa dos defeitos detectados, onde k_a, n equivale ao custo do reparo;
 A_r – Superfície da fachada exposta, em metros quadrados.

2.4.1.3. Modelo proposto por SOUSA (2008)

Sousa (2008) apresenta um estudo de degradação em revestimentos cerâmicos de edifícios de Portugal. Sousa (2008) fez uma adaptação dos estudos de Gaspar e Brito (2005) que também estudaram os fenômenos de degradação em fachadas rebocadas. A metodologia proposta consistia em um levantamento das patologias, a partir de inspeção visual, das patologias que ocorrem em fachadas com revestimento cerâmico e posterior análise quantitativa da degradação.

As curvas de degradação foram definidas através do estudo de várias anomalias ao longo do tempo, através da comparação do estado de conservação em diversos edifícios com diferentes idades. A metodologia para a estimativa da vida útil dos revestimentos cerâmicos desenvolvida por Sousa (2008) foi baseada nos modelos propostos por Gaspar e Brito (2005). Este modelo foi desenvolvido para determinar quantitativamente a estimativa da degradação global do revestimento.

Sousa (2008) utilizou uma amostra de 117 fachadas com revestimento cerâmico de edifícios de Portugal. Esta amostra foi obtida de inspeções realizadas por Silvestre (2005) e pela própria pesquisadora. As inspeções foram realizadas com o uso de binóculos e de um fissurômetro (para a determinação da abertura das fissuras, sempre que possível).

A partir dos critérios de gravidade, frequência e importância na evolução da degradação, Sousa (2008) agrupou as anomalias em:

- Anomalias estéticas;
- Fissuração;
- Deterioração das juntas;
- Descolamento.

A escolha das anomalias de fissuração e descolamento ocorreu em virtude da frequência com que estas ocorrem. As anomalias estéticas foram agrupadas em: eflorescências, manchas de umidade, alterações do brilho e da cor e os *graffiti*. A escolha da deterioração das juntas se deve à sua importância na evolução da degradação dos revestimentos cerâmicos.

Sousa (2008) adaptou a equação do NGD de Gaspar e Brito (2005) e propôs uma formulação que relaciona a razão entre extensão ponderada do revestimento e a extensão de degradação máxima possível. Esta razão permite obter uma variação do valor da severidade da degradação do revestimento entre 0 e 100%; constituindo assim um indicador facilmente interpretável.

$$S = \frac{\Sigma(Ae \times kn \times ka,n) + (Af \times kn \times ka,n) + (Aj \times kn \times ka,n) + (Ad \times kn \times ka,n)}{A} \times k$$

Onde:

S – Severidade da degradação da fachada normalizada, expressa em percentagem;

Ae – Área de fachada afetada por anomalias estéticas, em m²;

Af – Área de fachada afetada por anomalias por fissuração, em m²;

Aj – Área de fachada afetada por anomalias por deterioração de juntas, em m²;

Ad – Área de fachada afetada por anomalias por descolamento, em m²;

kn – Fator de ponderação dos níveis de degradação com $n \in \{1,2,3,4\}$;

ka,n – Fator de ponderação do peso relativo das anomalias detectadas; caso não exista especificação ka,n=1;

k – Fator de ponderação igual ao nível de condição mais elevada da degradação da fachada de área A;

A – Área da fachada, em m²;

Na análise dos resultados da aplicação do modelo de Gaspar e Brito (2005) aos revestimentos cerâmicos inspecionados, Sousa (2008) verificou que a maioria da amostra se encontrava acima do limite de vida útil. Para entender o motivo do elevado estado de degradação, Sousa (2008) efetuou uma análise mais detalhada. Desta análise, concluiu que o modelo se adequava para descrição da amostra. O

elevado estado de degradação se deu em virtude do intervalo de idades das fachadas inspecionadas ser de até 63 anos, muito acima da vida útil considerada por alguns autores para os revestimentos cerâmicos.

2.4.1.4. Modelo proposto por TAGUCHI (2010)

Taguchi (2010) desenvolveu em sua dissertação uma proposta de avaliação de desempenho das vedações verticais em alvenaria de blocos ou tijolos cerâmicos baseados em inspeções visuais, qualificando e classificando as patologias. Para tanto o autor adaptou o método fornecido pelo FIB (1998), originalmente proposto para estruturas de concreto, para vedações verticais.

O método proposto permite identificar os casos mais deteriorados através de um Índice de Danos para poder planejar uma análise mais detalhada e intervenção de reparos, além de um Fator de Deterioração.

Taguchi (2010) adotou um procedimento de avaliação qualitativo e quantitativo com as seguintes fases:

- Observação visual e verificação preliminar das condições das alvenarias.
- Identificação das regiões ou elementos mais criticamente danificados e determinação da extensão do dano;
- Determinação de um índice numérico para os danos no elemento ou no conjunto considerado, baseado em observações visuais da intensidade e extensão dos danos;
- Avaliação quanto à segurança.

A expressão geral baseada no boletim do CEB FIB para a determinação do índice de performance do elemento (IP) corresponde a soma dos fatores para cada tipo de dano i no elemento inspecionado conforme equação:

$$IP = \sum D = \sum B_i \times K_{1i} \times K_{2i} \times K_{3i} \times K_{4i}$$

Onde:

IP – Índice de performance do elemento;

D – Índice dos danos;

B_i – Valor básico associado ao tipo de dano i ;

K_{1i} – Fator da importância do elemento de vedação;

K_{2i} – Fator indicativo da intensidade do dano i ;

K_{3i} – Fator indicativo da extensão do dano i ;

K_{4i} – Fator indicativo da urgência de intervenção para o dano i .

O parâmetro B_i expressa o valor da importância relativa do tipo de dano em relação aos demais inspecionados com relação à segurança e/ou durabilidade do elemento inspecionado. O autor considerou os destacamentos com importância relativa superior a unidade e manchas, adotando um valor maior para B_i . A Tabela 01 associa valores de B_i com a classe de severidade. O parâmetro K_{1i} expressa a importância do elemento dentro do contexto da edificação ou uma de suas partes. Por outro lado o parâmetro K_{2i} é determinado através de critério de avaliação visual qualitativa, varia em quatro escalas de valores. Nesta pesquisa foram inspecionadas alvenarias convencionais com fator de importância unitária.

2.4.1.4.1. Severidade ou Nível de Gravidade dos Danos

Para Taguchi (2010), o estado de conservação dos revestimentos existentes pode ser caracterizado pelos tipos de anomalias que revelam e pelo grau com que se manifestam. Enquanto um revestimento fissurado, mesmo que em grau elevado, pode ser reparado com alguma facilidade, recorrendo a técnicas bastante conhecidas, o mesmo não se passa quando há deficiências de aderência ao suporte ou de coesão entre as partículas, cuja preservação exige o emprego de técnicas mais caras e complexas.

A severidade da anomalia relaciona o grau mais ou menos elevado da degradação, além de sua reparação baseada numa escala pré-definida por Gaspar (2005) para a classificação da degradação.

Tipo de dano	B _i	Classe de severidade			
		1	2	3	4
		5~10%	11~30%	31~50%	>50%
Umidades	1	Leve, aparente	Leve, aparente	Localizada	Extensas infiltrações
Manchas	1	Leve, aparente	Presença de fungos, mofo, eflorescências	Pintura/textura, desagregados	Extensas manchas de fungos, mofo, eflorescências
Destacamento	2	Leve, aparente	Leve desagregação da cor, textura	Arestas e cantos danificados	Separação de paredes/muros ou revestimento cerâmico, pedra
Fissuras	2	Eventual fissura capilar, <0,1mm	Fissuras visíveis com lente 0,1~0,3mm	Trincas visíveis a olho nu, 0,3~10mm	Fissuras extensas, fragmentação da superfície

Tabela 1: Classe de severidade (GASPAR, 2005; TAGUCHI, 2010).

Classe de severidade	Grau	Critério	K _{2i}
0	Não detectado	Não detectado na inspeção visual	0
1	Baixo, inicial	Danos de pequenas dimensões, geralmente visíveis em poucas áreas dos elementos.	0,5
2	Médio, em propagação	Danos de médias dimensões, confinados em ambientes, ou danos de pequenas dimensões visíveis em pequenas áreas dos elementos (<2%)	1
3	Alto e/ou ativo	Danos de grandes dimensões, visíveis em muitos elementos, ou em grandes áreas do elemento (25~75%)	1,5
4	Muito alto ou crítico	Danos muito grandes, visíveis na maior parte dos elementos (>50%)	2

Tabela 2: Grau de danos (FIB, 1998; TAGUCHI, 2010).

O fator K_{3i} sendo fator indicativo da extensão varia em quatro escalas de valores (Tabela 03).

Critério	K_{3i}
Danos confinados em um ambiente	0,5
Danos aparentes em vários elementos da mesma edificação (<25%)	1,0
Danos aparentes em vários elementos da mesma edificação (25~75%)	1,5
Danos aparentes na maioria dos elementos da mesma edificação (>75%)	2,0

Tabela 3: Extensão dos danos (FIB, 1998; TAGUCHI, 2010).

O parâmetro K_{4i} indica a urgência de intervenção com base no grau de deterioração, consequências, segurança dos elementos e usuários, e forma de intervenção (Tabela 04).

Critério	K_{4i}
Intervenção não necessária, danos não afetam segurança, estética e durabilidade.	1
Danos devem ser reparados dentro de um período de 1 ano para prevenção da durabilidade, segurança e funcionalidade.	2 a 3
Reparos imediatos pois estão afetando a segurança e funcionalidade.	3 a 5
Interdição temporária ou limitação de tráfego.	5

Tabela 4: Urgência de intervenção (FIB, 1998; TAGUCHI, 2010).

2.4.1.4.2. Índice de Performance global ou do conjunto

A expressão geral para a determinação do Índice de Performance global (IP_g) é definido pela equação, complementada pelas equações:

$$IP_g = 100 \times (\Sigma Def / \Sigma Dref)$$

Onde:

$$Def = \Sigma K_{1m} \times M_{m,ef}$$

$$Dref = \Sigma K_{1m} \times M_{m,ref}$$

$$M_{m,ef} = \Sigma B_i \times K_{2i} \times K_{3i} \times K_{4i}$$

$$M_{m,ref} = \Sigma B_i \times K_{2i} \times K_{3i} \times K_{4i} \times 1$$

Sendo,

IPg – Índice de performance global;

Def – Soma dos danos efetivos do elemento ou conjunto inspecionados;

Dref – Soma referência dos danos do elemento ou conjunto inspecionados;

K1m – Fator de relevância do elemento (igual a 1, na presente pesquisa);

Mm,ef – Soma reduzida dos danos efetivos do elemento;

Mm,ref – Soma referência reduzida dos danos do elemento.

Na expressão, Taguchi (2010) adotou a divisão da soma dos danos efetivos pela soma referência de maneira a se evitar que o índice de performance global (IPg) fosse demasiadamente afetado pelo número de tipos de danos e pelo número de elementos.

A Tabela 05 fornece a Classe de Deterioração para cada elemento ou conjunto de elementos, grau de deterioração, consequências, prazo para intervenção em função do valor do Índice de Performance (IPg) determinado.

Classe	Descrição da deterioração, intervenções necessárias, exemplos de deterioração	Ip - Índice de performance
I	Sem danos	0 à 5
II	Baixo grau de deterioração	3 à 10
III	Médio grau de deterioração	7 à 15
IV	Alto grau de deterioração	12 à 25
V	Grave grau de deterioração	22 à 35
VI	Crítico grau de deterioração	≥ 30

Tabela 5: Classe de deterioração (FIB, 1998; TAGUCHI, 2010).

A classe sem danos se refere somente a deficiências construtivas (irregularidades geométricas, estéticas, descoloração).

Baixo grau de deterioração indica que somente após longo período de tempo a vedação poderá ter sua funcionalidade ou durabilidade reduzida, se não for reparada na época apropriada. O local deteriorado pode ser reparado com baixo

custo como parte da manutenção regular (pequenas fissuras, manchas, e/ ou umidades localizadas, destacamentos internos localizados).

O médio grau de deterioração indica possível redução da funcionalidade e durabilidade do elemento de vedação sem requer quaisquer limitações de uso. O local deteriorado deverá ser reparado em período curto (fissuras médias, grandes deficiências construtivas, defeitos de impermeabilização, grandes machas, destacamentos internos).

Alto grau de deterioração representa a classe com reduzida funcionalidade e durabilidade do elemento de vedação, entretanto, não requer sérias limitações de uso. São necessários reparos imediatos para preservar a funcionalidade e durabilidade (grandes fissuras, porém não comprometem a estabilidade, grandes deficiências construtivas, sérias deficiências na impermeabilização, umidade generalizada, manchas generalizadas, destacamento externo generalizado).

Na classe grave grau de deterioração ocorre uma redução de funcionalidade (paredes não servem de suporte ou apoio), necessitando medidas de proteção (isolamento ou escoramento) e reparos imediatos (grandes rachaduras, destacamentos generalizados, grandes infiltrações).

Quando a classe se encontra em nível crítico de grau de deterioração existe elevada ou total redução da funcionalidade, necessitando isolamento ou interdição do local para reparos extensos e imediatos.

A qualificação das patologias das alvenarias, caracterizadas pelo método proposto de acordo com o índice de performance do elemento (IP) ou do conjunto (IPg) analisado, forneceram subsídios para uma avaliação equilibrada de cada elemento e do conjunto de elementos.

O método proposto pelo autor apresentou, de forma rápida, com baixo custo e sem a necessidade de equipamentos, importantes informações quanto ao grau de estética, segurança, higiene e suas limitações de uso e prazo de reparos ou intervenções, além de fornecer um indicativo gerencial da condição geral da alvenaria. O método apresentou ainda uma importante ferramenta para a padronização na avaliação de patologias das edificações possibilitando estabelecer

uma classificação dos elementos ou mesmo das edificações quanto a severidade dos danos.

Os resultados obtidos por Taguchi (2010), mesmo com pequeno número de estudos de casos, demonstraram a facilidade e a coerência dos índices de performance obtidos e a proximidade das intervenções adotadas ou a serem adotadas. Dessa maneira, o autor validou sua justificativa e aplicabilidade nos meios técnicos pela facilidade de elaboração, interpretação dos resultados e padronização do método, além de fornecer a possibilidade de uma avaliação mais aprofundada com uso de equipamentos ou outros tipos de exames mais específicos e detalhados.

3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado na cidade de Navegantes, localizada no litoral de Santa Catarina. Em parceria com uma construtora foi selecionado uma edificação a qual já apresentava algumas manifestações patológicas e que por isso estava na programação da construtora realizar uma inspeção.

A edificação, Residencial Girassol, totaliza 1539,50 m² de uso residencial composta por cinco pavimentos, sendo um pavimento de garagem e quatro pavimentos tipos compostos por quatro apartamentos. A data de entrega é regida pela data de habite-se da prefeitura datado em 12 de agosto de 2015.

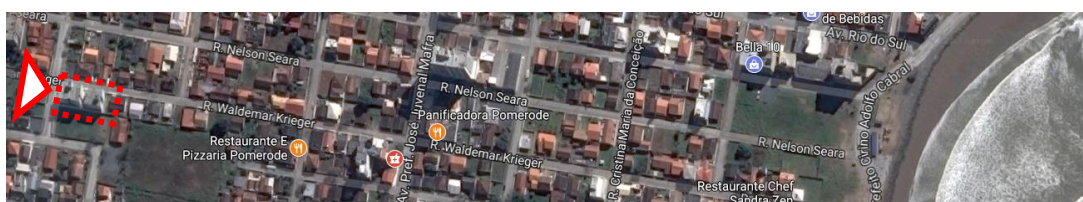


Figura 5: Localização do empreendimento estudado.

Fonte: Autores (2017)

Com dois anos de uso a construtora recebeu alguns pedidos de chamado para assistência técnica de dois apartamentos com final 01, devido a presença de umidade em algumas paredes do perímetro do apartamento. Em uma visita técnica foi identificado que as manifestações patológicas tinham origem externa (Figura 06), por esse motivo a construtora decidiu realizar uma vistoria nas duas fachadas correspondentes as patologias, fachada norte e oeste do edifício.

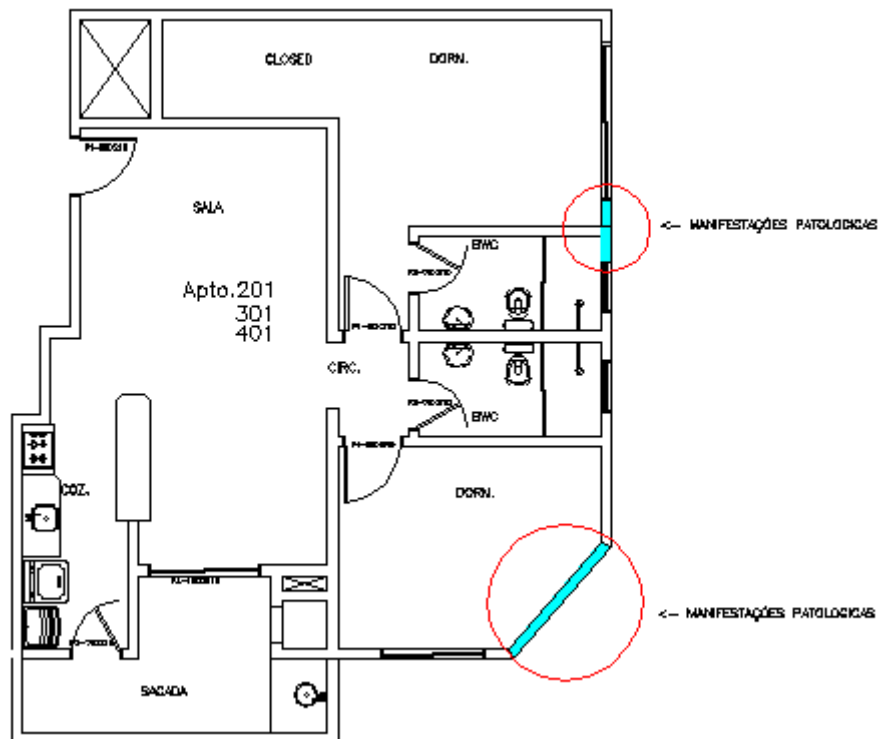


Figura 6: Identificação do local das manifestações patológicas descrita pelos moradores

Fonte: Autores (2017)

A figura abaixo apresenta a planta tipo da edificação, onde se destaca através de um retângulo vermelho a fachada estudada com os dois métodos de inspeção.

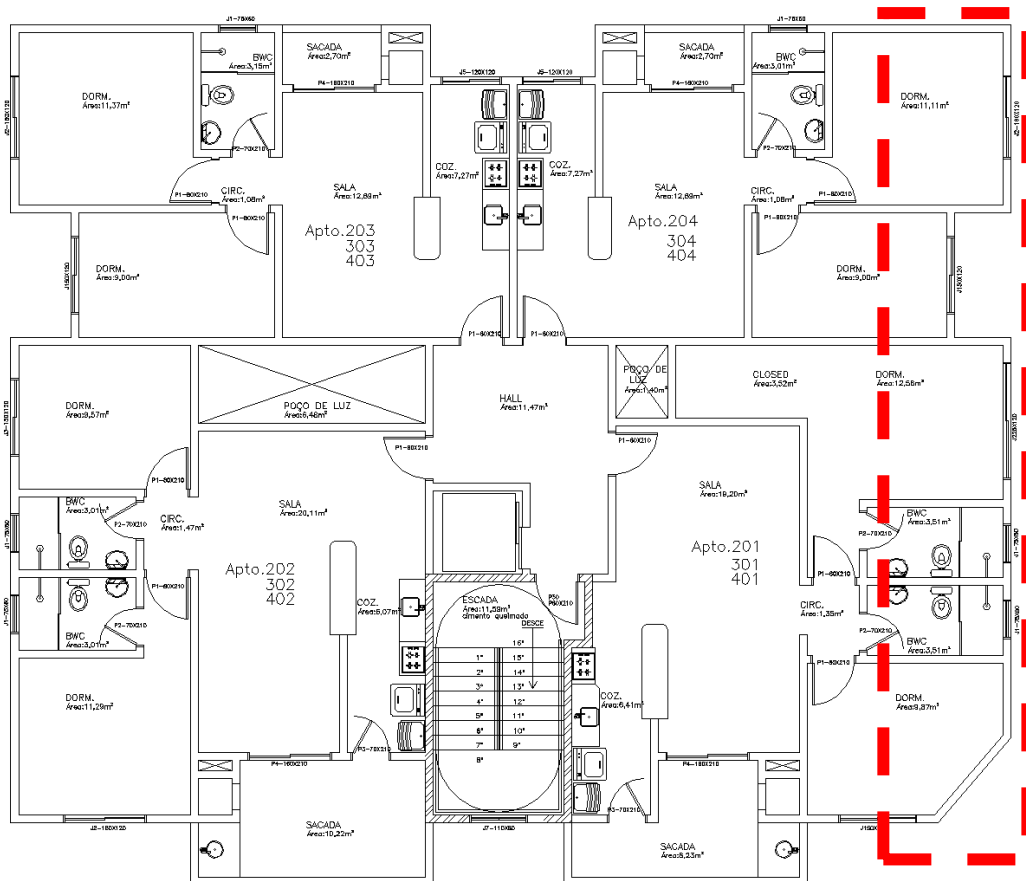


Figura 7: Pavimento tipo - Residencial Girassol

Fonte: Autores (2017)

As fachadas escolhidas para realizar a vistoria são compostas por revestimento pintado e por revestimento cerâmico em pastilhas de 5,0x5,0cm, sendo possível realizar os dois métodos de inspeção propostos nesse trabalho para que o mesmo exerça a função avaliativa para ambos revestimentos propostos.

Antes de dar início as vistorias das fachadas, foi elaborado um croqui (Figura 08) da edificação afim de demarcar nele as manifestações identificadas em cada inspeção realizada. O croqui facilita a visualização e auxilia o vistoriador a demarcar o lugar exato aonde foi encontrada a patologia e é capaz de dimensionar aproximadamente a área que ela ocupa na fachada além de demonstrar em âmbito geral o resultado final da vistoria, aonde é possível ter uma consideração global da situação em que se encontra a área analisada.

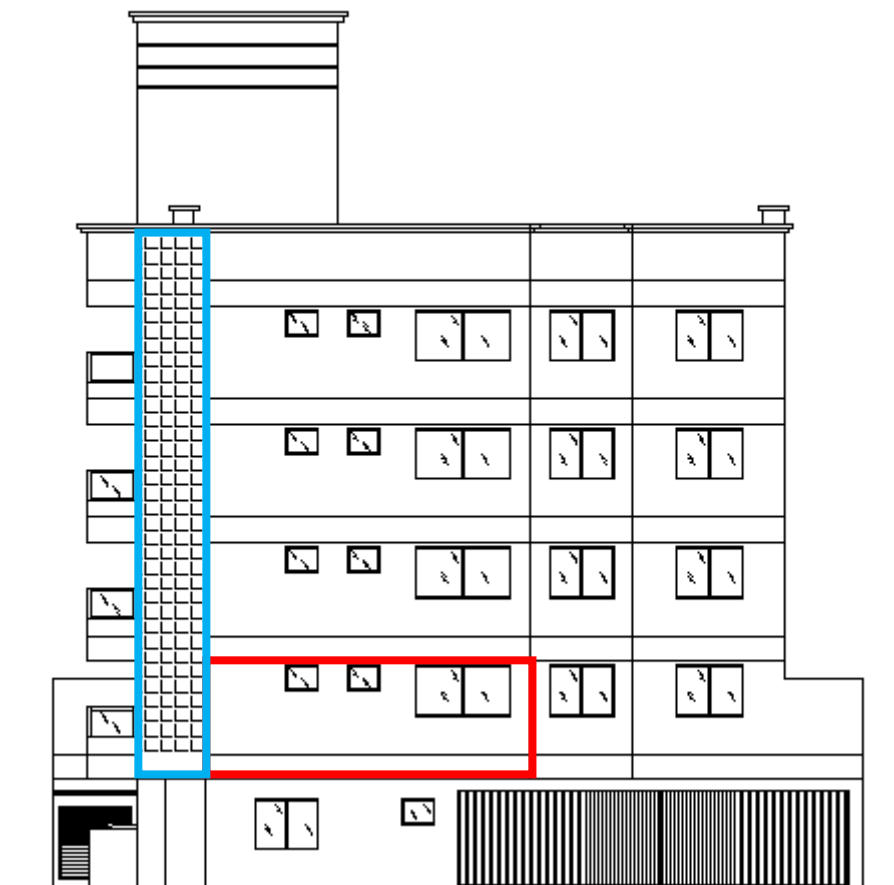


Figura 8: Croqui da Edificação para vistorias

Fonte: Autores (2017)

O croqui representa as fachadas vistoriadas e os elementos que nela se encontram, a posição das aberturas e as juntas de dilatação existentes como marcos para facilitar a identificação da posição e possíveis causas das manifestações patológicas analisadas. O objetivo de sua criação é a demarcação dos itens encontrados nas inspeções de forma prática tornando-se uma ferramenta de fácil uso nos dois métodos avaliativos, o mesmo é eficiente também no planejamento das inspeções, demarcando a dimensão e a sequência dos panos executados.

Para avaliar a fachada de forma uniforme, a mesma foi subdividida em 4 panos idênticos os quais medem 2,20m de altura por 9,30m de comprimento, obedecendo as limitações já realizadas na edificação. A demarcação vermelha na Figura 08 representa a limitação do Pano 01 e os subsequentes são locados acima respeitando as medidas impostas. Já o revestimento cerâmico foi determinado

apenas com um pano onde foi nomeado como “pano 5”, demarcado na Figura 08 com a linha de cor azul.

Após a limitação dos panos foi iniciada as vistorias pela inspeção física, onde a primeira tentativa foi com a utilização de um caminhão guindaste e um cesto como equipamento de movimentação vertical externa (Figura 09), porém percebeu-se a dificuldade na locomoção e precisão da vistoria, pela qual não proporcionava um conforto ao vistoriador, onde teve-se grande dificuldade na demarcação das patologias no croqui e nos registros fotográficos.



Figura 9: Utilização de caminhão guindaste para vistoria física.

Fonte: Autores (2017)

Devido às limitações na utilização do caminhão guindaste, foi então realizada uma segunda vistoria com a cadeira suspensa por corda. Com o equipamento instalado e com o croqui em mãos o vistoriador executou sucessivas descidas (Figura 10) na ordem programada anteriormente no planejamento da vistoria.



Figura 10: Vistoria física com cadeira suspensa por corda

Fonte: Autores (2017)

Com a cadeira suspensa por corda o inspetor teve maior facilidade em locomoção tornando a inspeção mais abrangente, conseguindo vistoriar toda a área programada. Com instrumentos, durante a inspeção foi possível avaliar brevemente as manifestações patológicas encontradas e registra-las com o auxílio de uma câmera fotográfica, conforme Figura 11. Foi encontrado dificuldades em executar a marcação no croqui de inspeção, medição e registro enquanto era realizada a inspeção com a cadeira suspensa por cordas, devido a inexistência de apoio ao trabalhador e os equipamentos necessários.



Figura 11: Inspeção Física. (A) Utilização de Fissurômetro. (B) Ensaio de percussão

Fonte: Autores (2017)

Nessa vistoria foi possível identificar a espessura real das fissuras encontradas, assim como foi realizado testes de percussão na área onde continha revestimento cerâmico.

Após a inspeção física, foi realizada a inspeção virtual com o auxílio de um drone. A primeira vistoria foi realizada por um profissional liberal que trabalha com venda de imagens aéreas para o mercado imobiliário, as imagens foram realizadas nas duas fachadas propostas (Figura 12), porém ao analisar as imagens para avaliação, percebeu-se que a velocidade acelerada dos vídeos e a grande distância da câmera da fachada proporcionaram imagens de difícil compreensão para identificação das manifestações patológicas.



Figura 12: Vistoria virtual

Fonte: Autores (2017)

Pela existência de dúvidas na vistoria realizada por um controlador sem experiência na área de inspeção predial, identificou-se que as imagens não foram eficientes pelo modo como o drone foi utilizado para realizar a inspeção e não pela ineficiência do mesmo, foi então decidido realizar uma nova vistoria porem com o drone controlado por um técnico com experiência da área (Figura 13).



Figura 13: Vistoria com drone

Fonte: Autores (2017)

O drone utilizado foi o modelo PHANTOM 3 ADVANCED com 2,7K vídeo e câmera com 12.0 mega pixels (Figura 14), com o auxílio de um celular acoplado no controle, o vistoriador tem a imagem capturada pelo drone em tempo real em suas mãos o que permite o mesmo aproximar e registrar através de fotos com o ângulo e distancia de sua preferência. As imagens ficam salvas no celular utilizado para a vistoria.



Figura 14: Modelo de drone utilizado na vistoria virtual

Fonte: Autores (2017)

A mesma fachada foi avaliada usando os mesmos princípios da inspeção física, nela foram registradas através de fotografias e vídeos as regiões onde o controlador suspeitava de alguma manifestação patológica e após ser realizados os registros digitais, os mesmos foram analisados em um computador.

Foi encontrado dificuldades ao pilotar o drone devido à proximidade necessária da edificação, o controle do mesmo em rajadas de vento e para executar com cautela e baixa velocidade os vídeos para análise. O ruído causado por ele ao se aproximar das janelas também causou desconforto aos moradores durante a inspeção.

Uma das limitações da utilização do drone, está no ângulo de inclinação da câmera, que conforma o esquema da Figura 15, o equipamento tem uma limitação de 90°, onde impossibilita a vistoria de pingadeiras, balanços ou algum tipo de estrutura que necessita a visualização no sentido de baixo para cima.

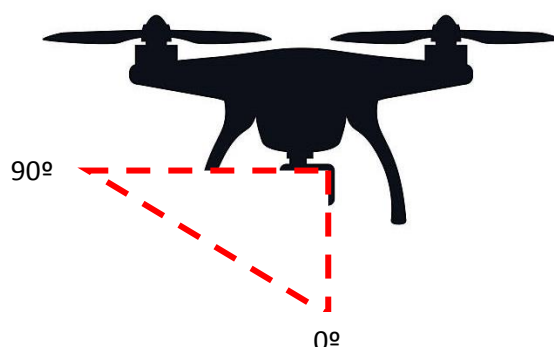


Figura 15: Ângulos de atuação da câmera do drone.

Fonte: Autores (2017)

Com o auxílio de recursos da ferramenta computacional *Windows Movie Maker* foi possível aproximar as imagens e modificar a velocidade dos vídeos capturados, com essa ferramenta podemos separar as imagens, selecionar períodos determinados dos vídeos realizados para que cada registro pudesse ser analisado quantas vezes fossem necessárias.

Com base nos registros digitais foi possível transcrever para o croqui de inspeção as manifestações patológicas encontrada afim de equiparar as informações encontradas na vistoria virtual com as informações da inspeção física.

Com ambos croquis preenchidos com as informações obtidas em cada vistoria isoladamente, obteve-se as informações necessárias para o cálculo para avaliação do desempenho dos panos em análise, onde foi escolhido a metodologia proposta por TAGUCHI (2010), devido a sua fácil avaliação e a não necessidade de realizar um estudo mais aprofundado, como a verificação dos materiais, entrevistas aos usuários, ou a necessidade de ensaios.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os croquis preenchidos pelas informações obtidas nas duas inspeções foi possível obter as Figuras 16 e 17, as quais relatam as manifestações encontradas em cada inspeção individualmente, conforme identificação numérica adotada para identificar a manifestação patológica conforme a Tabela 06.

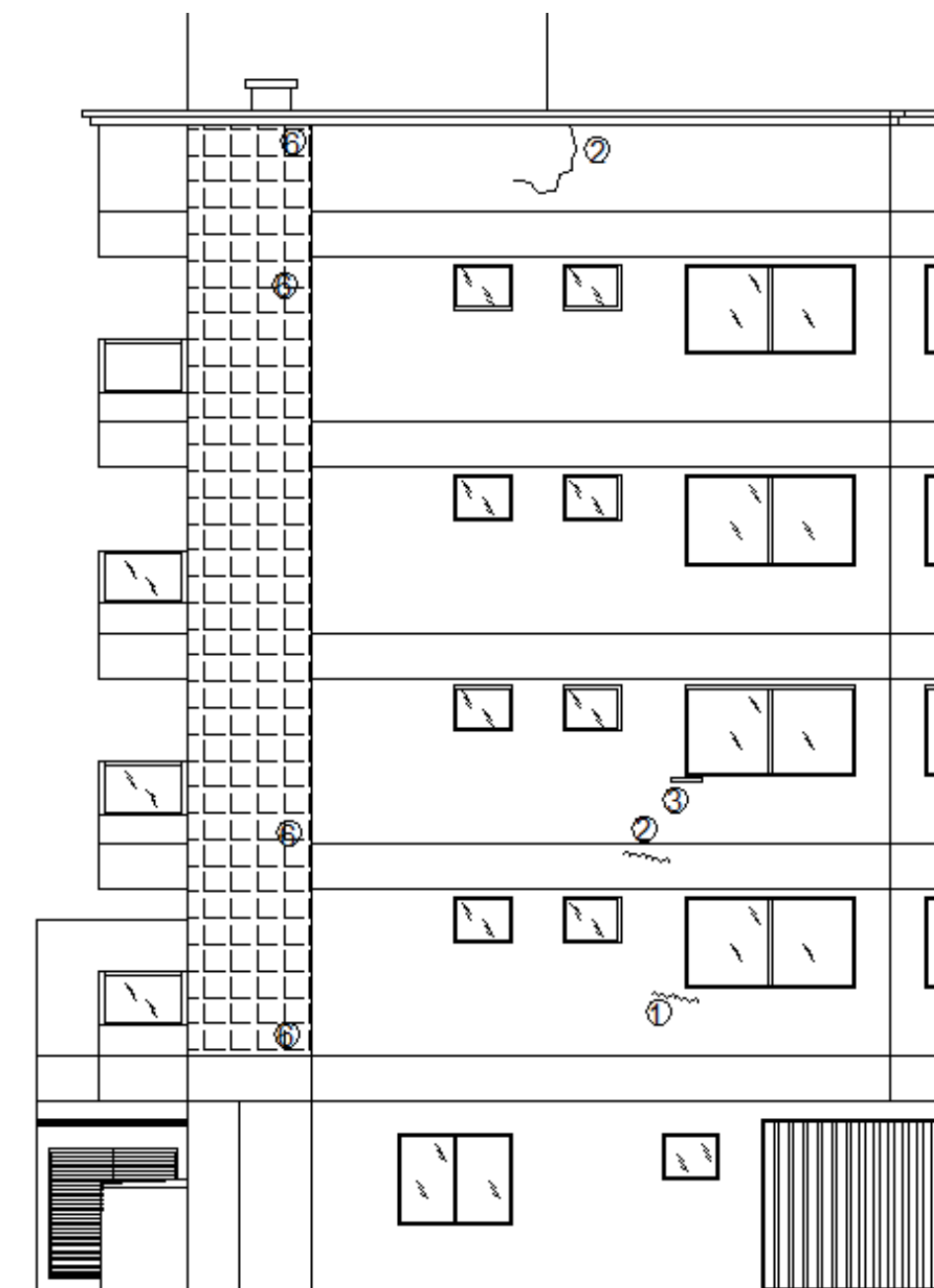


Figura 16: Croqui preenchido da vistoria física.

Fonte: Autores (2017)

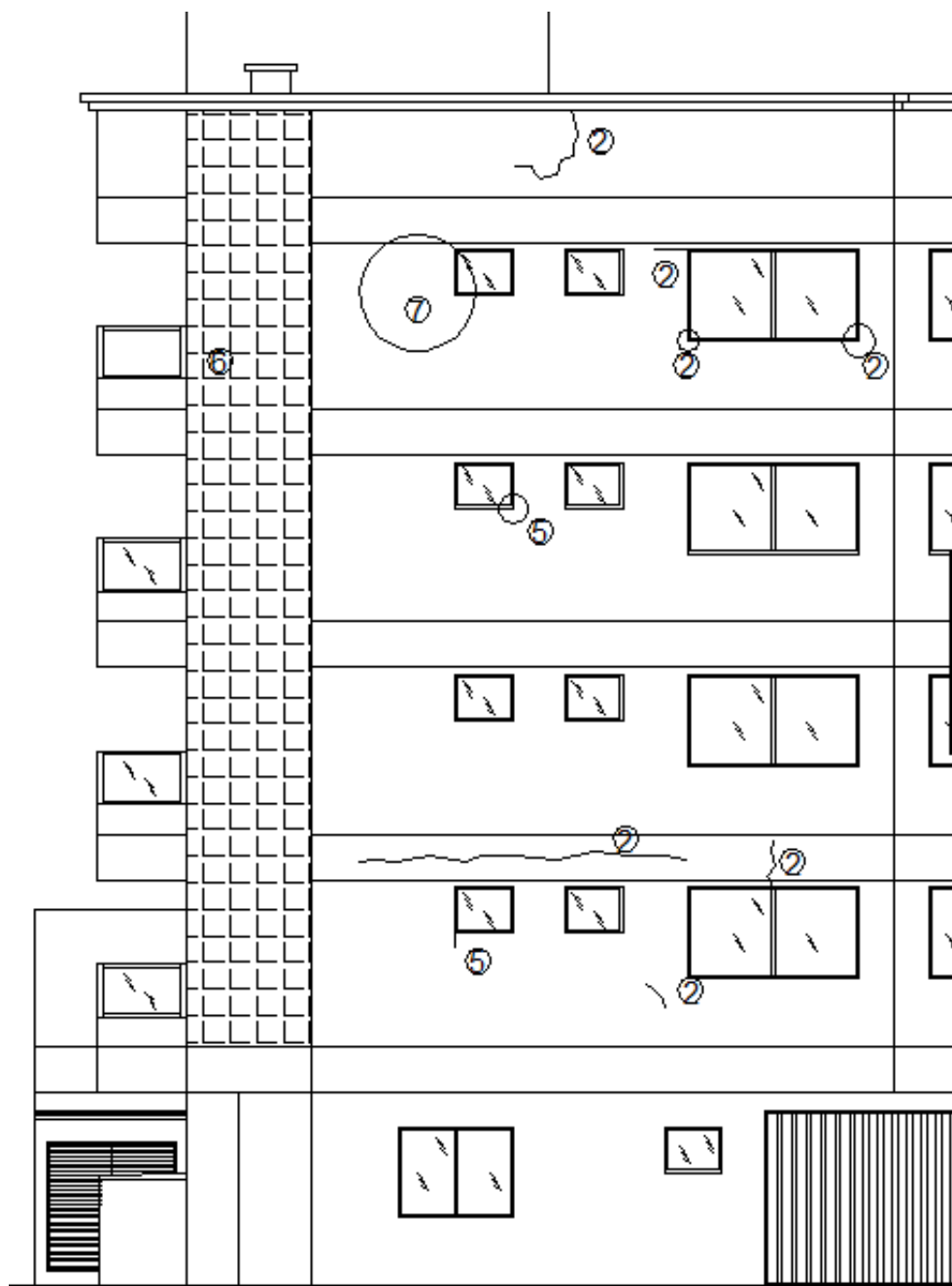


Figura 17: Croqui preenchido da vistoria virtual.

Fonte: Autores (2017)

Nº	Manifestação Patologica
1	Fissura refeita pintura
2	Fissura com abertura

3	Silicone descolado
4	Área sem pintura - Reboco exposto
5	Umidade
6	Fissura revestimento cerâmico
7	Coloração diferente do revestimento

Tabela 6: Tabela auxiliar dos croquis para identificação das manifestações patologias.

Fonte: Autores (2017)

No croqui foi possível identificar e numerar as manifestações patológicas encontradas onde pode-se exemplificar algumas manifestações patológicas conforme as Figuras 18 à 23.

Na Figura 18, é possível identificar uma fissura com abertura relativamente grande e de fácil identificação pelos dois métodos de vistoria utilizados neste trabalho, sendo esta não possível de visualizar do térreo sem a utilização de equipamentos.



Figura 18: Fissura na platibanda

Fonte: Autores (2017)

Já na Figura 19, há uma fissura na junta de dilatação, onde com a metodologia da vistoria virtual não é possível obter certeza se esta ocorrência é no revestimento de argamassa ou no selante.



Figura 19: Fissura na junta de dilatação

Fonte: Autores (2017)

Na Figura 20, não é identificada uma manifestação patológica, mas através das imagens obtidas nos vídeos da vistoria virtual é possível identificar a diferença na coloração da tinta utilizada no revestimento. Esta anomalia pode-se ser explicada por reparo localizado realizado pela construtora, mas também pode ser um ponto onde há uma infiltração ou o escoamento de água.

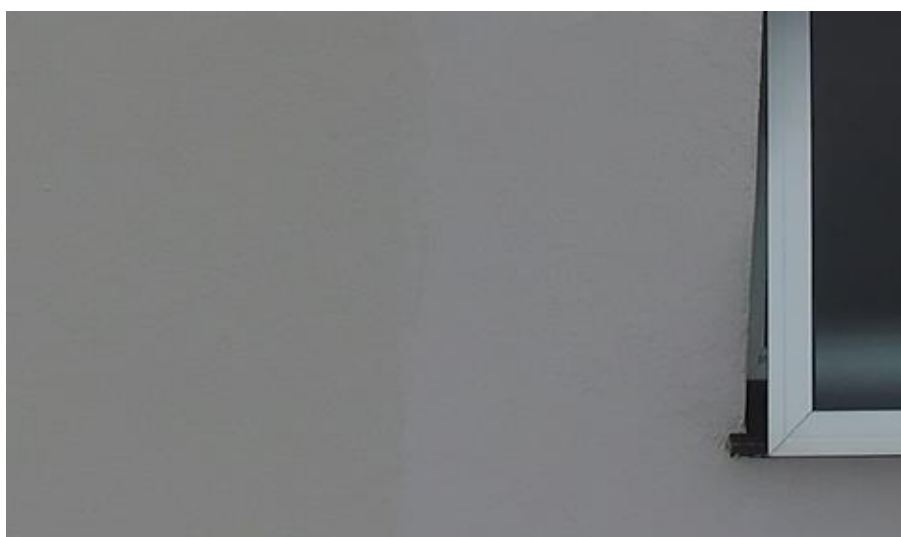


Figura 20: Diferença na coloração do revestimento

Fonte: Autores (2017)

Conforme é possível verificar nos croquis elaborados a vistoria virtual tem uma dificuldade maior na identificação de anomalias nos revestimentos cerâmicos quando comparados com a vistoria física, mas pontos críticos, conforme a Figura 21, é de fácil identificação quando utilizado o drone.



Figura 21: Fissura em revestimento com pintura e cerâmico

Fonte: Autores (2017)

Uma das grandes vantagens na utilização do drone em vistoria é a possibilidade de ver inúmeras vezes as imagens capturadas e identificar pontos de escoamento (Figura 22), umidade, fungos, eflorescências, onde geralmente não se tem esta atenção quando utilizado a vistoria física.



Figura 22: Mancha de umidade em revestimento

Fonte: Autores (2017)

Nas vistorias com cadeira com corda geralmente o vistoriador não faz sua descida no alinhamento das janelas, por questões de segurança e assim evitar quebras das esquadrias e vidros. Devido esta pratica fissuras conforme a Figura 23, podem passar despercebido ao vistoriador, mas com a utilização de plataformas elevatórias, caminhão guindaste ou vistoria com drone pode-se eliminar este ponto negativo da vistoria com cadeira com cordas.



Figura 23: Trincas na parte inferior das janelas.

Fonte: Autores (2017)

Com todos os dados coletados em campo e analisados no computador foi possível aplicar o método proposto por Taguchi (2010) onde foi classificado as manifestações patológicas de acordo com as respectivas tabelas de pontuações. Cada item da tabela refere-se a um item específico que relata o estado de conservação da área observada no momento da inspeção, afim de contabilizar um valor para cada pano estudado e então classifica-lo de acordo com seu desempenho:

Bi – Valor básico associado ao tipo de dano i;

K1i – Fator da importância do elemento de vedação;

K2i – Fator indicativo da intensidade do dano i;

K3i – Fator indicativo da extensão do dano i;

K4i – Fator indicativo da urgência de intervenção para o dano i.

Para a inspeção visual a análise resultou nos dados da tabela 7.

Inicialmente elaborou-se duas tabelas, sendo a primeira referente aos dados coletados na vistoria física (Tabela 7) e a segunda pelos dados da vistoria virtual (tabela 8)

LOCAL	TIPO DE DANO	CLASSE SEVERIDADE	BI	K1I	K2I	K3I	K4I	IP	MM
<i>Pano 01</i>	Fissura	1	2	1	0,5	0,5	2	1	1
<i>Pano 02</i>	Fissura	1	2	1	0,5	0,5	2	1	1,5
	Umidade	1	1	1	0,5	0,5	2	0,5	
<i>Pano 03</i>	-								
<i>Pano 04</i>	Fissura	1	2	1	0,5	0,5	3	1,5	1,5
<i>Pano 05</i>	Fissura	2	2	1	1	1	3	6	6

Tabela 7: Inspeção Física

Fonte: Autores (2017)

Pode se observar na Tabela 7, que foi encontrado somente dois tipos de danos nos 5 panos analisados pelo método físico de inspeção. Entre os danos relacionados somente no pano 5 foi encontrado um dano com classificação de severidade de média dimensão, os outros danos foram classificados como baixa severidade e em poucos locais.

Com o valor de K3i, pode-se observar que somente no pano 05 o dano abrangeu uma área maior que nos panos anteriores, tornando o valor adotado comparado com os outros panos em estudo. Observou-se também que não foi encontrado nenhum dano no pano de análise 03 por esse método de inspeção. Os mesmos panos foram avaliados com a inspeção virtual e então obtidos os valores da tabela abaixo:

LOCAL	TIPO DE DANO	CLASSE SEVERIDADE	BI	K1I	K2I	K3I	K4I	IP	MM
Pano 01	Mancha	1	1	1	0,5	0,5	1	0,25	
	Fissura	1	2	1	0,5	0,5	1	0,5	0,75
Pano 02	Fissura	2	2	1	1	0,5	2	2	2
Pano 03	Mancha	1	1	1	0,5	0,5	1	0,25	0,25
Pano 04	Mancha	1	1	1	0,5	0,5	1	0,25	
	Fissura	2	2	1	1	0,5	2	2	2,25
Pano 05	Fissura	2	2	1	1	1	3	6	6

Tabela 8: Inspeção Virtual

Fonte: Autores (2017)

Com a inspeção virtual foi observado um dano no pano 03 e identificado um dano adicional no pano 04.

Em comparação exclusivamente nos valores das tabelas acima apresentadas, foi possível observar a grande proximidade na quantidade de danos e na classificação dos mesmos em referências os itens analisados. Na inspeção virtual foi descrito um número maior de danos, porem com valores de referência menores.

Foi definido, por recomendação do autor da metodologia de cálculo, uma parede referência, aonde se encontraria o pior caso possível para a fachada em análise para comparação final dos resultados. Nessa tabela foi relacionada as manifestações patológicas encontradas nas inspeções e seu pior estado possível dentro das tabelas pré-definidas pelo autor.

Local	Tipo de Dano	Classe Severidade	Bi	k1i	k2i	k3i	k4i	IP	Mm
Pano de Referencia	Umidade	4	1	1	2	2	1	4	
	Mancha	4	1	1	2	2	1	4	

Fissura	4	2	1	2	2	1	8	16
---------	---	---	---	---	---	---	---	----

Tabela 9: Pano de referencia

Fonte: Autores (2017)

Quando comparado os resultados os danos efetivos e os danos da parede referência, é aplicado a expressão geral que determina o índice de performance global (IPg), com isso a classificação de cada pano em cada inspeção.

A classe é a identificação final da situação do pano em estudo com relação a deterioração do mesmo e o impacto que isso pode causar à segurança e insalubridade do edifício em estudo. A parede referência traz o valor máximo possível sendo classificada como Classe VI, o grau de maior deterioração das paredes.

Abaixo os valores da vistoria física e vistoria virtual e a classificação de cada pano dependendo do seu valor de IPg com base no pano de referência.

Elemento	k1m	Mm	Def.	K1m	Mm,ref.	Dref.	IPg	Classe
<i>Parede Ref.</i>	1	16		1	16		100,00	
<i>Pano 1</i>	1	1	1	1	16	16	6,25	II
<i>Pano 2</i>	1	1,5	1,5	1	16	16	9,375	II
<i>Pano 3</i>	1	0	0	1	16	16	0	I
<i>Pano 4</i>	1	1,5	1,5	1	16	16	9,375	II
<i>Pano 5</i>	1	6	6	1	16	16	37,5	VI

Tabela 10: Classificação dos panos - Inspeção Física

Fonte: Autores (2017)

Elemento	k1m	Mm	Def.	K1m	Mm,ref.	Dref.	IPg	Classe
<i>Parede Ref.</i>	1	16		1	16		100,00	
<i>Pano 1</i>	1	0,75	0,75	1	16	16	4,69	II
<i>Pano 2</i>	1	2	2	1	16	16	12,50	III
<i>Pano 3</i>	1	0,25	0,25	1	16	16	1,56	I
<i>Pano 4</i>	1	2,25	2,25	1	16	16	14,06	III

Pano 5	1	6	6	1	16	16	37,50	VI
--------	---	---	---	---	----	----	-------	----

Tabela 11: Classificação dos panos - Inspeção Virtual

Fonte: Autores (2017)

Com base nos valores de IPg e o resultado da classificação dos panos de cada método de inspeção, foi comparada cada inspeção e então elaborado um gráfico dos resultados avaliados podendo ser observado a comparação de cada pano com cada tipo de verificação realizada.

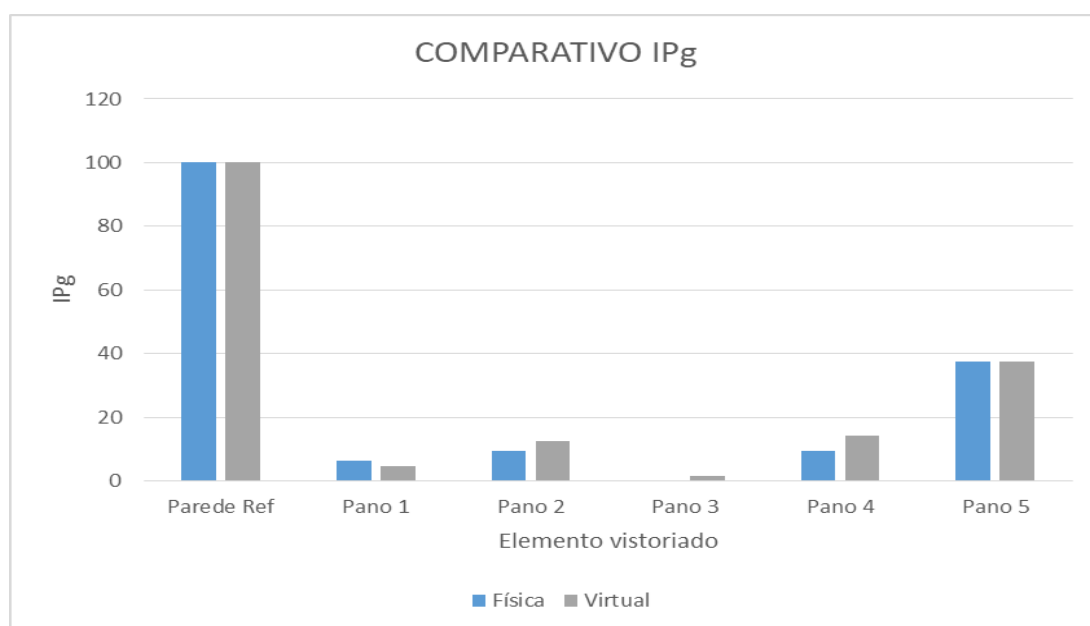


Figura 24: Gráfico comparativo IPg

Fonte: Autores (2017)

O gráfico demonstra com mais clareza a semelhança dos resultados observados e a proximidade na identificação das classes e consequentemente da eficiência das inspeções. É possível perceber a proximidade dos resultados nos panos 01, 02 e 04 e a equivalência dos resultados no pano 05.

Foi possível perceber que apenas a inspeção virtual identificou um dano no pano 03, através dos registros fotográficos realizados pelo drone foi constatado que o dano era de baixa gravidade e dimensões, motivo pelo qual provavelmente não foi identificado na inspeção física.

Ao analisarmos a viabilidade financeira através de orçamento de mercado com empresas especializadas em alugueis de equipamento para a área da construção civil, obtivemos os seguintes valores médios de locação.

EQUIPAMENTO	QUANT.	PERIODO	VALOR UNT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Andaime Suspenso Mecânico 3 mts	1	07 Dias	425,04	425,04
Andaime Suspenso Elétrico 3 mts	1	07 Dias	1013,60	1013,60
Andaime Suspenso Mecânico 3 mts	1	30 Dias	607,20	607,20
Andaime Suspenso Elétrico 3 mts	1	30 Dias	1448,70	1448,70
Troca de lugar do Andaime suspenso (Desmontagem e montagem)			300,00	
Visita técnica / Manutenção em caso de DIVERGENCIA DO CLIENTE			90,00	

Tabela 12: Orçamento Andaime

Fonte: Construrenova (2017)

Para o aluguel do drone, o valor médio cobrado na região para cobertura de eventos ou fotos que durem aproximadamente 2 horas é de R\$ 200,00, sendo realizado o voo pelo proprietário do equipamento com fotos e vídeos ilimitados respeitando apenas o tempo de serviço.

Já para adquirir o drone o valor do mercado tem grande variedade dependendo de marca, modelo e especialmente da qualidade fotográfica. O modelo utilizado para esse trabalho tem preço médio de mercado no Brasil de R\$ 2.300,00 à R\$ 2.700,00 reais somente o aparelho, sem acessórios extras.

Temos que considerar também a mão de obra para inspecionar a fachada que será cobrada por dia, com base nessa referência montamos a tabela comparativa abaixo.

	Física Andaime Suspenso	Virtual Drone	Virtual Aquisição
Equipamento	R\$ 425,07 (Aluguel 7 dias)	R\$ 200,00 (Aluguel 2h)	R\$ 2500,00
Mão de obra	R\$ 200,00 (1 dia)	Incluso	0
Movimentação equipamento	R\$ 300,00 (1 mudança)	0	0
Visita técnica (garantia segurança equipamento)	R\$ 90,00	0	0
TOTAL	R\$ 1015,07	R\$ 200,00	R\$ 2500,00

Tabela 13: Comparativo de custos

Fonte: Autores (2017)

Realizando um comparativo de valores na área estudada, foi utilizado apenas uma movimentação de andaime, além de ter sido considerado o andaime mais barato do orçamento.

Para os panos em análise, duas horas são suficientes para fazer a vistorias com as fotos e vídeos necessários para posteriormente realizar as análises, comparando com qualquer aluguel de balancim da tabela acima a escolha do drone já torna mais econômica.

Apresentou-se também a opção de realizar a aquisição do Drone, o qual necessita de um investimento médio de 2500,00 reais, na sua forma básica. Trazendo essa opção de orçamento, demonstramos que a aquisição do equipamento torna-se viável em empreendimentos de todos os tamanhos, pois o investimento é único e o uso pode ser contínuo, sem depender de outros profissionais, como com o andaime, por exemplo, que necessita de técnicos para fazer a mudança de local do mesmo.

Analizando a inspeção virtual e a inspeção física, foi elaborada a tabela abaixo para identificar as principais vantagens e desvantagens de cada método nos principais itens relacionados;

<i>Itens em análise</i>	<i>Drone</i>	<i>Inspeção física</i>
<i>Menor custo (sem aquisição de equipamento)</i>	✓	✗
<i>Maior agilidade na vistoria</i>	✓	✗
<i>Segurança</i>	✓	✗
<i>Banco de Dados</i>	✓	✗
<i>Trabalho em grandes alturas</i>	✗	✓
<i>Ensaaios físicos</i>	✗	✓
<i>Clima e tempo</i>	✗	✓
<i>Inspeção por profissional habilitado</i>	✓	✗
<i>Limitação em ângulos maior que 90°</i>	✗	✓
<i>Repetibilidade da análise</i>	✓	✗
<i>Interferência da paleta de cores do revestimento</i>	✓	✗
<i>Inspeção com maior confiabilidade em revestimento com pintura</i>	✓	✗
<i>Inspeção com maior confiabilidade em revestimento cerâmico</i>	✗	✓

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o croqui e os resultados obtidos pelas vistorias física e virtual foi possível observar que na parte da fachada que é composta por argamassa e pintura como revestimento as inspeções se parecem na eficiência e precisão dos resultados. A inspeção virtual consegue com maior rapidez registrar com a mesma clareza visual que a inspeção física, com a vantagem de revisão das imagens devido os registros em vídeos de toda a área estudada inúmeras vezes.

Foi possível perceber que a qualidade das imagens providas do drone são suficientes para identificar as manifestações patológicas como fissuras e umidade nos revestimentos estudados até mesmo as de menor tamanho. Com o auxílio de alguns softwares é possível medir o comprimento e a espessura de patologias como as fissuras encontradas afim de detalhá-las com mais precisão.

Porém no local em análise que é constituído por revestimento cerâmico observou-se que apesar do drone conseguir identificar as fissuras encontradas nessa área, não foi possível concluir sobre as manifestações patológicas como o deslocamento ou região com alguma deficiência no assentamento já que para essa análise é realizado o teste de percussão na vistoria física. Não obtemos resultados para esse tipo de manifestação patológica pois a mesma não foi identificada na fachada de estudo.

Sobre a eficiência foi possível concluir que para as patologias encontradas nos revestimentos estudados, a vistoria virtual se assemelha na eficiência com a vistoria física, despendendo menos tempo e com um custo menor de execução. É importante lembrar que a vistoria virtual teve bom resultado quando executada por um técnico na área de laudo e perícia.

Em referência a viabilidade econômica o drone se faz mais eficiente, pelo menor custo de aluguel em questão de horas trabalhadas e pela rapidez da execução e menor custo com mão de obra.

6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após as análises realizadas, recomendamos a complementação do estudo;

- Em revestimentos cerâmicos que apresentam a patologia de deslocamento afim de identificar a eficiência do drone.
- Análise da inspeção física e virtual em diferentes tipos de revestimento cerâmico.
- Com base nesse estudo ampliar a quantidade de amostras para um melhor resultado estatístico.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVES, S. M. A. WWW.PATORREB.COM - **Um contributo para a sistematização do conhecimento da patologia da construção**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília: sistematização da incidência de casos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Brasília, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edifícios habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- BAUER, E. **Resistência a Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos – Uma Análise de Desempenho**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.
- CAMPANTE, E. F. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2001.
- CARASEK, H. **Patologia das argamassas de revestimento. Materiais de Construção e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. IBRACON, São Paulo, v. 1, 2007.
- CEOTTO, L. H.; Banduk, R. C.; Nakakura, E. H. **Revestimentos de Argamassas: boas Práticas em projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre: Prolivros, 2005. (Recomendações Técnicas HABITARE, 1).
- CONSOLI, O. J. **Análise da durabilidade dos componentes de fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- FLORES, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Dissertação de Doutorado. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GASPAR, P. **Vida útil das construções: Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes.** Dissertação de Doutorado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GUIMARÃES, L. E. **Avaliação comparativa de grau de deterioração de edificações – Estudo de caso: prédios pertencentes à Universidade Federal de Goiás.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

GOLDBERG, R. P. *Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades. Technical Design Manual.* LATICRETE International, Inc. USA. 1998.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2. ed. São Paulo: PINI, 1992.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo- **Norma de Inspeção Predial.** São Paulo, 2009. Disponível em <<http://www.ibape-sp.org.br/arquivos/CARTILHA-Inspecao-predial-a-saude-dos-edif%C3%ADcios.pdf>> Acesso em 14 Jun.16.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo- **Norma de Inspeção Predial.** São Paulo, 2011. Disponível em <http://www.ibape-sp.org.br/arquivos/norma_de_inspecao_predial.pdf>. Acesso em 14 Jun.16.

IOSHIMOTO, E. **Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. In: Tecnologia de edificações.** São Paulo: PINI, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT,1988.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimento para diagnóstico e recuperação, Boletim Técnico: BT/PCC/06.** São Paulo, EPUSP, 1985.

LUZ, M. A. **Manifestações Patológicas Em Revestimentos Cerâmicos de Fachada em Três Estudos de Caso na Cidade de Balneário Camboriú.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

OLIVEIRA, C. S. P. **Análise Crítica de Experiências e Discussão de Estratégias para Implantação de Leis de Inspeção de Elementos de Fachadas.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2013.

PAES, I. N. L.; CARASEK, H. **Desempenho de argamassas de rejuntamento no sistema de revestimento cerâmico**, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC, Porto Alegre, v.2, 2002.

PEREZ, A. R. **Umidade nas edificações. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1986.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas**. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2001.

SARAIWA, A. G. **Contribuição ao Estudo de Tensões de Natureza Térmica em Sistemas de Revestimento Cerâmico de Fachada**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados: estudo de caso em edifícios em Florianópolis**. Florianópolis, 2007.

SILVA, MARIA DE NAZARÉ BATISTA DA. **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF [Distrito Federal]** 2014.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1 ed. São Paulo: PINI/EPUSP/IPT, 1989.