



**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO DE
PROBLEMAS PARA MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
EDIFICAÇÕES**

CURITIBA
2020



PAULO HENRIQUE AMBONI BRUNELLI

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO DE
PROBLEMAS PARA MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
EDIFICAÇÕES**

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

Orientador: Prof. Luís De Luca.

Co-orientador: Prof. Maurício Bianchini

CURITIBA
2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela força, saúde e determinação concedida, e somente assim poder tornar tudo isso possível.

Aos professores do IDD, em especial os professores Maurício Bianchini e Luís De Luca, pelo auxílio e por todos os conselhos prestados ao longo deste trabalho.

Ao meu chefe Paulo Poletto, pelo incentivo à busca pelo conhecimento, pela confiança depositada e por toda experiência compartilhada.

A todos aqueles que contribuíram, de forma direta ou indireta com a realização deste trabalho, o meu mais sincero muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho estuda e compara cinco dos principais métodos de definição de prioridades encontrados na literatura, de diferentes áreas do conhecimento e de simples aplicação, através da utilização dos mesmos em edificações com histórico de manifestações patológicas. Entende-se que a definição de prioridades em obras de intervenção é uma atividade crítica e de difícil decisão. Para tanto foram selecionadas três edificações na cidade de Joinville, SC. Estas edificações foram vistoriadas, tiveram suas manifestações patológicas catalogadas, para então realizar a aplicação das ferramentas de definição de prioridade. Foram utilizados os seguintes métodos: Comparação por Pares, Grelha de Análise, Método de Hanlon, Matriz GUT e FMEA. Esta análise indicou que os métodos adotados na saúde como o Método de Hanlon e Grelha de Análise apresentam alta variabilidade dos resultados para aplicação na engenharia civil, não fornecendo respostas confiáveis. Os métodos de Comparação por Pares, GUT e FMEA apresentaram resultados mais concisos, podendo ser aplicados em manifestações patológicas da construção civil. Ainda assim, todos os métodos são sujeitos à experiência e ao conhecimento do aplicador, podendo variar de profissional para profissional.

Palavras chave: Manifestação patológica. Definição de prioridades. Ferramenta.

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – American Concrete Institute

AHP - Analytic Hierarchy Process

CDC – Código de Defesa do Consumidor

CP – Cimento Portland

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

GUT – Gravidade, Urgência e Tendência

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PEARL – Pertinência, Exequibilidade econômica, Aceitabilidade, Disponibilidade de recursos e Viabilidade econômica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma das atividades propostas neste estudo.	16
Figura 2 - Etapas de construção e uso de uma obra.	19
Figura 3 - Fissuração em parede de residência térrea.....	21
Figura 4 - Tipos de corrosão de armadura e fatores que os provocam.....	23
Figura 5 - Corrosão de armadura e deslocamento de concreto em base de pilar de uma antiga igreja, em cidade do norte catarinense.	24
Figura 6 - Incidência de umidade em parede interna de apartamento.	26
Figura 7 - Formação de eflorescência na parte inferior de uma laje com infiltração.	28
Figura 8 - Deslocamento de cerâmica em fachada de edifício.	29
Figura 9 - Formação de bolhas e enrugamento da pintura em parede de edificação.....	31
Figura 10 – Método de comparação por pares com consulta à mais de um profissional.	40
Figura 11 – Grelha de análise para priorização.	41
Figura 12 – Croqui para aplicação da grelha de análise.....	42
Figura 13 - Componentes para o método de Hanlon.	45
Figura 14 – Resultados de uma aplicação do método de Hanlon.....	46
Figura 15 – Critérios de pontuação da matriz GUT.	48
Figura 16 – Disposição final da matriz GUT, com a listagem de prioridade.....	49
Figura 17 – Fluxograma de execução do FMEA geral.....	52
Figura 18 - Uma das possibilidades de atribuição de notas para a ferramenta FMEA.	52
Figura 19 – Vista genérica da relação gerada pela ferramenta FMEA.....	54
Figura 20 – Localização das edificações escolhidas para estudo, na malha urbana de Joinville.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Edificações selecionadas para estudo	57
Quadro 2 - Manifestações patológicas na Edificação A.....	60
Quadro 3 - Manifestações patológicas na Edificação B	62
Quadro 4 - Manifestações patológicas na Edificação C	64
Quadro 5 – Resultado de priorização para a Edificação A.....	69
Quadro 6 – Resultado de priorização para a Edificação B.....	70
Quadro 7 - Resultado de priorização para a Edificação C.....	71
Quadro 8 – Prioridade de intervenções nas edificações A, B e C	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Método de comparação por pares.....	39
Tabela 2 – Relação da magnitude do problema proposta por Hanlon.....	44
Tabela 3 – Modelo de FMEA utilizado neste estudo.	68

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Método de Hanlon	43
Equação 2 – Pontuação final pela matriz GUT	48
Equação 3 – Equação para cálculo do RPN	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1. Objetivo Geral	14
1.3. HIPÓTESE	14
1.4. JUSTIFICATIVAS	14
1.4.1. Tecnológicas	14
1.4.2. Econômicas	15
1.4.3. Sociais	15
1.4.4. Ecológicas	16
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL ..	18
2.1.1. Fissurações	20
2.1.2. Corrosão da armadura	22
2.1.3. Manchas de umidade	25
2.1.4. Eflorescência	27
2.1.5. Deslocamento de revestimento cerâmico	29
2.1.6. Manifestações patológicas em pinturas	30
2.2. VISTORIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	32
2.3. MÉTODOS DE DEFINIÇÃO DE PRIORIDADE	35
2.3.1. Classificação do grau de risco	37
2.3.2. Procedimento de triagem.....	38
2.3.3. Comparação por pares.....	39
2.3.4. Grelha de análise	40
2.3.5. Método de Hanlon	43

2.3.6.	Matriz GUT	47
2.3.7.	FMEA	49
3.	DETALHAMENTO DOS CASOS PARA APLICAÇÃO DOS MÉTODOS.....	56
3.1.	CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES	56
3.2.	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS	58
3.2.1.	Edificação A	58
3.2.2.	Edificação B	60
3.2.3.	Edificação C	62
3.3.	APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PRIORIZAÇÃO	65
3.3.1.	Comparação por pares.....	65
3.3.2.	Grelha de análise	66
3.3.3.	Método de Hanlon	66
3.3.4.	Matriz GUT	67
3.3.5.	FMEA	67
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	74
5.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
5.2.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	76
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

1. INTRODUÇÃO

Existe um falso conceito que a Engenharia Civil é uma ciência exata. Tal conceito não é verídico, pois não existem duas obras iguais. Mesmo que duas obras tenham tido o mesmo projeto, as mesmas características e a mesma equipe de execução, o resultado final será diferente, pois sempre existirá a variabilidade do solo, da geometria e composição dos materiais e dos serviços executados (mesmo que seja pelas mesmas pessoas). Logo, não se pode exigir da engenharia o mesmo resultado de obra para obra (DEL MAR, 2015).

Diferentemente da indústria, na construção civil não existe viabilidade para ensaiar cada protótipo através de solicitações diversas. Deste modo, cada obra é única, podendo assim apresentar comportamentos não esperados, e exigindo correções e adaptações futuras para atender aos níveis de satisfação esperados pelo cliente (BURIN et al., 2009).

Com o advento do Código de Defesa do Consumidor – CDC, o cidadão brasileiro conscientizou-se que aquisição de um imóvel é uma relação de consumo, e passou a exigir maiores garantias das construtoras e incorporadoras. Consequentemente, o número de litígios entre as partes envolvidas aumentou, e aqueles que não puderam ser resolvidos na esfera administrativa rumaram à esfera judicial (BURIN et al., 2009).

Posteriormente, a publicação da Norma de Desempenho - NBR 15.575, emerge implementando parâmetros de desempenho para edificações residenciais, exigindo maior qualidade e garantia por parte dos construtores e fornecedores, além de tornar o perfil do consumidor mais técnico e consciente (OKAMOTO, 2015).

Del Mar (2015) afirma que a Norma de Desempenho é um divisor de águas na construção civil, e sua utilização afeta tanto a parte técnica (conceitos, métodos de avaliação, etc.) quanto a parte jurídica (garantias, vida útil, etc.).

Em se tratando de edificações, tanto a manutenção preventiva como a corretiva não são levadas a sério no Brasil e as edificações são utilizadas até sua exaustão, com pouca preocupação com este fato. (BURIN et al., 2009).

Países europeus realocam grande parte dos investimentos de construções residenciais para obras de reparos e reabilitações, muitas vezes ultrapassando em grande margem o valor gasto com novas construções, conforme mostram os relatórios anuais do EuroConstruct (EUROCONSTRUCT, 2014).

Deutsch (2016) afirma que algumas atividades são primordiais para manter a vida útil prevista do edifício, como a realização de vistorias e inspeções técnicas, pois fazem com que o edifício atinja os níveis de desempenho esperados com o passar dos anos.

Uma das etapas mais cruciais da inspeção predial trata-se da definição da criticidade das anomalias e falhas encontradas, e a posterior recomendação de reparos e reabilitações necessárias. Como muitas vezes os recursos são escassos, pode-se priorizar as intervenções mais importantes a serem realizadas nas edificações, catalogando e deixando em segundo plano aquelas que causarão poucos danos ao edifício e mínimo incômodo aos seus habitantes.

Justifica-se a realização deste trabalho as dificuldades encontradas na classificação de criticidade das manifestações patológicas constatadas nas vistorias, perícias e inspeções prediais, já que esta tarefa leva em conta uma série de fatores como o tipo e a quantidade de manifestações patológicas encontradas, sua abrangência e sua capacidade de progredir com o passar do tempo.

Nesta perspectiva, este estudo se resume a catalogar e comparar os principais métodos de definição de prioridades utilizados em áreas diversas do conhecimento, e aplica-los no campo da patologia da construção civil.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Qual a melhor metodologia a ser utilizada para classificar e ordenar as atividades de intervenções em reparos de edificações?

1.2. OBJETIVOS

A seguir será apresentado o correspondente objetivo do trabalho proposto.

1.2.1. Objetivo Geral

Comparar cinco métodos de diferentes áreas do conhecimento que determinam o índice de criticidade de uma intervenção.

1.3. HIPÓTESE

Acredita-se que os atuais métodos de definição de prioridades e ordenação de reparos da construção civil nem sempre produzem resultados muito confiáveis, podendo ocasionar dúvidas ao profissional responsável pela inspeção.

1.4. JUSTIFICATIVAS

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

1.4.1. Tecnológicas

Este estudo aplicará diferentes metodologias de definição de prioridades em edificações, comparando seus resultados. Sob o ponto de vista tecnológico este trabalho auxilia no melhor entendimento das metodologias existentes, podendo nortear estudos futuros de proposta de novas metodologias de priorização ou para adaptações das metodologias existentes.

1.4.2. Econômicas

Algumas inspeções e vistorias podem ordenar serviços de reparo de forma equivocada, necessitando que os mesmos sejam posteriormente refeitos.

No sentido econômico, aperfeiçoar a definição de prioridades pode auxiliar na economia de custos de mão de obra e de materiais para a reabilitação de edifícios.

Outro viés pode ser notado em casos de obras públicas ou obras particulares de vulnerabilidade social, onde nem sempre existe capacidade econômica para sanar todas as manifestações patológicas encontradas, sendo necessário priorizar as mais críticas ao edifício e à segurança de seus habitantes.

1.4.3. Sociais

A recuperação de uma edificação, seja comercial, residencial ou história está atrelada ao aspecto social. Edificações com manifestações patológicas como fissurações e manchas de umidade geram desconforto e insegurança por parte dos usuários.

A correta definição de prioridades objetiva catalogar manifestações patológicas em edificações, definindo a ordem de intervenção das mesmas, removendo a insegurança visual causada e atuando no sentido de proteção dos habitantes.

1.4.4. Ecológicas

Sob o ponto de vista ecológico, a otimização das prioridades de reparo e reabilitação das edificações caminha para reduzir o entulho gerado, preservando os recursos naturais cada vez mais escassos em nosso planeta.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são tratadas as etapas executadas durante a elaboração deste estudo. As atividades apresentadas se referem ao levantamento das metodologias comumente utilizadas na definição de prioridades na literatura, seleção dos métodos passíveis de utilização em manifestações patológicas da construção civil, aplicação em edificações onde este autor realizou inspeções prediais, e comparação dos resultados obtidos.

A ordem destas etapas é mostrada no fluxograma da Figura 1.

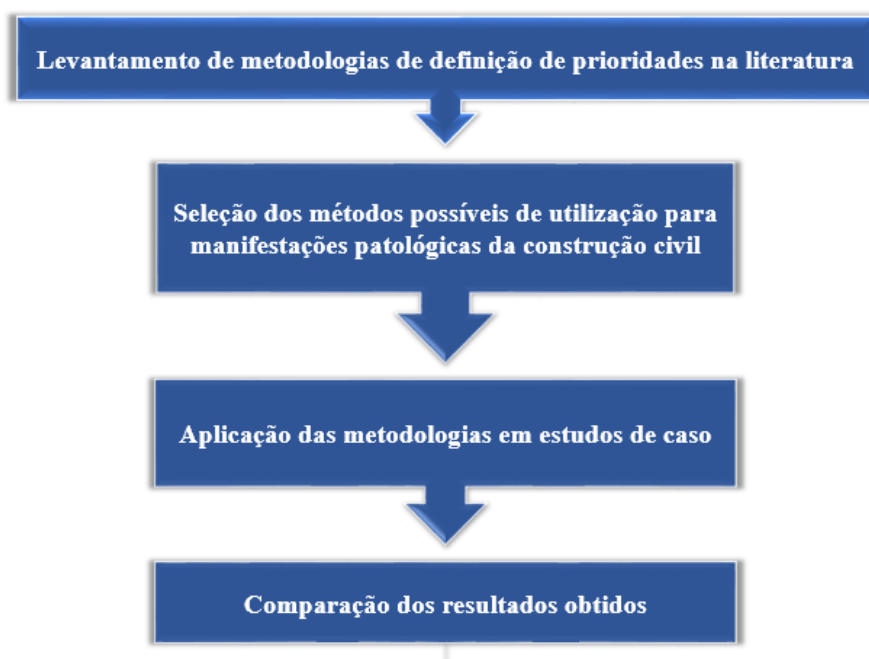


Figura 1 - Fluxograma das atividades propostas neste estudo.
Fonte: Autor (2020)

Posterior à comparação dos resultados obtidos são apresentadas as considerações finais as quais foram consequência deste estudo.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos, a saber:

O **Capítulo 1**, Introdução, apresenta os aspectos gerais, objetivos e a estrutura do trabalho como um todo.

No **Capítulo 2**, Fundamentação Teórica, é apresentada a revisão da literatura necessária para este estudo. Inicialmente trata-se das principais manifestações patológicas que incidem na construção civil. Em seguida, aborda-se o a necessidade de inspeções vistorias e perícias em obras de engenharia. Posteriormente, são apresentadas as metodologias para definição de prioridades comumente encontradas em áreas diversas do conhecimento.

O **Capítulo 3**, Detalhamento dos Casos para Aplicação dos Métodos, demonstra a localização e as características das edificações escolhidas para aplicação dos métodos priorização, assim como a aplicação dos métodos em si.

O **Capítulo 4**, Apresentação e Análise dos Resultados exprime as consequências alcançadas por intermédio deste estudo, como a relação de manifestações patológicas encontrada e a listagem de ordem de prioridades para posteriores intervenções.

No **Capítulo 5**, Considerações Finais e Recomendações para Trabalhos Futuros, encontram-se apresentadas às conclusões e aprendizados obtidos, assim como as sugestões para trabalhos futuros.

Este estudo não aborda métodos complexos, como Análise Multicritério de Tomada de Decisões (*Analytic Hierarchy Process* - AHP), e suas variações (MAUT, ELECTRE I, PROMETHEE, etc.). Parte-se do princípio que as metodologias estudadas serão aplicadas em perícias e vistorias do cotidiano, sem a necessidade de formulações matemáticas avançada

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo estabelece os fundamentos para este estudo, dispondo-se de conceitos teóricos sobre manifestações patológicas comuns à construção civil, as necessidades de vistorias e inspeções em edificações e as metodologias regularmente utilizadas para priorização de problemas.

2.1. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A doutrina da engenharia ressalta que nenhum edifício está imune à degradação. Por melhor que tenha sido concebida, a edificação sofrerá desgaste ocasionado pelo ambiente externo, pelo uso e pelos materiais de sua composição, sendo obrigatórias as atividades de manutenção para assegurar as condições adequadas durante o tempo de uso do edifício (DEL MAR, 2015).

Souza e Ripper (2009) apresentam a seguinte definição: “Designa-se genericamente por *Patologia das Estruturas* esse novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.”.

Para Helene (1997): “A patologia pode ser definida como o campo da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das obras civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.”.

O surgimento de manifestações patológicas em uma edificação pode estar relacionado à uma série de fatores, que incidem de forma individual ou em conjunto sobre esta estrutura física. Tal surgimento pode-se dar em qualquer uma das cinco etapas do processo de construção civil: planejamento, projeto,

fabricação de materiais, execução e utilização (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

A Figura 2 a seguir demonstra estas etapas:

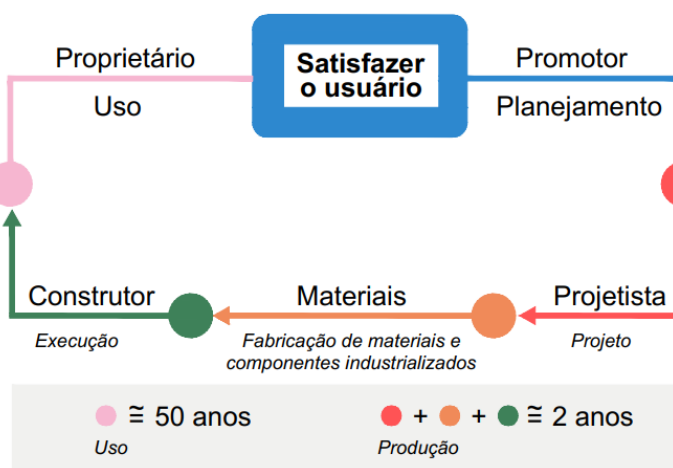


Figura 2 - Etapas de construção e uso de uma obra.

Fonte: Adaptado de RED REHABILITAR (2003).

Gomide, Fagundes Neto e Gullo (2011) classificam as anomalias e falhas da construção civil de acordo com sua origem, dividindo-as em quatro grupos:

- Anomalias endógenas – aquelas relacionadas ao projeto, execução ou aos materiais utilizados, ou ainda à combinação destes fatores;
- Anomalias exógenas – provenientes de fatores externos, como obras de terceiros, choques de veículos ou vandalismo;
- Anomalias naturais – aquelas decorrentes de ações imprevisíveis da natureza, como enchentes, terremotos, descargas atmosféricas; e,
- Anomalias funcionais – aquelas que decorrem de falha de uso inadequado, envelhecimento ou falta de manutenção da edificação.

Muitas das publicações do campo de patologia da construção civil na atualidade seguem esta metodologia de classificação de manifestações patológicas, inclusive a Norma de Inspeção Predial do IBAPE/SP (2011).

Os tópicos a seguir descrevem de forma breve e individual algumas das manifestações patológicas mais recorrentes na construção civil.

2.1.1. Fissurações

A fissuração pode ser considerada como a manifestação patológica mais característica das estruturas de concreto, sendo a anomalia de maior ocorrência neste tipo de material, além de que, seu aparecimento sinaliza a existência de alguma anormalidade e chama atenção dos proprietários e leigos no assunto (SOUZA; RIPPER, 2009).

Deutsch (2016) explana que o aparecimento de fissurações no concreto geralmente está relacionado à solicitações de tração, e que são diversas as ações que podem ocasionar fissuras em obras de engenharia.

A literatura de engenharia civil aponta uma gama de fenômenos que ocasionam fissuras em concreto armado. Sobre este assunto, dissertam Carmona Filho e Carmona (2013, p. 4):

Na área da patologia o dano mais comum que se apresenta no concreto é sem dúvida a fissuração excessiva, seja por efeito das modificações internas de comportamento ao longo do tempo denominadas de efeitos reológicos, da própria constituição do material ou por efeito de esforços aplicados às peças (...).

Thomaz (1989) cita que as trincas e fissuras recebem um grau elevado de atenção em relação à outras anomalias devido à três fatores: o aviso de um possível estado de perigo que esses elementos trazem, o comprometimento do desempenho da obra e o constrangimento causado aos usuários da edificação.

Souza e Ripper (2009) lembram que o simples surgimento de uma fissuração não necessariamente caracteriza um problema, já que o concreto é um material de baixa resistência à tração e pode fissurar por natureza. Para um diagnóstico preciso é necessário analisar a origem, intensidade e magnitude do quadro de fissurações existentes.

As trincas e fissuras são consideradas elementos de grande importância para a patologia das estruturas, pois indicam a existência de possíveis irregularidades na estrutura antes que ocorra o colapso da mesma (CAPORRINO, 2018).

Thomaz (1989) apresenta em sua obra um vasto estudo de fissurações em edificações, classificando-as de acordo com sua causa e origem e abordando os mecanismos de formação destas manifestações patológicas.

Já Caporrino (2018) analisa as fissurações que incidem nas alvenarias, como aquelas ocasionadas por falta de vergas e contravergas, destacamento entre paredes e pilares, recalques diferenciais, entre outros. A Figura 3 a seguir demonstra uma fissuração em alvenaria de uma residência térrea, ocasionada por uma edificação vizinha recentemente construída:



Figura 3 - Fissuração em parede de residência térrea.
Fonte: Autor (2020).

Normas brasileiras e internacionais como a NBR 6118:2007 - Projeto de estruturas de concreto, e a ACI 224 - Control of Cracking in Concrete Structures, apresentam um valor limite de abertura para fissurações em concreto armado, de acordo com a agressividade do meio. (CARMONA FILHO; CARMONA, 2013).

Para Andrade (1992) a abertura de fissuras proporciona caminhos rápidos de penetração de agentes agressivos até a armadura, acelerando o processo de corrosão, já que a parte da armadura exposta ao ambiente atuará como ânodo e a parte ainda coberta como cátodo.

Por ser um ponto de acesso para agentes agressivos externos na matriz do concreto, é sempre recomendável que as fissuras sejam colmatadas com o material e a metodologia adequados, minimizando a deterioração da estrutura e aumentando sua vida útil (CARMONA FILHO; CARMONA, 2013).

2.1.2. Corrosão da armadura

A corrosão das armaduras nada mais é que um fenômeno eletroquímico que incide sobre o aço utilizado no concreto armado, e geralmente está ligado às características do concreto, do meio ambiente e da disposição das armaduras (HELENE; PEREIRA, 2003).

O concreto proporciona uma dupla proteção sobre o aço: proteção física, impedindo o contato deste com o meio externo, e proteção química, formando uma camada de óxidos sobre o aço (ANDRADE, 1992).

Figueiredo e Meira (2013) lembram que a corrosão se inicia quando agentes agressivos alteram as condições nas proximidades do aço, despassivando a armadura.

Sobre a corrosão, Andrade (1992) indica a existência de basicamente dois tipos: a corrosão pontual – ocasionada por cloretos adicionados durante o amassamento do concreto ou penetrados pelo exterior; e a corrosão generalizada – decorrente da diminuição da alcalinidade do concreto devido a reações com substâncias ácidas do meio externo, como carbonatos e sulfatos. Esta mesma autora cita um terceiro tipo de corrosão que ocorre sob tensão e não é muito abordado na literatura, uma vez que incide apenas em estruturas protendidas.

A Figura 4 ilustra estes principais tipos de corrosão:

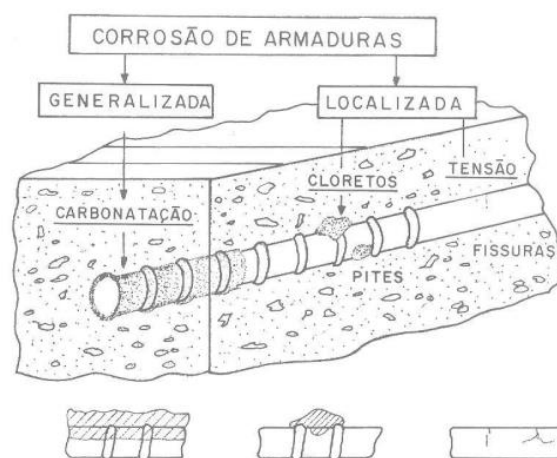


Figura 4 - Tipos de corrosão de armadura e fatores que os provocam.
Fonte: Adaptado de ANDRADE (1992).

Bakker (1988) lembra que estes dois fatores para corrosão – cloretos e substâncias ácidas do meio externo, podem incidir ao mesmo tempo sobre um elemento de concreto armado, atuando de forma combinada.

Gentil (1996) detalha os mecanismos que influenciam no processo corrosivo das armaduras, como temperatura, pH, presença de impurezas no concreto, sólidos em suspensão, solicitações mecânicas, entre outros fatores.

Ambientes marinhos e reservatórios de água das edificações possuem maior probabilidade de ocorrência de corrosão de cloretos, devido à presença de íons de cloreto no ar e na água (IBAPE/SP, 2009).

Os danos decorrentes da corrosão da armadura geralmente se manifestam na forma de fissuras no sentido das armaduras e desprendimentos do reboco (HELENE; PEREIRA, 2003).

As consequências da corrosão da armadura são apontadas por IBAPE/SP (2009) como a formação de fissuras, o deslocamento de reboco (Figura 5) e do concreto, e, no longo prazo a perda da capacidade resistiva da estrutura, e consequente colapso parcial ou total da mesma.



Figura 5 - Corrosão de armadura e deslocamento de concreto em base de pilar de uma antiga igreja, em cidade do norte catarinense.

Fonte: Autor (2020).

Como o produto da corrosão ocupa um volume muito maior que o aço original, essa expansão interna gera esforços de tração, ocasionando fissuras e deslocamento. Em casos com elevado índice de umidade o primeiro sintoma da corrosão pode ser por meio de manchas de óxidos na superfície do concreto (RED REHABILITAR, 2003).

Os efeitos da corrosão se manifestam sob diferentes formas: diminuição da capacidade de resistência mecânica do aço, fissuração do concreto, e perda de aderência entre o sistema aço/concreto (ANDRADE, 1992).

Granato (2002) realça a existência de tipos mais específicos de corrosão, como a corrosão em espaços confinados, corrosão sob tensão e corrosão galvânica.

Red Rehabilitar (2003) e Helene e Pereira (2003) apresentam um guia detalhado para reabilitação e reforço de estruturas de concreto armado que apresentam armaduras em processo de corrosão. Estas publicações são tidas como ícones da literatura internacional do campo de patologia das construções.

2.1.3. Manchas de umidade

Porto (2013) afirma que o aparecimento de umidade é um problema antigo que incide em edificações humanas, e que a mesma pode manifestar-se direta ou indiretamente. Esse fenômeno patológico se mostra quando do aparecimento de um teor de água excedente ao desejado, seja em um revestimento, uma superfície ou na própria massa de concreto.

A água nos estados sólido, líquido ou gasoso é um importante agente de deterioração das edificações, suscetível de atacar os elementos e sistemas construtivos. Os efeitos da água também podem comprometer as condições de habitabilidade do edifício (IBI, 2018).

Sabe-se que engenheiros, arquitetos e construtores em geral não dão a devida importância à impermeabilização das edificações, e como consequência tem-se a degradação prematura das construções, através de corrosão da armadura, eflorescência, manchamentos e bolores, gotejamento, descolamento da pintura, degradação do reboco, entre outros (GRANATO, 2002).

O estudo apresentado por Porto (2013) subdivide a incidência de água em edificações de acordo com a sua origem:

- Umidade proveniente da construção;
- Umidade devido à fenômenos higroscópicos;
- Umidade devido à condensação;
- Umidade de precipitação;
- Umidade ascensional ou de solo;
- Umidade de causas imprevistas ou inesperadas.

A absorção capilar de água, ou ascensão de umidade, pode ser evitada com a utilização de produtos hidrorrepelentes, hidrofugantes e o tamponamento de poros, de acordo com a necessidade de cada obra (IBAPE/SP, 2009).

A umidade acelera o processo de deterioração das estruturas por meio da indução de outras anomalias, como degradação do concreto, corrosão das

armaduras, anomalias em tintas e revestimentos, comprometendo assim, a durabilidade da edificação (IBI, 2018).

Caporrino (2018) aponta que grande parte das manifestações patológicas em fachadas de edifícios possui alguma relação com a umidade.

A Figura 6 retrata manchas de umidade encontradas em apartamento com idade aproximada de dois anos, na região norte de Santa Catarina.



Figura 6 - Incidência de umidade em parede interna de apartamento.
Fonte: Autor (2020).

Fachadas e paredes com fluxo de água constante são ocasionalmente afetadas pela presença de umidade, que com o tempo evoluem para manchas escuras. Essa situação se agrava em locais onde não há incidência solar e/ou ventilação adequada, como fachadas orientadas para o sul e ambientes confinados (CAPORRINO, 2018).

Os projetos de edificações devem contemplar à prevenção de água da chuva e de umidade do solo, conforme preconiza a NBR 15.575: 2013 - Edificações habitacionais — Desempenho, e devem seguir as recomendações de impermeabilização da NBR 9.575: 2010 - Impermeabilização - Seleção e projeto (CAPORRINO, 2018).

A importância da correta impermeabilização é permitir uma melhor habitabilidade e funcionalidade da edificação, além de proteger contra a incidência da água e dos agentes agressivos da atmosfera, como gases poluentes e a chuva ácida (GRANATO, 2002).

2.1.4. Eflorescência

O fenômeno de eflorescência consiste na formação de depósitos salinos na superfície do concreto, de argamassas ou alvenarias, sendo resultado da exposição direta destes materiais à água de infiltração ou ainda das intempéries (GRANATO, 2002).

Santos e Silva Filho (2008), definem as eflorescências como “Depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento, como piso (cerâmicos ou não), paredes e tetos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas.”.

Caporrino (2018) explica que para o surgimento de eflorescências são necessários dois fatores: água e sais. Os sais existem na matriz do concreto e da argamassa, de modo que não se pode evitar por completo seu surgimento. Logo, evitar a água através da correta impermeabilização da superfície é um fator de grande auxílio para prevenção ao surgimento de eflorescências.

Um dos elementos mais comuns que causam eflorescência é o hidróxido de cálcio, que é solúvel em água e é gerado pelas reações de cura do cimento. Tal elemento encontra-se na matriz do concreto, e quando é levado para a superfície reage com o gás carbônico da atmosfera, solidificando-se e formando o carbonato de cálcio (CHIODI FILHO; RODRIGUES, 2009).

Chiodi Filho e Rodrigues (2009) lembram que estes sais que reagem com a atmosfera podem ser aqueles existentes dentro do concreto e da alvenaria ou aqueles provenientes de fatores externos, como através de produtos de

limpeza, proveniente de maresia, poluição ou ainda dos sais utilizados para derreter a neve em países frios.

Granato (2002) afirma que o surgimento de eflorescências é considerado um dano devido à alteração que causam na aparência dos elementos onde se depositam, e que há casos onde os sais formados são agressivos e podem causar degradação profunda. Sobre a composição química das eflorescências, este mesmo autor destaca:

Quimicamente a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água de chuva ou do solo estes sais são dissolvidos e migram para a superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos (GRANATO, 2002, p. 81).

A Figura 7 demonstra a formação de eflorescência em um depósito de garagem subterrânea, onde existia infiltração pela laje superior. Este ambiente ficava totalmente fechado e sem ventilação:



Figura 7 - Formação de eflorescência na parte inferior de uma laje com infiltração.
Fonte: Autor (2020).

Moreno et al. (2010) lembram que o fenômeno de eflorescência não ocorre apenas em concreto e reboco, mas que também incide sobre tijolos, telhas,

rejuntas e pedras ornamentais, já que todos estes elementos possuem sais em sua composição.

A utilização de cimentos do tipo CP-IV reduz a incidência de eflorescências, já que neste cimento os compostos pozolânicos consomem o hidróxido de cálcio na fase da hidratação. Em regiões onde há dificuldade de obtenção deste cimento, pode-se utilizar o cimento CP-III como alternativa, uma vez que este possui baixo teor de hidróxido de cálcio (GRANATO, 2002).

2.1.5. Deslocamento de revestimento cerâmico

Antunes (2010) caracteriza o deslocamento como a queda do revestimento cerâmico, podendo este sair individualmente ou levando consigo parte da argamassa de assentamento e/ou o emboço.

O deslocamento em revestimento cerâmico (Figura 8) pode ocorrer devido às deformações da estrutura (vigas, pilares, fundações) ou também devido à deficiência de execução da base antes de aplicação, ou ainda pela ausência/ineficiência de juntas de movimentação (IBAPE/SP, 2009).



Figura 8 - Deslocamento de cerâmica em fachada de edifício.
Fonte: Galletto; Andrello, 2013).

Apesar das causas do deslocamento de cerâmica serem variadas, Antunes (2010) destaca as principais, como:

- Instabilidade do suporte, ocasionada por acomodação da estrutura, recalques e movimentações térmicas e higroscópicas das paredes;
- Deficiência ou ausência de juntas de assentamento e de movimentação, ou de detalhes construtivos como vergas e contravergas;
- Vencimento da vida útil da argamassa de assentamento;
- Má qualidade do serviço por parte da mão de obra, como falta de limpeza do substrato antes da aplicação, ou aplicação da cerâmica após o vencimento do tempo de abertura do adesivo.

Deutsch (2016) indica alguns fatores que reduzem fortemente a incidência de deslocamento de revestimentos, como o correto dimensionamento das juntas de trabalho, a especificação das argamassas colantes a serem utilizadas, e a adequada limpeza e preparo da superfície antes da aplicação.

Para reparos e reabilitações em revestimentos em processo de deslocamento, Galletto e Andrello recomendam inicialmente um mapeamento da condição geral dos revestimentos cerâmicos através de ensaio de percussão simples. Após, se necessário, poderão ser definidos pontos de execução de ensaio de aderência à tração, conforme preconiza a NBR 14.084:2014 - Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica.

2.1.6. Manifestações patológicas em pinturas

Fagundes Neto (2008) realça a importância da pintura de elementos em edificações devido a dois fatores: sua função decorativa e estética e a ação de proteção das superfícies destes elementos.

As principais anomalias relacionadas à pintura são o descascamento, as fissurações, manchamentos, formação de bolhas, eflorescências e a saponificação. (IBAPE/SP. 2009).

O surgimento de anomalias em pinturas pode estar relacionado com diversas causas, como as condições climáticas, material utilizado, estado em que se encontra a superfície a ser pintada e a mão de obra que executará o serviço (IBAPE/SP, 2009).

Por outro lado, mesmo que a pintura seja executada com o melhor material e mão de obra disponível, o intemperismo afetará as propriedades da pintura, como seu brilho, elasticidade, permeabilidade, entre outros. (FAGUNDES NETO, 2008). Desta forma, com o tempo será necessário uma repintura para evitar a incidência de manifestações patológicas nestes elementos.

A Figura 9 retrata a parede da lavanderia de uma casa térrea com dois anos, onde se pode observar enrugamento e descolamento da pintura.



Figura 9 - Formação de bolhas e enrugamento da pintura em parede de edificação.
Fonte: Autor (2020).

Deutsch (2016) afirma que grande parte dos problemas relacionados à pintura poderiam ser evitados com a correta cura e/ou limpeza do substrato, assim como a não execução de pintura sobre paredes úmidas.

2.2. VISTORIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De uma maneira geral, a construção civil é dotada de numerosas particularidades, como diferentes tipos de sistemas existentes na obra, grande quantidade de profissionais e empresas envolvidas, existência de serviços artesanais, falta de projeto e planejamento, de manutenção e de conservação, entre outros. Essa gama de fatores facilita a ocorrência de manifestações patológicas durante e após a conclusão da obra (BURIN et al., 2009).

Nas edificações, as atividades de manutenção e reparos são fundamentais para aumentar a vida útil e garantir o correto desempenho. Nesta linha, Deutsch (2016) explana: “A falta de cultura de manutenção predial, inspeções regulares e conservação habitual das construções, principalmente a preventiva, geram graves problemas, que acabam originando processos judiciais.”.

Para o correto diagnóstico de uma manifestação patológica, faz-se necessário inicialmente a realização de uma inspeção visual. Em casos onde só a inspeção visual não é conclusiva, o profissional pode efetuar ensaios específicos e análise de documentos pertinentes, como projetos e especificações técnicas de materiais utilizados (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

A necessidade de vistorias periódicas na construção civil é apontada também por Granato (2002): “Inspeccionar, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente, de modo a que os resultados e as ações de manutenções devem cumprir efetivamente a reabilitação da construção, sempre que for necessária.”.

A engenharia diagnóstica apresenta algumas ferramentas com características similares, que auxiliam o profissional a avaliar e prover recomendações para uma construção, como: vistorias, inspeções e perícias (GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2009b).

Apesar de não existir uma definição única para a terminologia *Vistoria*, as normas técnicas convergem em afirmar que se trata de uma atividade de constatação técnica, que deve ser realizada *in loco* e por um profissional devidamente habilitado, além de ser um trabalho criterioso (BURIN et al., 2009).

Seguindo tal linha de raciocínio, a elaboração da NBR 5674 – Manutenção de Edificações – Procedimentos, veio por definir a atividade de *Inspeção Predial*, assim como a orientar o profissional a realizar as avaliações necessárias referentes à manutenção e também indicar a criticidade e as providências que deverão ser tomadas para a segurança das edificações e o bem-estar dos seus habitantes (IBAPE/SP, 2011).

Ainda que não demonstre nexo causal, a Inspeção Predial serve para constatar e também antecipar o surgimento de manifestações patológicas na edificação, e caso necessário, realizar a recomendação de uma perícia (MARQUES, 2015).

Esta atividade de inspeção predial é resumida por Gomide, Fagundes Neto e Gullo (2009, p.37) como:

De forma simplista, podemos dizer que a inspeção predial é a vistoria analisada com recomendações, sendo útil o conhecimento da norma aos estudiosos da vistoria, principalmente pelo favorecimento de aprofundamentos numa vistoria de conclusão de obra, ou para a realização de uma inspeção de conclusão de obra no foco das condições técnicas.

A inspeção predial objetiva fazer um retrato técnico da edificação em determinado momento, evidenciando as irregularidades e indicando as providências a serem tomadas (GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2011).

Já a *Perícia* tem como função buscar o nexo causal das manifestações patológicas encontradas, que em geral aumentam conforme a negligência nas operações de manutenção e gerenciamento da qualidade (MARQUES, 2015).

Enquanto a vistoria trata da constatação e observação técnica de um fato, a Perícia foca em constatar e também investigar as causas que ocasionaram determinado evento (BURIN et al., 2009).

O glossário de IBAPE/SP (2011) define a Perícia como “Atividade concernente a exame realizado por profissional especialista, legalmente habilitado, destinado a verificar ou esclarecer determinado fato, apurar as causas motivadoras do mesmo, ou o estado, alegação de direitos ou a estimação da coisa que é objeto de litígio ou processo.”.

Independente do tipo de vistoria a ser realizada, a literatura técnica concorda em recomendar inspeções periódicas nas edificações. Para Deutsch (2016), as inspeções devem ser rotineiras, pois qualquer anomalia detectada em sua fase inicial possui maior facilidade e economia de ser reparada. A autora reconhece, porém, que na prática só ocorrem intervenções quando o desempenho da edificação fica abaixo daquele considerado aceitável pelo usuário.

Sobre as irregularidades constatadas nas edificações e as recomendações realizadas, recomendam Gomide, Fagundes Neto e Gullo:

As irregularidades prediais, representadas por anomalias construtivas, falhas de manutenção e de uso indevido ou prejudicado, devem ser listadas em ordem lógica decrescente segundo prioridades de segurança, sugerindo-se a classificação das irregularidades pelo grau de risco e aplicação do GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) nessa seleção (p. 99, 2011).

O relatório pós-vistoria deve conter as recomendações técnicas para as condições de uso e manutenções necessária da edificação, sendo que tais orientações devem seguir uma ordem de priorização baseada em metodologia conhecida (IBAPE/SP, 2011).

O item seguinte trata de metodologias comumente utilizadas para definição de prioridades em áreas diversas do conhecimento.

2.3. MÉTODOS DE DEFINIÇÃO DE PRIORIDADE

Gestores e administradores de empresas deparam-se diariamente com a tarefa de fazer escolhas. Kepner e Tregoe (1981) ressaltam que a análise das alternativas é um padrão de raciocínio que acompanha o ser humano desde a pré-história, e possibilita que escolhas sejam feitas ao mesmo tempo em que se analisam os objetivos, as prioridades e as consequências de cada uma.

Chiavenato (2010) doutrina que o planejamento estratégico de uma empresa depende de um processo decisório. Este mesmo autor cita que quando nos deparamos com um problema, é necessário seguir algumas etapas, como identificar este problema, enumerar alternativas de solução, selecionar a mais benéfica, programar a ação e, finalmente, verificar se o objetivo foi atingido.

Decisões devem ser tomadas em todas as empresas e organizações. Porém, cabe aos profissionais competentes selecionar e priorizar estas ações, determinar sua maneira de execução e acompanhar o processo de implementação (KEPNER; TREGOE, 1981).

Na engenharia de produção e manufatura, as decisões correm em torno de uma análise de risco das principais falhas que podem ocorrer. Como o risco nunca pode ser eliminado por completo deve-se identificar os pontos críticos do processo de produção para então priorizar as ações a serem tomadas (DYADEM, 2003).

Na área da saúde, a determinação de prioridades diz respeito à atenção que deve ser dada a um programa ou indivíduo, e auxilia na economia de recursos, uma vez que os mesmos são escassos e não se pode atender todos os problemas simultaneamente. Definir prioridades auxilia na seleção dos problemas que serão objeto de uma intervenção, e ajuda a escolher os problemas onde antes de agir é necessário conhecer melhor as causas do mesmo (PINEAULT; DAVELUY, 1989).

Para os pesquisadores Imperatori e Giraldes (1993,), o planejamento estratégico na saúde é similar a uma empresa: “Para hierarquizar os problemas de saúde detectados recorre-se à utilização de critérios, através dos quais os problemas serão ordenados de acordo com suas prioridades.”.

Sobre metodologias de priorização em diferentes áreas do conhecimento, apontam Pineault e Daveluy (1989):

Em alguns tipos de gestão, por exemplo, negócios, a determinação de prioridades geralmente depende, por razões de eficiência, do diretor da empresa. Isso ocorre em menor escala no planejamento da saúde, no qual para facilitar a aceitação dos resultados, com vista à implementação, várias pessoas compartilham a responsabilidade pelo processo. (PINEAULT; DAVELUY, 1989, p. 229, tradução nossa).

Pereira (2011) apresenta um estudo detalhado sobre os principais métodos de priorização para planejamento em saúde utilizado em Portugal.

Kepner e Tregoe (1981) são conhecidos internacionalmente por sua publicação sobre análise de problemas em potencial e algumas técnicas usadas para solucioná-los no campo da administração. Muitas publicações posteriores vieram a basear-se nestes autores.

No campo da engenharia civil, os estudos sobre priorização em manifestações patológicas são recentes, e as metodologias utilizadas são provenientes de outras áreas do conhecimento. A Norma de Inspeção Predial do IBAPE de São Paulo (IBAPE/SP, 2011) é um dos poucos documentos no país que aponta a necessidade de classificação de anomalias de acordo com sua ordem de prioridades.

A interpretação de Gomide, Fagundes Neto e Gullo (2011, p. 101) para a engenharia diagnóstica é similar, conforme demonstrado a seguir:

A priorização das providências reparativas ou de adequação a serem consignadas no laudo é parte importante do trabalho diagnóstico, para facilitar a formulação do plano de manutenção. Tal medida possibilita o melhor planejamento do provisionamento de verbas para as atividades de manutenção aos gestores dos edifícios. Recomenda-se para tanto utilizar metodologias apropriadas, evitando a subjetividade. Dentre as metodologias conhecidas, destacam o GUT (Kepner-Tregoe – Gravidade, Urgência e Tendência), O FMEA (Análise de Modo e Efeito de Falha) e o Diagrama de Pareto.

Gomide, Fagundes Neto e Gullo (2009b) ainda nos lembram: “Não raramente a maior dificuldade do engenheiro diagnóstico na Inspeção Predial é analisar a criticidade ou a prioridade das providências dentro do universo de anomalias e incorreções construtivas passíveis de serem identificadas nas edificações prediais.”.

Os métodos de definição de prioridade abordados neste trabalho são apresentados resumidamente a seguir, em forma de tópicos.

2.3.1. Classificação do grau de risco

Apesar de ser uma classificação simplista, a ordenação de acordo com o grau de risco traz uma noção das anomalias ou falhas que merecem maior atenção por parte do responsável pela inspeção.

A Norma de Inspeção Predial do IBAPE de São Paulo (IBAPE/SP, 2011), apresenta as seguintes definições para cada tipo de grau de risco:

- **CRÍTICO** - Pode provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, perda excessiva de desempenho causando possíveis paralisações, aumento de custo, comprometimento sensível de vida útil e desvalorização acentuada;
- **REGULAR** - Pode provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração precoce e pequena desvalorização;
- **MÍNIMO** - Pode causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

Esta metodologia busca dividir as falhas e anomalias encontradas na edificação em três grupos, de acordo com a criticidade de cada uma, facilitando a visualização por parte do profissional e principalmente por parte dos contratantes (GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2009a).

2.3.2. Procedimento de triagem

Quando o número de problemas a classificar é elevado, recomenda-se a realização de uma pré-seleção desses problemas antes da aplicação de um método de priorização propriamente dito, conhecida como procedimento de triagem (IMPERATORI; GIRALDES, 1993).

Tal técnica consiste em remover alguns dos itens da lista objetivando facilitar o foco nas questões mais importantes, podendo ser escolhidos alguns critérios para justificar a eliminação dos itens (PEREIRA, 2011).

Pineault e Daveluy (1989) apresentam um exemplo onde se realiza a triagem em um grupo de 20 problemas na área da saúde. Os autores indicam que de início, o planejador deve selecionar o problema mais importante e o menos importante, e então excluí-los da lista. Na segunda fase, entre os problemas restantes o planejador escolhe os 2 mais importantes e os 2 menos importantes, e os exclui da lista. Na terceira fase, escolhe-se os 4 mais importantes e os 4 menos importantes, e assim sucessivamente, até ter-se uma boa distinção entre os dois grupos formados.

Apesar de não ser um processo de priorização em si, pois não apresenta uma ordenação dos itens, o procedimento de triagem acaba por auxiliar na redução do número total de problemas para a posterior priorização (PINEAULT; DAVELUY, 1989).

2.3.3. Comparação por pares

A comparação por pares consiste em uma técnica de classificação ordenada que permite concentrar-se em apenas dois problemas por vez, facilitando a visualização do utilizador (PINEAULT; DAVELUY, 1989).

Trata-se de uma ferramenta de priorização bem difundida no meio técnico, que pode ser realizada por apenas um indivíduo ou por um grupo de profissionais (AUSTIN, 2008).

Em resumo, a técnica consiste em comparar sistematicamente cada problema a cada um dos outros, optando sempre pelo mais importante em cada comparação. Ao final, obtém-se a ordenação a partir do número de vezes que cada problema foi escolhido em detrimento de outro (IMPERATORI; GIRALDES, 1993).

A Tabela 1 a seguir demonstra um modelo simplificado desta ferramenta:

Problema	Comparação	Prioridade
A	A B A C A D A E	A = 4°
B	B C B D B E	B = 2°
C	C D C E	C = 3°
D	D E	D = 5°
E		E = 1°

Tabela 1 - Método de comparação por pares.
Fonte: Adaptado de Pineault e Daveluy (1989).

Conforme retrata a Tabela 1, o problema A é comparado individualmente com o problema B, e aquele que for considerado mais grave recebe um marcador. Em seguida, o problema A é comparado também aos problemas C, D e E.

Já a Figura 10 abaixo apresenta uma variação do método onde se considera a opinião de diferentes profissionais do ramo:

	Profissional A	Profissional B	Profissional C
Opção 1 versus Opção 2	1	2	1
Opção 1 versus Opção 3	3	1	1
Opção 1 versus Opção 4	1	1	1
Opção 2 versus Opção 3	3	2	3
Opção 2 versus Opção 4	2	2	2
Opção 3 versus Opção 4	3	3	3

Pontuação: Opção 1 = 7, Opção 2 = 5, Opção 3 = 6, Opção 4 = 0
Ranking de prioridade: Opção 1 é a prioritária, seguida por Opção 3, depois Opção 2 e Opção 4

Figura 10 – Método de comparação por pares com consulta à mais de um profissional.
 Fonte: Adaptado de Austin (2008).

Na Figura 10, os problemas são confrontados dois a dois, e cada profissional anota o problema que considera mais grave em cada comparação.

Pineault e Daveluy (1989) lembram que uma das principais vantagens da metodologia é sua simplicidade e facilidade de aplicação, mas lembram que a abordagem só é prática para um número pequeno de problemas, caso contrário o tempo demandado para realização das comparações será demasiado longo.

Apesar de não existir uma regra fixa para a quantidade de problemas ou opções analisadas, Austin (2008) recomenda que este número não seja superior a dez.

2.3.4. Grelha de análise

A grelha de análise consiste em uma metodologia gráfica para priorização de problemas. O modelo mais utilizado desta ferramenta leva em conta quatro critérios: Importância do problema, que se refere à frequência e/ou gravidade do problema; relação entre o problema e o fator de risco; capacidade

técnica de solucionar o problema; e exequibilidade do programa de intervenção (ASUA; TABOADA, 2005).

A Figura 11 a seguir retrata esse modelo:

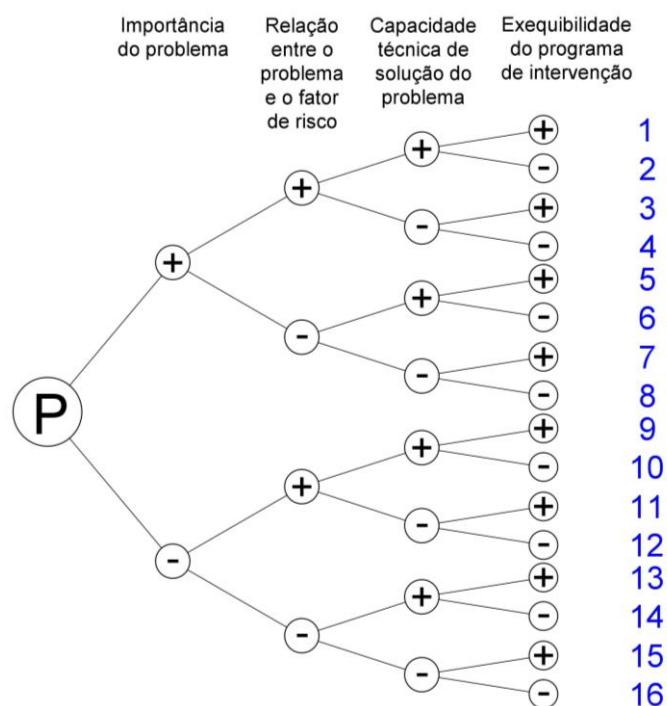


Figura 11 – Grelha de análise para priorização.
Fonte. Adaptado de Pineault e Daveluy (1989).

Cada problema é analisado individualmente na grelha, sob a forma de pergunta para cada critério, do tipo: “Este problema/manifestação patológica é importante? ”. Se o utilizador considerar que sim, o problema recebe um marcador do tipo positivo (+) e passa para o critério seguinte. Caso entenda que não, recebe um marcador negativo (–) e também passa para o critério seguinte.

A Figura 12 demonstra um resumo da aplicação da ferramenta:

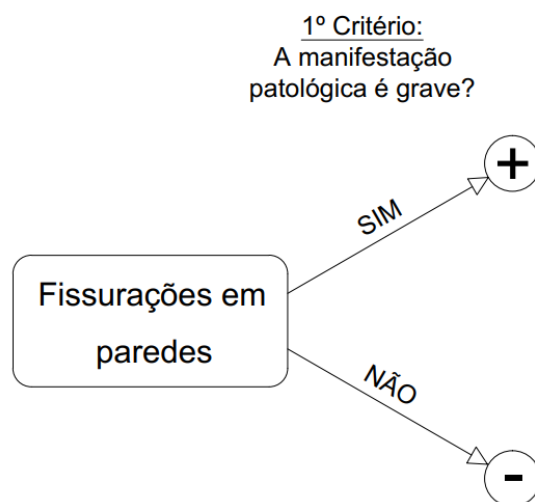


Figura 12 – Croqui para aplicação da grelha de análise.
Fonte: Autor (2020).

No final do processo, o problema que receber maior quantidade de respostas positivas recebe a maior prioridade, e assim sucessivamente.

Alguns autores como Alcalá e Castro (2004) utilizam adaptações do método principal, substituindo o segundo critério por “Frequência”, que indica o quanto este problema ocorre, e o terceiro critério como “Eficácia da solução”, questionando se é possível solucionar o problema por completo ou apenas mitigá-lo.

Pereira (2011) aponta que os problemas devem ser inseridos de forma individualizada na ferramenta, e que o percurso natural da grelha possibilita estabelecer dezesseis possibilidades de recomendação.

Esta ferramenta traduz-se em um método bastante simplista: quando um problema preenche os requisitos do critério ele recebe um indicador positivo, caso contrário recebe um indicador negativo. O problema que receber pontuação 1 (um) será o mais importante, seguindo esta sequência até o último problema. Em alguns casos pode ocorrer o empate da prioridade dos problemas (ASUA; TABOADA, 2005).

Imperatori e Giraldes (1993) citam como ponto positivo da ferramenta a sua objetividade e facilidade de visualização do problema, e como ponto negativo o fato do primeiro critério ser muito discriminativo para o sistema.

Como cada critério consiste em uma variável dicotômica (sim ou não), o primeiro critério possui grande importância e deve ser utilizado com certo grau de cuidado (PINEAULT; DAVELUY, 1989).

Alcalá e Castro (2004) explicam que os critérios utilizados podem variar de acordo com o estudo realizado, e atentam que cada problema deve ser analisado individualmente, aplicando-se os critérios escolhidos de acordo com sua ordem de importância, do maior para o menor.

2.3.5. Método de Hanlon

O método de Hanlon estabelece a prioridade de um problema através da utilização dos seguintes critérios (PEREIRA, 2011):

A-Amplitude ou magnitude problema;

B-Severidade do problema;

C-Eficácia da solução;

D-Exequibilidade da solução.

Neste método, o problema com maior pontuação é a maior prioridade. Esta relação de prioridade segue a formulação matemática dada pela Equação 1:

$$Pontuação = (A+B) C \times D. \quad (1)$$

Equação 1 – Método de Hanlon

Pineault e Daveluy (1989) indicam que esta metodologia é destinada particularmente para áreas da saúde. Os quatro critérios pré-definidos foram propostos pelo criador do método devido sua importância nas decisões do planejamento estratégico em saúde.

Hanlon definiu *magnitude* (A) como o número de pessoas afetadas pelo problema, em relação à população total (ASUA; TABOADA, 2005). Este critério varia de 0 a 10, sendo esta numérica convertida à partir da parcela da população afetada, conforme demonstrado na Tabela 2 a seguir:

<i>Estimativa da magnitude do problema a partir do número de pessoas</i>	
Unidades por cada 100.000 habitantes	Pontuação
50.000 ou mais	10
5.000 a 49.999	8
500 a 4.999	6
50 a 499	4
5 a 49	2
0,5 a 4,9	0

Tabela 2 – Relação da magnitude do problema proposta por Hanlon.
Fonte: Hanlon (1984) apud Pineault e Daveluy (1989).

A *severidade* (B) não possui uma definição única, podendo ser relacionada à gravidade, mortalidade ou incapacitação. Este fator também varia de 0 a 10 (PINEAULT; DAVELUY, 1989).

Já a *eficácia* (C) questiona a dificuldade de solução do problema, e atribui valores variando de 0,5 para problemas de difícil solução até 1,5 para problemas de fácil resolução (SOUSA et al., 2017).

Para a componente *exequibilidade* (D), Hanlon propôs a subdivisão em um grupo de fatores denominado pela sigla PEARL, conforme mostrado a seguir (ASUA; TABOADA, 2005):

- P – Pertinência;
- E – Exequibilidade econômica;
- A – Aceitabilidade;
- R – Disponibilidade de recursos;
- L – Viabilidade econômica.

Sousa et al. (2017) demonstram que cada um dos itens do PEARL deve ser analisado em forma de pergunta, do tipo: “É pertinente intervir no problema?”. Respostas positivas fornecem um valor numérico 1 (um) para cada componente do PEARL, enquanto uma resposta negativa fornece um valor nulo (zero).

Caso uma das perguntas do PEARL receba resposta nula, o problema é eliminado da lista pois não há possibilidade de solução no momento (Pereira, 2011). A Figura 13 a seguir mostra um guia de utilização do método de Hanlon:

Componente	Designação	Escala
A	Magnitude – dimensão que o problema assume para a população.	Numérica de 0 a 10 (convertida a partir da % da população afetada pelo problema).
B	Severidade – o problema é considerado grave?	Numérica de 0 a 10
C	Eficácia – o problema é de fácil resolução?	Numérica de 0,5 a 1,5 (em que 0,5 corresponde a um problema difícil de solucionar e 1,5 corresponde a um problema de fácil solução).
D Exequibilidade		
P	Pertinência – É pertinente intervir no problema, a intervenção é adequada?	
E	Exequibilidade Económica – Existe viabilidade económica para a realização da intervenção?	Valor 0 ou 1 (em que 0 corresponde a não exequível e 1 a exequível)
A	Aceitação – A comunidade aceita e/ou deseja uma intervenção no problema?	A atribuição de 0 em qualquer uma das dimensões (PEARL) inviabiliza a abordagem do problema em análise.
R	Recursos (disponibilidade) – Existem recursos para a realização da intervenção?	
L	Legalidade – A lei existente permite a realização da intervenção?	

Figura 13 - Componentes para o método de Hanlon.
Fonte: Hanlon (1984) apud Pineault e Daveluy (1989).

Pineault e Daveluy (1989) lembram que como a *exequibilidade* (D) é multiplicada pelo restante da equação, obter um zero neste item torna inviável a utilização desta solução. Por outro lado, receber um valor positivo (nota 1) neste item é uma condição necessária, mas não suficiente para dar prioridade ao problema em questão.

A Figura 14 demonstra um exemplo de utilização do método de Hanlon onde alguns dos problemas considerados graves receberam uma pontuação nula no item D, caracterizando um problema impossível de solucionar no momento (ASUA; TABOADA, 2005).

Problema	A Magnitud	B Gravedad	C Eficacia	D Factibilidad	Puntuación (A+B) C x D
Mala calidad del agua de consumo	10	8	0,5	0	0
Baja cobertura de alcantarillado	9	6	0,5	0	0
Alta morbilidad por enfermedades cardiovasculares	7	10	1,5	1	25,5
Alta morbilidad por ETS	3	4	1,5	1	10,5
Alta morbilidad por hepatitis A	5	8	1	1	13
Mortalidad perinatal elevada	3	10	1	1	13
Alta morbilidad por neoplasias de cérvix	3	8	1,5	1	16,5
Alta morbilidad por caries	8	5	1,5	1	19,5
Tabaquismo	8	9	1	1	17
Bajo peso al nacer	5	7	1	1	12

Figura 14 – Resultados de uma aplicação do método de Hanlon.
Fonte: Asua; Taboada (2005).

Pereira (2011) afirma que o método de Hanlon foi muito aplicado em comunidades autônomas da Catalunha e regiões de Valência, sendo este método hoje o mais utilizado para priorização em problemas de saúde na Espanha.

Hernecker (2009) apresenta em seu estudo uma variação do método de Hanlon, onde o composto *exequibilidade* (D) fora suprimido para simplificação do estudo, tornando a equação em: $(A+B) \times C$, e facilitando sua aplicação.

2.3.6. Matriz GUT

A matriz GUT consiste em uma metodologia para priorizar a tomada de decisão sob o ponto de vista de três critérios: Gravidade, Urgência e Tendência (QUEIROZ, et al., 2012). A partir destas variáveis, o gestor consegue agir com base em uma lista ordenada, identificando quais complicações devem ser resolvidas primeiro (DE FÁVERI; SILVA, 2016).

A origem desta ferramenta encontra-se possivelmente nos estudos sobre análise de problemas realizados por Kepner e Tregoe. Estes autores prestaram consultoria para administradores e gestores de empresas americanas entre as décadas de 50 a 80, e agruparam seu conhecimento em uma publicação que viria a ser referência na administração de empresas: *O administrador racional*, publicado em 1965. Posteriormente, a obra seria atualizada e publicada com o título de: *O novo administrador racional*, em 1981.

Kepner e Tregoe (1981) mostram que várias contrariedades podem surgir em uma empresa ao mesmo tempo, e que não poderão ser solucionadas simultaneamente, cabendo ao gestor à análise da situação e definição das prioridades de ação.

Na publicação original, Kepner e Tregoe (1981), exemplificam uma análise de problema onde se estuda as consequências adversas de cada alternativa possível, e atribuindo uma nota de 0 a 10 para probabilidade de ocorrência (P) e sua seriedade (S) de cada alternativa, caso venha a ocorrer. Em seguida estes índices eram multiplicados para obtenção da criticidade de cada alternativa.

Posteriormente o método foi adaptado por outros autores (inclusive alguns autores brasileiros), passando aos critérios da matriz GUT que conhecemos hoje. Estes critérios utilizados na metodologia atual são detalhados por Queiroz et al. (2012), como:

- A *Gravidade (G)* considera a intensidade ou profundidade dos danos que o problema pode causar;
- A *Urgência (U)* considera o tempo para a eclosão dos danos ou resultados indesejáveis, se não atuar sobre o problema; e,
- A *Tendência (T)* do fenômeno, que considera o desenvolvimento que o problema terá na ausência de ação.

Queiroz et al. (2012) explanam que após atribuir uma nota para a gravidade, a urgência e a tendência de cada alternativa, é realizada a multiplicação das notas destes três critérios para obtenção de criticidade final, conforme a Equação 2:

$$\text{Prioridade} = (G) \times (U) \times (T). \quad (2)$$

Equação 2 – Pontuação final pela matriz GUT

Periard (2011) resume as etapas para utilização do método GUT como: 1) Listagem de todos os problemas relacionadas aquelas atividades; 2) Atribuição de notas para cada atividade listada, de acordo com a gravidade, urgência e tendência de cada uma. As notas podem variar de 1 a 5 ou de 1 a 10, a depender do autor. 3) Multiplicação das notas atribuídas à cada um dos critérios, obtendo a nota final de cada problema.

A Figura 15 apresenta um modelo de disposição da matriz GUT, levando-se em conta um intervalo de pontuação de 1 a 5:

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	extremamente grave	precisa de ação imediata	irá piorar rapidamente
4	muito grave	é urgente	irá piorar em pouco tempo
3	grave	o mais rápido possível	irá piorar
2	pouco grave	pouco urgente	irá piorar a longo prazo
1	sem gravidade	pode esperar	não irá mudar

Figura 15 – Critérios de pontuação da matriz GUT.
Fonte: Periard (2011).

Já a Figura 16 a seguir apresenta a continuação da metodologia GUT, com a etapa da multiplicação das notas e a listagem final de prioridades:

Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	G x U x T	Prioridade
Situação X	2	4	5	40	2
Situação Y	3	2	3	18	4
Situação Z	5	3	3	45	1
Situação W	1	5	4	20	3

Figura 16 – Disposição final da matriz GUT, com a listagem de prioridade.
Fonte: De Fáveri e Silva (2016).

Meireles (2001) lembra que o grande diferencial do método GUT para priorização de problemas é a possibilidade de atribuir valores numéricos para cada um dos critérios, fornecendo ao final um número total que corresponde à prioridade daquela opção.

Na engenharia diagnóstica, o método GUT é utilizado na ponderação do grau de criticidade de cada problema/anomalia encontrada na edificação, para posterior obtenção de um resultado numérico, ordenando assim as manutenções corretivas ou preventivas necessárias (GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2011).

2.3.7. FMEA

Stamatis (2003) define o FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* (traduzido para o português como Modo de Falha e Análise de Efeito) como uma ferramenta de engenharia para definir, identificar e eliminar falhas em potencial em um produto ou processo. O autor cita que este método analítico consegue identificar o modo, a frequência e a origem das falhas do processo.

A NBR 5462:1994 - Confiabilidade e manutenibilidade, apresenta em seu escopo a definição de FMEA como: “Método qualitativo de análise de

confiabilidade que envolve o estudo dos modos de pane que podem existir para cada subitem, e a determinação dos efeitos de cada modo de pane sobre os outros subitens e sobre a função requerida do item.”.

Gilchrist (1993) aponta o FMEA como um método sistemático para buscar possíveis causas de uma falha antes que ela ocorra. Tal autor cita que o método surgiu como um procedimento militar desenvolvido pelo exército americano logo após a 2ª Guerra Mundial, mas que só foi proposto como sistema em 1963, pela NASA. Esta ferramenta só ficou amplamente conhecida quando foi adotada pela Companhia Ford em 1977, passando a fazer parte do guia *The Ford Instruction Manual*.

Nas décadas seguintes esta ferramenta passou a ser utilizada mundialmente para análise de risco e de confiabilidade de sistemas em uma variada gama de indústrias, como automotiva, aeroespacial, eletromecânica, construção civil e nuclear (DINMOHAMMADI; SHAFIEE, 2013).

O método FMEA possibilita melhorar o sistema no qual é aplicado através de uma detecção de anomalias relacionadas aos componentes deste sistema ou até ao processo como um todo (HELMAN; ANDERY, 1995).

Stamatis (2003) afirma que não existe hoje na literatura uma unanimidade quanto aos tipos de FMEA, visto que ao longo dos anos surgiram variadas adaptações e ramificações. De um modo geral, o autor afirma existirem quatro principais tipos de FMEA:

- FMEA de sistema;
- FMEA de projeto;
- FMEA de processo e;
- FMEA de serviço.

Apesar dos diferentes objetivos, todas as quatro variações apresentam como resposta uma lista das falhas em potencial encontradas, dispostas de acordo com sua prioridade (STAMATIS, 2003; FORD, 2011).

Costa e Silva, Fonseca e Brito (2006) demonstram que a ferramenta FMEA pode ser utilizada também na construção civil, em diferentes fases e níveis da empresa, como o FMEA de projeto, que pode ser utilizado durante a fase de concepção dos projetos da edificação para otimizar e melhorar os sistemas utilizados, ou o FMEA de processo, que pode ser utilizado durante a execução da obra para minimizar as falhas e gastos.

Para utilização desta metodologia, devem ser estudados os possíveis modos de falhas dos componentes mais simples, suas causas e consequências para os níveis superiores de produção (PUENTE, et al. 2002).

Sobre o processo de utilização do FMEA, Gilchrist (1993) resume as etapas como:

- I. Definir o item analisado e identificar as falhas que podem ocorrer, assim como suas consequências;
- II. Avaliar as chances de estas falhas ocorrerem;
- III. Avaliar as chances de estas falhas serem detectadas;
- IV. Avaliar a severidade das consequências destas falhas;
- V. Calcular uma medida de risco para as falhas;
- VI. Listar as falhas de acordo com os maiores riscos;
- VII. Agir sobre os problemas com alto risco;
- VIII. Verificar a efetividade das ações tomadas.

De maneira similar, Kalil e Lara (2007) apresentam uma roteirização para utilização da ferramenta FMEA através de um fluxograma, conforme demonstrado na Figura 17:

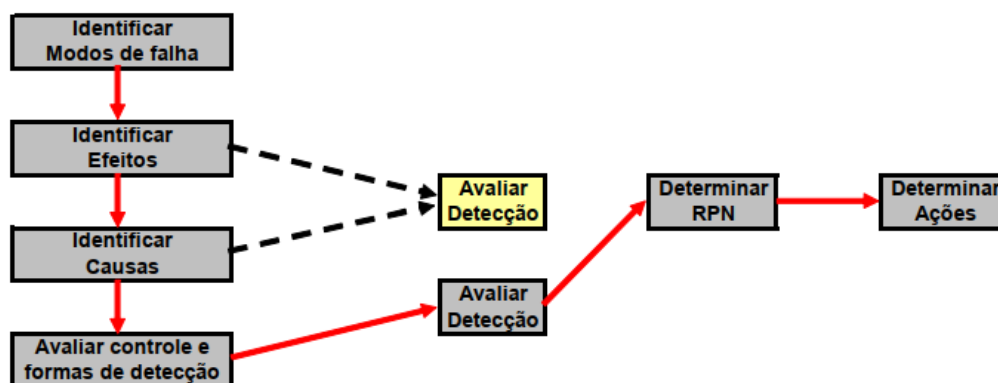


Figura 17 – Fluxograma de execução do FMEA geral.
Fonte: Kalil e Lara (2007).

Na etapa de definição de prioridade das falhas, Stamatis (2003) aponta a existência de três componentes necessárias: *Ocorrência (O)*, *Severidade (S)* e *Detecção (D)*. Tal autor define a Ocorrência como a frequência em que a falha ocorre; a Severidade é definida como a gravidade desta falha; e a Detecção é a habilidade de detectar a falha antes de ela acontecer ou em caso de processos de fabricação, antes dela chegar ao cliente.

Existem variadas maneiras de definir os valores destes três componentes, sendo a escala numérica a mais utilizada. As escalas mais comuns variam de 1 a 5 ou de 1 a 10 (STAMATIS, 2003).

Kalil e Lara (2007) apresentam em seu estudo a utilização de uma escala de 1 a 4 para Ocorrência, Severidade e Detecção (Figura 18), alegando os autores que uma menor amplitude de notas incide em uma menor probabilidade de erro no julgamento e na classificação dos itens.

NOTAS PARA A OCORRÊNCIA (qual é a probabilidade de parar o sistema) qto > a probabilidade. < a nota		NOTAS PARA DETECÇÃO (qual o potencial de detectarmos a falha ANTES que ela aconteça) qto > a ocorrência > é a nota		NOTAS PARA SEVERIDADE (qual é a gravidade do efeito da falha) qto > a gravidade > a nota	
1	Improvável	1	Alta	1	Pequeno
2	Pequena	2	Moderada	2	Moderado
3	Moderada	3	Pequena	3	Grave
4	Alta	4	Remota	4	Muito grave

Figura 18 - Uma das possibilidades de atribuição de notas para a ferramenta FMEA.
Fonte: Kalil e Lara (2007).

Gilchrist (1993) e Ford (2011) utilizam-se de escalas numérica variando entre 1 a 10, onde cada nota é atribuída através de um critério qualitativo.

Segundo ainda Kalil e Lara (2007), a etapa de atribuição de notas deve vir de um consenso da equipe de trabalho:

Esta atribuição de nota ou peso deverá ser de cunho individual, lançada em uma planilha onde todos os participantes do grupo possam observar a opinião individual de cada um e para que sejam discutidas em grupo. Ao contrário de um simples processo de votação, a nota final atribuída à “severidade”, “ocorrência” e “detecção”, baseado no critério estabelecido pela própria metodologia **FMEA**, não poderá ser uma média de todas as notas, ou seja, deverá ser fruto de um consenso de todo o grupo (KALIL; LARA, 2007, p. 22).

Posteriormente, a priorização dos problemas analisados será fornecida pelo RPN – *Risk Priority Number* (Número de Prioridade de Risco), sendo este número o produto das notas atribuídas à ocorrência, severidade e detecção (FORD, 2011).

A Equação 3, para cálculo do RPN é demonstrada a seguir:

$$RPN = S \times O \times D. \quad (3)$$

Equação 3 – Equação para cálculo do RPN

Os valores de RPN mais altos são, em princípio, tratados prioritariamente, uma vez que indicam possibilidade de falhas mais críticas no processo (KALIL; LARA, 2007).

A Figura 19 abaixo trata um dos tipos de quadro-resposta obtido pela utilização da ferramenta FMEA:

	Modo de falha em potencial	Efeito da falha em potencial	Causa da falha em potencial	O	D	S	RPN
Processo A	Modo A de falhar	Efeito A	Causa A	8	5	4	160
			Causa B	10	10	4	400
			Causa C	5	4	4	80
	Modo B de falhar	Efeito B	Causa D	9	8	7	504
			Causa E	8	4	8	256

Figura 19 – Vista genérica da relação gerada pela ferramenta FMEA.
Fonte: Kalil e Lara (2007).

O passo subsequente ao cálculo do RPN será a elaboração do plano de resposta, que irá conter as atividades corretivas necessárias (GILCHRIST, 1993).

Com a listagem do RPN, pode-se partir para a proposta de ações sobre os problemas detectados. Sobre estas ações, explana Stamatis (2003) “Após a determinação do RPN, a avaliação começa baseada na definição de risco. Usualmente este risco será definido pela equipe como baixo, médio, alto ou crítico, onde cada tipo necessita determinada atitude”.

Nessa linha de raciocínio tal autor propõe:

- Risco pequeno: Nenhuma ação precisa ser tomada
- Risco moderado: Alguma ação deve ser tomada;
- Risco alto: Ação definitiva deve ser tomada (validação e avaliação seletiva podem ser necessárias);
- Risco crítico: Ações definidas ocorrerão e mudanças extensas serão necessárias no sistema.

Apesar de ser largamente utilizada em segmentos da indústria, como a engenharia mecânica, eletrônica e aeroespacial, a metodologia FMEA ainda é pouco conhecida na construção civil.

Costa e Silva, Fonseca e Brito (2006) fornecem um guia genérico para utilização da ferramenta FMEA na construção civil.

Kalil e Lara (2007) apresentam um estudo de caso onde a ferramenta FMEA foi utilizada em inspeções prediais de elevadores e comparada com a matriz GUT.

Silva e Monteiro (2016) demonstram um estudo de aplicação do FMEA na inspeção das manifestações patológicas existentes no Aeroporto Internacional de Recife, onde a ferramenta foi simplificada para facilidade de utilização.

De maneira similar, Oliveira (2018) analisa edifícios populares entregues pelo programa governamental Minha Casa Minha Vida através da utilização do FMEA, atribuindo notas as manifestações patológicas encontradas e calculando o RPN de cada uma delas.

3. DETALHAMENTO DOS CASOS PARA APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

O presente capítulo trata da aplicação dos métodos abordados anteriormente em estudos de caso. Para tanto foram selecionadas três edificações com incidência de manifestações patológicas na construção civil, que serão vistoriadas, terão suas manifestações patológicas listadas e posteriormente será realizada a definição de prioridades destas manifestações.

3.1. CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES

As edificações em questão encontram-se na cidade de Joinville, na região nordeste de Santa Catarina. O mapa retratado na Figura 20 apresenta a localização destas construções dentro dos limites do município.



Figura 20 – Localização das edificações escolhidas para estudo, na malha urbana de Joinville.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

O Quadro 1 abaixo apresenta um resumo das principais características das edificações selecionadas para este trabalho.

Edificação A 	Descrição: Inspeção realizada em apartamento residencial de 60 m², localizado em edificação de 3 (três) pavimentos. Idade: 3 anos Padrão Construtivo: Popular Estado de conservação: Reparos importantes
Edificação B 	Descrição: Inspeção realizada em áreas comuns do Condomínio de uma edificação residencial de 5 (cinco) pavimentos, com área construída total de 1.800 m². Idade: 9 anos Padrão Construtivo: Médio Estado de conservação: Entre reparos simples e importantes.
Edificação C 	Descrição: Inspeção realizada em residência (destaque na imagem) de 60 m², localizada em construção geminada. Idade: 2 anos Padrão Construtivo: Popular Estado de conservação: Reparos importantes

Quadro 1 – Edificações selecionadas para estudo
Fonte: Autor (2020).

3.2. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

Previamente à definição de prioridades, deve-se realizar a listagem das manifestações patológicas constatadas nas edificações. Para tanto, faz-se necessária a vistoria destas construções.

As edificações relatadas supra foram inspecionadas entre os meses de Maio e Agosto de 2019. Os serviços consistiram em constatação visual e registro fotográfico com câmera profissional da marca Canon modelo Eos T7. Não foram realizados ensaios tecnológicos. Ressalta-se que tais vistorias não possuem como objetivo periciar os imóveis, ou seja, não há intuito de investigar as causas e origens das manifestações patológicas encontradas.

Os tópicos a seguir apresentam a listagem das manifestações patológicas encontradas.

3.2.1. Edificação A

A edificação denominada “A” foi vistoriada no dia 07 de Maio de 2019. Nesta construção (apartamento residencial) foram percebidas manchas de umidade em todas as janelas, fissurações em algumas paredes de alvenaria, mancha de umidade em parte do forro de gesso (abaixo da sacada do apartamento superior) e alguns erros de acabamento.

Os proprietários também relataram a ocorrência de gotejamento de água pelo quadro de luz e pelo quadro de comunicação (internet, telefone) em dias de forte chuva. Segundo os proprietários, as falhas de acabamento existem desde à entrega do apartamento, enquanto os outros danos (umidade, gotejamento, fissuras) surgiram com o passar dos meses.

O Quadro 2 demonstra um resumo das anomalias encontradas nesta edificação:

Código	Descrição e local da anomalia	Foto ilustrativa
A1	Anomalia: Mancha de umidade em forro de gesso. Local: Forro de gesso da sala de estar, localizado abaixo da sacada do apartamento do pavimento superior.	
A2	Anomalia: Manchas de umidade em janelas e peitoris. Local: percebida em todas as janelas externas do imóvel (janela da sala, do quarto 01, quarto 02, banheiro e lavanderia).	
A3	Anomalia: Fissurações em alvenarias. Local: Pontos discretos, como parede do quarto 01, parede da circulação e da lavanderia.	
A4	Anomalia: Infiltração de água através do quadro de luz e quadro de comunicação. Local: Incidindo sobre o quadro de luz e quadro de comunicação, na circulação do apartamento.	

A5	Anomalia: Defeitos de acabamento. Local: Má execução percebida na circulação de acesso, no forro de gesso, na pintura de algumas esquadrias.	
----	--	--

Quadro 2 - Manifestações patológicas na Edificação A

Fonte: Autor (2020).

3.2.2. Edificação B

A vistoria da edificação “B” ocorreu ao dia 11 de Junho de 2019. Foram percebidas nas áreas comuns deste condomínio algumas anomalias externas, como manchas de umidade nas fachadas, fissurações diversas nos muros e manchas de umidade pontuais em teto e parede da garagem térrea, possivelmente relacionadas a vazamentos do apartamento acima.

Ainda na parte externa notou-se que os pilares da garagem apresentam descolamento de pintura e também manchas de umidade, possivelmente relacionadas à ascensão de umidade do solo por estes elementos.

Na parte interna do condomínio, constatou-se o destacamento do revestimento cerâmico da circulação do pavimento térreo, do 3º e do 4º pavimento. Essa anomalia pôde ser percebida visualmente em alguns locais, e em outros através de um teste de percussão simples (pancadas).

Na cobertura, a laje acima dos reservatórios apresentava corrosão em nível avançado, com deslocamento de concreto em algumas localidades. Esta mesma laje apresentava corpos estranhos, como pedaços de madeira e de piso cerâmico, inseridos estes na matriz do concreto.

A relação das anomalias encontradas na edificação B é tratada no Quadro 3:

Código	Descrição e local da anomalia	Foto ilustrativa
B1	Anomalia: Manchas de umidade em fachadas. Local: Todas as faces do edifício, com maior incidência na fachada sul e nas regiões próximas à cobertura.	
B2	Anomalia: Fissurações em muros externos. Local: Pontos variados do muro externo, e no muro próximo à guarita e lixeira.	
B3	Anomalia: Manchas de umidade na garagem. Local: Pontos discretos da garagem, como parede e teto, em geral abaixo de banheiros e sacadas do apartamento localizado logo acima.	
B4	Anomalia: Manchas de umidade em base de paredes e pilares. Local: Paredes e pilares da garagem, em grande parte de sua extensão.	

B5	Anomalia: Destacamento de revestimento cerâmico. Local: Pisos da circulação do pavimento térreo, do 3º e do 4º pavimento	
B6	Anomalia: Corrosão da armadura e deslocamento de concreto. Local: Laje da cobertura do edifício, acima da laje dos reservatórios.	

Quadro 3 - Manifestações patológicas na Edificação B
Fonte: Autor (2020).

3.2.3. Edificação C

A vistoria da edificação “C” ocorreu ao longo do dia 17 de Julho de 2019. O proprietário do imóvel mostrava-se insatisfeito, pois apesar de ser um imóvel recém-construído o mesmo apresentava anomalias diversas.

A inspeção desta residência geminada possibilitou constatar na parte externa a existência de manchas de umidade e fissurações em diversos locais da fachada do conjunto habitacional, danificando a pintura da edificação. A maior incidência desta anomalia encontrava-se na fachada sul.

Ainda na parte externa foram percebidos pontos de deslocamento de revestimento cerâmico das marquises da sacada. Alguns destes revestimentos cerâmicos soltos foram encontrados no chão do terreno.

Na parte interna da residência foram encontradas fissurações em paredes de alvenaria (apenas no quarto principal).

A escadaria que leva ao pavimento superior possui degraus com dimensões heterogêneas. A medição da altura (espelho) destes degraus com uma trena apresentou medidas variando de 14,0 a 17,5 centímetros, não existindo homogeneidade e indo contrária à norma de desempenho e de acessibilidade.

No banheiro do pavimento superior a impermeabilização do box aparenta não ter sido realizada ou se realizada fora de forma ineficaz, tendo em vista que existe gotejamento de grande quantidade de água neste local, além de manchas de umidade variadas. O cômodo abaixo deste ambiente apresentava gotejamento na ocasião da vistoria.

A relação destas manifestações patológicas relatadas na edificação C é tratada no Quadro 4:

Código	Descrição e local da anomalia	Foto ilustrativa
C1	Anomalia: Manchas de umidade e fissurações em fachadas. Local: Todas faces do edifício, com maior incidência na fachada sul.	
C2	Anomalia: Desplacamento de revestimento cerâmico nas fachadas. Local: Marquises da fachada frontal e fachada posterior do imóvel.	

C3	Anomalia: Fissurações em paredes de alvenaria. Local: Paredes do quarto principal, no pavimento superior.	
C4	Anomalia: Degraus com espelhos variados. Local: Escadaria de ligação entre o pavimento térreo e o pavimento superior.	
C5	Anomalia: Infiltração pelo box do chuveiro. Local: Box do banheiro do pavimento superior e teto do banheiro do pavimento térreo.	

Quadro 4 - Manifestações patológicas na Edificação C

Fonte: Autor (2020).

Definidas as manifestações patológicas encontradas em cada edificação, seus locais de incidência e após ser realizada a nomeação de cada uma, pode-se partir para a etapa de aplicação dos métodos de definição de prioridades.

A escolha dos métodos de priorização, assim como as adaptações necessárias para sua aplicação neste estudo encontra descrita no item a seguir:

3.3. APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PRIORIZAÇÃO

Para a definição das prioridades, selecionaram-se os seguintes métodos abordados na fundamentação teórica:

- Comparação por pares;
- Grelha de análise;
- Método de Hanlon;
- Matriz GUT;
- FMEA.

O Procedimento de Triagem foi excluído desta aplicação devido à suas limitações, uma vez que este método apenas remove da análise os problemas menos importantes, não sendo um método de priorização em si. Entende-se que sua utilização seria útil se em cada edificação fossem constatadas dez ou mais manifestações patológicas, de tal forma que a triagem fosse utilizada para selecionar os problemas onde os métodos de priorização seriam aplicados.

A ferramenta Grau de Risco também não foi utilizada nesta aplicação, pois tal metodologia consiste na divisão das anomalias em três grupos, não sendo possível distinguir a prioridade de cada uma dentro de cada grupo.

O processo de aplicação dos cinco métodos restantes neste estudo é apresentado a seguir. As fichas utilizadas na aplicação de cada método encontram-se nos Apêndices I, II e III deste estudo.

3.3.1. Comparação por pares

A aplicação do método de comparação por pares foi realizada conforme a descrição apresentada no Capítulo 2. Os problemas de cada

edificação foram numerados e listados, e então comparados sistematicamente com todos os outros.

Nesta ferramenta a seleção não depende de critérios, e sim de qual manifestação patológica é considerada mais “grave” de uma maneira geral pelo aplicador. A cada comparação, a manifestação patológica considerada mais crítica recebe um marcador.

Ao final do processo, aquela com a maior quantidade de marcadores recebe prioridade máxima, e assim sucessivamente. O formulário de aplicação desta ferramenta encontra-se nos Apêndices.

3.3.2. Grelha de análise

A utilização desta ferramenta neste estudo é feita de acordo com a adaptação proposta por Alcalá e Castro (2004), que utiliza o primeiro critério como “Importância do problema”, o segundo critério como “Frequência do problema” e o terceiro como “Eficácia da solução”.

Para facilitar a aplicação desta ferramenta, o quarto critério será suprimido, pois se entende que a “Exequibilidade do programa de intervenção” é um parâmetro fortemente ligado à área da saúde, onde em variados casos a intervenção pode não ser suficiente para sanar o problema. Definidos os critérios, pode-se fazer a utilização da grelha de análise conforme explicitado no item 2.3.4.

3.3.3. Método de Hanlon

De maneira similar à aplicação da grelha de análise, a utilização do método de Hanlon será feita com a supressão do critério D da equação (Exequibilidade), pelos mesmos motivos apontados no item anterior.

Esta adaptação já é conhecida na literatura, sendo inclusive utilizada por Hernecker (2009) para simplificação do método.

O critério A (Magnitude) levará em conta o quanto a manifestação patológica incide sobre o total da edificação, variando de 0 a 10.

O critério B (Severidade) considerará a gravidade da manifestação patológica, e o risco que esta expõe a edificação ou os usuários. Esse item também será considerado variando de 0 a 10.

O critério C (Eficácia) receberá classificação 1,5 para problemas de fácil solução, 1,0 para problemas de média solução e 0,5 para problemas de difícil solução.

Cada anomalia receberá uma nota para cada critério, e após aplicação da equação de Hanlon, o índice de criticidade será do maior para o menor valor.

3.3.4. Matriz GUT

A aplicação da Matriz GUT é feita de acordo com a metodologia proposta no Capítulo 2, com a atribuição de notas para a gravidade, urgência e tendência de cada manifestação patológica. O intervalo de variação das notas foi escolhido entre 0 a 5, seguindo a relação utilizada por Periard (2011) e demonstrada previamente na Figura 15.

Em seguida, a nota de cada um destes três critérios é multiplicada para obter a nota final, que definirá as manifestações patológicas consideradas mais críticas nas edificações analisadas.

3.3.5. FMEA

O formulário de aplicação da ferramenta FMEA utilizado neste estudo foi criado a partir de uma adaptação dos formulários-padrão desta metodologia.

Como existem variações diversas utilizadas na indústria (FMEA de sistema, FMEA de processo, FMEA de serviço, entre outros) é possível selecionar aquela que melhor se enquadra ao estudo de patologias. Selecionou-se a variação utilizada por Kalil e Lara (2007).

Na coluna “Modo de Falha” é inserido o problema, tendo em vista que uma manifestação patológica já é um modo de falha propriamente dito. Na coluna “Efeito da Falha” são inseridas as consequências desta manifestação no curto e longo prazo.

A coluna “Causa da Falha” foi suprimida deste estudo, tendo em vista que esta análise não tem interesse de investigar as causas e origens das anomalias, e levando-se em conta que este parâmetro não influencie na nota final.

A Tabela 3 a seguir demonstra um exemplo do modelo utilizado:

Modo de falha	Efeito da falha	S (A falha é severa?)	O (Qual a chance de ocorrer)	D (é fácil detectar?)	RPN RxPxN
Fissuras em alvenaria	Desvalorização desplacamento, incidência de umidade	6	4	4	96

Tabela 3 – Modelo de FMEA utilizado neste estudo.

Fonte: Autor (2020).

A abrangência das notas neste estudo terá intervalo entre 0 a 10, conforme a metodologia utilizada por Ford (2011). O cálculo do RPN é aquele proposto na metodologia original, que consiste na multiplicação das notas de cada um dos três critérios.

As fichas de aplicação destas cinco ferramentas nas edificações selecionadas encontram nos Apêndices I, II e III, separadas por edificação.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a aplicação das ferramentas propostas, é possível analisar individualmente e comparar os resultados obtidos neste estudo.

Os métodos utilizados não forneceram resultados homogêneos, uma vez que cada um utiliza diferentes critérios e sistemas para a atribuição de notas.

Para a Edificação A, o problema com maior prioridade foi a infiltração de água de quadro de luz, seguido pela mancha de umidade em forro de gesso, mancha de umidade em janelas e peitoris, fissurações em alvenarias e por último os defeitos em acabamento. O Quadro 5 demonstra os resultados obtidos para a Edificação A:

Anomalia	Priorização					
	Método de comparação por pares	Grelha de Análise	Método de Hanlon	Matriz GUT	FMEA	<u>Ordenação mais recorrente</u>
A1 - Mancha de umidade em forro de gesso	2	2	5	2	2	<u>2</u>
A2 - Manchas de umidade em janelas e peitoris	3	1	1	3	3	<u>3</u>
A3 - Fissurações em alvenarias.	4	3	2	4	4	<u>4</u>
A4 - Infiltração de água através do quadro de luz e quadro de comunicação.	1	2	3	1	1	<u>1</u>
A5 - Defeitos de acabamento	5	4	4	5	5	<u>5</u>

Quadro 5 – Resultado de priorização para a Edificação A.

Fonte: Autor (2020).

A lista de prioridades varia de acordo com a metodologia utilizada. Assim sendo, a coluna “Total” apresenta a posição mais recebida pela anomalia.

A análise do quadro supra permite observar que a Grelha de Análise e Método de Hanlon divergem dos demais, enquanto a Matriz GUT, a Ferramenta FMEA e o método de Comparação por Pares forneceram resultados iguais.

Para a Edificação B, o problema com maior prioridade foi a corrosão de armadura, seguido por destacamento de revestimento cerâmico, manchas de umidade em garagem, fissurações em muros externos, manchas de umidade em fachadas, e manchas de umidade em base de paredes e pilares. O Quadro 6 demonstra os resultados obtidos para a Edificação B:

Anomalia	Priorização					
	Método de comparação por pares	Grelha de Análise	Método de Hanlon	Matriz GUT	FMEA	<u>Ordenação mais recorrente</u>
B1 - Manchas de umidade em fachadas	4	3	3	5	5	<u>5</u>
B2 - Fissurações em muros externos	5	3	2	4	4	<u>4</u>
B3 - Manchas de umidade na garagem	3	2	6	3	3	<u>3</u>
B4 - Manchas de umidade em base de paredes e pilares	6	3	4	6	6	<u>6</u>
B5 - Destacamento de revestimento cerâmico	2	1	1	2	2	<u>2</u>
B6 – Corrosão de armadura e deslocamento de concreto	1	2	5	1	1	<u>1</u>

Quadro 6 – Resultado de priorização para a Edificação B.

Fonte: Autor (2020).

De maneira similar à Edificação A, a priorização da edificação B apresentou resultados muito similares para a Comparação por Pares, GUT e FMEA, enquanto o Método de Hanlon e Grelha de Análise novamente apresentaram divergências dos outros.

Para a Edificação C todos os métodos convergiram para a prioridade máxima como sendo o deslocamento de revestimento cerâmico. As outras manifestações patológicas divergiram de acordo com o método utilizado. Na coluna total, resultou em segundo lugar os degraus com espelhos variados, seguido pela infiltração pelo box do chuveiro, manchas de umidade e fissurações em fachadas e fissurações em paredes de alvenaria.

O Quadro 7 demonstra os resultados obtidos para a Edificação C:

Anomalia	Priorização					
	Método de comparação por pares	Grelha de Análise	Método de Hanlon	Matriz GUT	FMEA	Ordenação <u>mais</u> <u>recorrente</u>
C1 - Manchas de umidade e fissurações em fachadas	4	3	2	4	4	<u>4</u>
C2 - Deslocamento de revestimento cerâmico nas fachadas	1	1	1	1	1	<u>1</u>
C3 - Fissurações em paredes de alvenaria	5	4	4	5	5	<u>5</u>
C4 - Degráus com espelhos variados	2	2	5	3	2	<u>2</u>
C5 - Infiltração pelo box do chuveiro	3	2	3	2	3	<u>3</u>

Quadro 7 - Resultado de priorização para a Edificação C
Fonte: Autor (2020).

O resumo da ordenação de prioridades para intervenções em edificações obtido neste estudo é apresentado no Quadro 8 a seguir. Na referida relação é possível perceber o índice de prioridade, o tipo de manifestação patológica e o código da manifestação, separados de acordo com cada edificação inspecionada.

Edificação	Priorização para intervenções		
	Prioridade	Manifestação / anomalia	Código
Edificação A	1º	Infiltração de água através do quadro de luz e quadro de comunicação	A4
	2º	Mancha de umidade em forro de gesso	A1
	3º	Manchas de umidade em janelas e peitoris	A2
	4º	Fissurações em alvenarias	A3
	5º	Defeitos de acabamento	A5
Edificação B	1º	Corrosão de armadura e deslocamento de concreto	B6
	2º	Destacamento de revestimento cerâmico	B5
	3º	Manchas de umidade na garagem	B3
	4º	Fissurações em muros externos	B2
	5º	Manchas de umidade em fachadas	B1
	6º	Manchas de umidade em base de paredes e pilares	B4
Edificação C	1º	Deslocamento de revestimento cerâmico nas fachadas	C2
	2º	Degraus com espelhos variados	C4
	3º	Infiltração pelo box do chuveiro	C5
	4º	Manchas de umidade e fissurações em fachadas	C1
	5º	Fissurações em paredes de alvenaria	C3

Quadro 8 – Prioridade de intervenções nas edificações A, B e C

Fonte: Autor (2020).

Após a utilização das ferramentas propostas, pode-se perceber a existência de um padrão nos três casos aplicados: As ferramentas da saúde (Método de Hanlon e Grelha de Análise) em geral apresentaram valores divergentes dos demais métodos, possivelmente devido aos critérios existentes nestas metodologias, como a Amplitude, que se relaciona com o quanto da edificação esta manifestação patológica atinge, ou o critério Eficácia, que apresenta uma nota alta para anomalias de fácil correção.

Estes critérios acabam por mascarar algumas anomalias consideradas graves, porém que incidem em apenas um ponto discreto da edificação. Desta forma, uma fiação com mau contato acaba indo para o final de lista, pois mesmo sendo uma anomalia grave ocorre em apenas um local da residência.

A Grelha de Análise apresentou grande quantidade de empates, uma vez que seus critérios trabalham não com notas, mas com variáveis dicotômicas. Essa característica é vista como negativa já que dificulta a visualização da lista de priorização.

O Método de Hanlon também apresentou resultados variados, especialmente devido à sua componente Amplitude, que também é relacionada ao quanto esta anomalia existe na edificação, remetendo ao problema da Grelha de análise descrito acima.

Outro ponto negativo deste método é a componente Eficácia, que dá uma nota alta para problemas de fácil solução e uma nota baixa para problemas de difícil solução. Esta componente é útil na área da saúde, mas contestável em aplicações de engenharia, pois nem sempre um problema de difícil solução deve ser menosprezado.

Já as metodologias de Comparação por Pares, GUT e FMEA resultaram em listas de priorização iguais ou muito similares. Estes fatores possivelmente estão relacionados com os critérios mais concisos destes elementos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo apresentam-se as considerações finais deste trabalho, bem como as sugestões para novos estudos na área.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o objetivo de comparar os métodos de priorização de diferentes áreas, estabelecido no início deste estudo fora atingido. Após a aplicação dos métodos de priorização abordados neste trabalho, é possível melhor entender a variação das notas e dos parâmetros abordados.

De início percebe-se a importância da realização de vistorias e inspeções em edificações na construção civil. Algumas das anomalias listadas não haviam sido percebidas pelos proprietários, enquanto outras foram percebidas, mas não se conhecia sua gravidade. As edificações escolhidas possuem idades relativamente baixas (2, 3 e 9 anos), mas já apresentam manifestações patológicas consideradas graves.

Uma dificuldade percebida foi a atividade de listar as anomalias encontradas. Em muitos casos, anomalias similares como “manchas de umidade em fachadas” e “fissurações em fachadas” podem ser agrupadas já que possuem causas similares e ocorrem no mesmo local, facilitando a atribuição de notas. A realização desta tarefa é uma consequência direta do entendimento das manifestações patológicas por parte do aplicador.

Na aplicação dos métodos de priorização em si, alguns casos apresentam subjetividade elevada, causando dúvida ao aplicador.

O método de Comparação por Pares é bastante prático, e sua aplicação de uma forma geral não deixa dúvidas, pois o mesmo não usa critérios. De modo

resumido, é uma ferramenta simplista e rápida, onde o aplicador deve escolher qual anomalia é considerada a pior.

A Grelha de Análise apresentou uma grande variação de resultados em relação aos outros, principalmente pela componente Frequência do problema, que faz com que problemas que são pontuais na edificação acabem por receber uma nota baixa, reduzindo sua prioridade, além do método ser propício a empatar algumas das anomalias listadas.

O Método de Hanlon não fornece uma listagem de priorização adequada devido aos critérios Amplitude e Eficácia, que são necessários na área da saúde, conforme explicado no capítulo anterior.

A Matriz GUT apresentou resultados satisfatórios, em geral relacionados à sua facilidade de aplicação na engenharia civil. Em alguns casos a componente Urgência se confunde com a Tendência, causando certo desconforto na aplicação da ferramenta.

A FMEA forneceu resultados similares à matriz GUT. Apesar de ter sido necessária uma pequena adaptação, a atribuição de notas através desta ferramenta foi de fácil aplicação em manifestações patológicas da construção civil.

A Grelha de Análise e o Método de Hanlon apresentaram resultados discrepantes. Essa reposta era de certa forma esperada, já que esses métodos foram desenvolvidos para aplicação em problemas de saúde, com componentes específicas para esta área de conhecimento.

Entende-se que as ferramentas de Comparação por Pares, GUT e FMEA podem ser utilizadas no campo de patologia da construção civil sem a necessidade de grandes adaptações ou modificações. Por outro lado, a Grelha de Análise e o Método de Hanlon não fornecem uma lista concisa, para priorização de manifestações patológicas em edificações.

Conclui-se que nenhuma técnica fornecerá a priorização de problemas de forma correta. Diferentemente do que se pensava na elaboração do problema

de pesquisa deste estudo, não existe uma técnica otimizada. Apesar disso, as técnicas com melhores resultados neste estudo foram a matriz GUT e o FMEA.

É perceptível que a atividade de priorização é uma tarefa complexa, que depende do conhecimento e da interpretação do problema por parte do aplicador dos métodos. Se a definição for realizada por um, dois, ou vários profissionais, os resultados podem divergir.

Esta complexidade já fora apontada por Wilson, Rees e Fordham (2006) em seu estudo para desenvolvimento de um método de priorização em problemas de saúde.

Compreende-se que as metodologias de priorização são apenas ferramentas que auxiliam o aplicar, sendo que a decisão final fica por parte deste profissional, pois nenhuma ferramenta terá a capacidade de julgar das decisões tomadas.

O entendimento de Imperatori e Giraldes (1993) é similar, pois estes autores lembram que não existe um método de priorização universal, e que cada ferramenta depende do contexto em que está sendo aplicada, muitas vezes sendo necessária a realização de adequações e modificações das metodologias.

Por fim, salienta-se a necessidade de formulação de uma metodologia de priorização própria para vistorias, inspeções e perícias, tendo em vista que as utilizadas hoje para manifestações patológicas da construção civil tratam-se de adaptações de outras áreas do conhecimento. A pesquisa feita na fundamentação teórica deste trabalho acabou por provar para este autor a escassez de estudos existentes sobre métodos de priorização na literatura brasileira.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a elaboração deste estudo e na aplicação e comparação das ferramentas de priorização, foram constatadas algumas dificuldades, que podem vir a se tornar tópicos de interesse para pesquisa e trabalhos futuros. Assim, para

implementação e aprimoramento dos resultados desta pesquisa, esse autor sugere:

- Aplicação sistemática da ferramenta FMEA em edificações diversas, para posterior comparação dos seus resultados, visando um melhor entendimento da variação da ordem de prioridades ocasionada por esta metodologia;
- Promover uma adaptação da matriz GUT suprimindo inicialmente apenas o critério Tendência e posteriormente apenas o critério Urgência, comparando os resultados com aqueles da aplicação da matriz GUT completa;
- Promover a criação de uma metodologia própria para manifestações patológicas da construção civil, visando sua utilização em vistorias, inspeções e perícias de edificações, que considere uma componente relacionada ao custo do reparo de cada manifestação patológica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALÁ, F. J. R.; CASTRO, F. L. **Planificación sanitaria:** Desde la priorización de problemas a la elaboración de un programa de salud. SEMERGEN, 2004.

ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras.** Antônio Carmona & Paulo Helene (Trad.). São Paulo: PINI, 1992.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – Sistematização da incidência de casos.** 199p. Dissertação (Mestrado) – Estruturas e Construção Civil e Urbana, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462:** Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ASUA, J.; TABOADA, J. **Experiencias e instrumentos de priorización.** Red de investigación de resultados em salud y servicios sanitarios - IRYSS, 2005.

AUSTIN, D. 2008. **Priority setting:** Strategic planning. NHS - Institute for Innovation and Improvement. London: NHS, 2008.

BAKKER, R. F. M. **Initiation period in corrosion of steel in concrete.** SCHIESSL, P. (Ed.). London:Chapman and Hall, 1988.

BURIN, E. M.; DANIEL, E. FIGUEIREDO, F. F.; MOURÃO, I. C. S.; SANTOS, M. S. **Vistorias na construção civil:** Conceitos e métodos. São Paulo: PINI, 2009.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em alvenarias.** 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018

CARMONA FILHO, A.; CARMONA, T. **Grietas en estructuras de hormigón** - Boletín Técnico 3. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – ALCONPAT Int., Mérida, 2013.

CHIAVENATO, I. **Comportamento organizacional:** A dinâmica do sucesso das organizações. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. P. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos**. Projeto Bula. ABI ROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. São Paulo: ABIROCHAS, 2009.

COSTA E SILVA, S. R.; FONSECA, M.; BRITO, J. Metodologia FMEA e sua aplicação à construção de edifícios. **Qualidade na concepção, execução e utilização de empreendimentos**. QIC, 2006.

DE FÁVERI, R.; SILVA, A. Método gut aplicado à gestão de risco de desastres: Uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. **Revista Ordem Pública**, v. 9, n. 1, p. 93-107, 2016.

DEL MAR, C. P. **Direito na construção civil**: Qualidade, desempenho, normalização, garantias e responsabilidades. São Paulo: Leud, 2015.

DEUTSCH, S. F. **Perícias de engenharia**: A apuração dos fatos. 3 ed. São Paulo: Leud, 2016

DINMOHAMMADI; F.; SHAFIEE, M. A Fuzzy-FMEA risk assessment approach for offshore wind turbines. **International Journal of Prognostics and Health Management**, v. 13, 2013

DYADEM. **Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis for automotive, aerospace and general manufacturing industries**. Richmond Hill: Dyadem Press, 2003.

EUROCONSTRUCT. **78th EuroConstruct Country Report**. European Construction Business Research And Forecasting Group. Milan, 2014.

FAGUNDES NETO, J. C. P.; **Perícias em fachadas em edificações**: Pintura. São Paulo: Leud, 2008.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. **Corrosión de armadura de estructuras de hormigón** - Boletín Técnico 6. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – ALCONPAT Int., Mérida, 2013.

FORD. **Failure Mode and Effect Analysis** – FMEA Handbook Version 4.2. Dearborn: Ford Motor Company, 2011.

GALLETTO, A.; ANDRELLO, J. M. **Patologia em fachadas com revestimentos cerâmicos**. In: IX Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas, João Pessoa, jun. 2013. Anais. João Pessoa, CINPAR, 2013.

GILCHRIST, W. Modelling Failure Modes and Effects Analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 10, n. 5, 1993.

GOMIDE, T. L. F.; FAGUNDES NETO, J. C. P.; GULLO, M. A. **Engenharia diagnóstica em edificações**. São Paulo: PINI, 2009a.

_____. **Inspeção predial total**: Diretrizes e laudos no enfoque da qualidade total e da engenharia diagnóstica. São Paulo: PINI, 2011.

_____. **Normas técnicas para engenharia diagnóstica em edificações**. São Paulo: PINI, 2009b.

GRANATO, J. E. **Apostila: Patologia das construções**. São Paulo, 2002.

HELENE, P. **Manual de reparacion, refuerzo y protección de las estructuras de concreto**. Ciudad de México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1997.

HELENE, P.; PEREIRA, F. (Ed.) **Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón**: Cyted, Red Temática XV.B Rehabilitación de las Estructuras. São Paulo, 2003.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de Falhas**: Aplicação dos Métodos de FMEA – FTA. TQC: Gestão Pela Qualidade Total – Série Ferramentas da Qualidade, vol.11. Belo Horizonte: QFCO, 1995.

IBAPE/SP. **Norma de inspeção predial**. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia. São Paulo, 2011.

_____. **Inspeção predial** – Check up predial: Guia da boa manutenção. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – IBAPE/SP. 2 ed. São Paulo: Leud, 2009.

IBI. **Guia de aplicação da norma de desempenho para impermeabilização**: Especificação, aplicação e contratação com foco no atendimento à ABNT NBR 15.575: 2013. Instituto Brasileiro de Impermeabilização - IBI, 2018.

IMPERATORI, E.; GIRALDES, M. **Metodologia do planejamento da saúde**: Manual para uso em serviços centrais, regionais e locais. Lisboa: Escola Nacional de Saúde Pública, 1993.

KALIL, M. L.; LARA, A. M. F. **Aplicação de ferramentas de confiabilidade na atividade de inspeção predial**. In: XIV COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Salvador, 2007. Anais, COBREAP, 2007.

KEPNER, C. H.; TREGOE, B. B. **The new rational manager**. Princeton: Princeton Research Press, 1981.

MARQUES, J. **Perícias em edificações: Teoria e prática**. São Paulo: Leud, 2015.

MEIRELES, M. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: Organizações com foco no cliente**. São Paulo: Arte & Ciência, 2001

MORENO, M. M. T.; ZANARDO, A.; DEL ROVERI, C.; PRADO, A. C. A. Formação de eflorescência em materiais de construção. **Revista de geologia**. v 23, n. 2, p. 167-170, 2010.

OKAMOTO, P. S. **Os impactos da Norma Brasileira de Desempenho sobre o processo de projeto de edificações residenciais**. 160p. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, Y. P. C. **Análise de manifestações patológicas em residenciais do programa Minha Casa Minha Vida no estado do Pará e aplicação do método FMEA**. 92p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

PEREIRA, R. E. **Metodologia da determinação de prioridades no planejamento regional de saúde: Uma proposta**. 118p. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

PERIARD, G. **Matriz GUT: Guia completo**. Ferramentas de Gestão, 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>>. Acesso em: 17-07-2019.

PINEAULT, R.; DAVELUY, C. **La planificación sanitaria: Conceptos, métodos e estratégias**. 2 ed. Barcelona: Masson S.A., 1989.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FOUENTE, D de L. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. **Internatonal Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v. 19, n. 2, p. 137-151, 2002.

QUEIROZ, J. V.; HÉKIS, H. R.; NASCIMENTO, H. M.; NELSON, R. B.; ALMEIDA, V. D. **Franchising e especialização de serviços como estratégia de crescimento e manutenção**: uma análise através da Matriz SWOT e GUT na DDEx – Direct to Door Express. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 7, n. 1, p. 49-64, 2012.

RED REHABILITAR. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. Cyted, Red Temática XV.B Rehabilitación de las Estructuras. São Paulo, 2003.

SANTOS, P. H. C.; SILVA FILHO, A. F. **Eflorescência**: causas e consequências. Salvador, 2008.

SILVA, S. V.; MONTEIRO, E. C. B. Aplicação das ferramentas da qualidade FMEA e FTA para detecção e controle de patologias em estruturas de concreto armado do Aeroporto Internacional do Recife. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 1, n. 1, 2016

SOUSA, F. A. M. R.; GOULART, M. J. G.; BRAGA, A. M. S.; MEDEIROS, C. M. O.; REGO, D. C. M.; VIEIRA, F. G.; PEREIRA, H. J. A. R.; TAVARES, H. M. C. V.; LOURA, M. M. P. Estabelecimento de prioridades em saúde numa comunidade: análise de um percurso. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, n. 11, 2017.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis**: FMEA from theory to execution. 2 ed. ASQC – American Society for Quality. Milwaukee: Quality Press, 2003.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios**: Causas, prevenção e recuperação. São Paulo: PINI, 1989.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspección, diagnóstico y pronóstico em la construcción civil** - Boletín Técnico 1. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – ALCONPAT Int., Mérida, 2013.

WILSON, E. C. F.; REES, J.; FORDHAM, R. J. Developing a prioritisation framework in an English Primary Care Trust. **Cost Effectiveness and Resource Allocation**, v. 4, n. 3, 2006.

APÊNDICE I – FICHA DE APLICAÇÃO PARA O EDIFÍCIO A

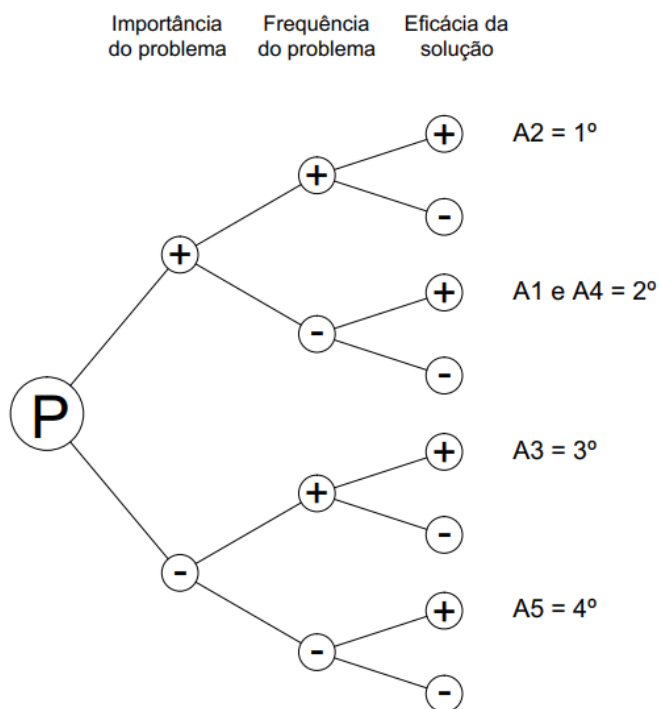
Listagem das anomalias na edificação A:

Código	Descrição breve
A1	Mancha de umidade em forro de gesso
A2	Manchas de umidade em janelas e peitoris
A3	Fissurações em alvenarias.
A4	Infiltração de água através do quadro de luz e quadro de comunicação.
A5	Defeitos de acabamento

- Comparação por pares:

Problema	Comparação	Prioridade
A1	A1 A2 A1 A3 A1 A4 A1 A5	A1 = 2º
A2	A2 A3 A2 A4 A2 A5	A2 = 3º
A3	A3 A4 A3 A5	A3 = 4º
A4	A4 A5	A4 = 1º
A5		A5 = 5º

- Grelha de análise



- Método de Hanlon

Anomalia	Amplitude (A)	Severidade (B)	Eficácia (C)	(A+B)x C
A1	2	8	1,0	10
A2	8	6	1,5	21
A3	6	4	1,5	15
A4	4	10	1,0	14
A5	6	2	1,5	12

Resultado:

Priorização	
1º	A2
2º	A3
3º	A4
4º	A5
5º	A1

- Matriz GUT

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	extremamente grave	precisa de ação imediata	irá piorar rapidamente
4	muito grave	é urgente	irá piorar em pouco tempo
3	grave	o mais rápido possível	irá piorar
2	pouco grave	pouco urgente	irá piorar a longo prazo
1	sem gravidade	pode esperar	não irá mudar

Anomalia	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GxUxT
A1	4	3	4	48
A2	3	3	3	27
A3	2	2	2	8
A4	5	5	3	75
A5	2	2	1	4

Resultado:

Priorização	
1º	A4
2º	A1
3º	A2
4º	A3
5º	A5

- FMEA

Modo de falha	Efeito de falha	Severidade (S) (o quão grave é esta anomalia)	Ocorrência (O) (qual a chance de ocorrer?)	Detecção (D) (será fácil detectar antes de ocorrer?)	RPN
Mancha de umidade em forro de gesso (A1)	Gotejamento, deslocamento de gesso, corrosão armadura da laje	8	8	6	384
Manchas de umidade em janelas e peitoris (A2)	Limo, apodrecimento do reboco,	6	10	6	360
Fissurações em alvenarias (A3)	Desvalorização do imóvel, insegurança visual, Incidência de umidade nas fissuras	4	8	4	128
Infiltração de água através do quadro de luz e quadro de comunicação (A4)	Choque elétrico, curto circuito com princípio de incêndio	10	8	8	640
Defeitos de acabamento (A5)	Desvalorização do imóvel	2	6	4	48

Priorização	
1º	A4
2º	A1
3º	A2
4º	A3
5º	A5

- Tabela resumo da priorização na edificação A

Anomalia	Priorização					
	Método de comparação por pares	Grelha de Análise	Método de Hanlon	Matriz GUT	FMEA	<u>Ordenação mais recorrente</u>
A1 - Mancha de umidade forro de gesso	2	2	5	2	2	<u>2</u>
A2 - Mancha de umidade em janelas e peitoris	3	1	1	3	3	<u>3</u>
A3 - Fissurações em alvenarias.	4	3	2	4	4	<u>4</u>
A4 - Infiltração de água através do quadro de luz e quadro de comunicação.	1	2	3	1	1	<u>1</u>
A5 - Defeitos de acabamento	5	4	4	5	5	<u>5</u>

APÊNDICE II – FICHA DE APLICAÇÃO PARA O EDIFÍCIO B

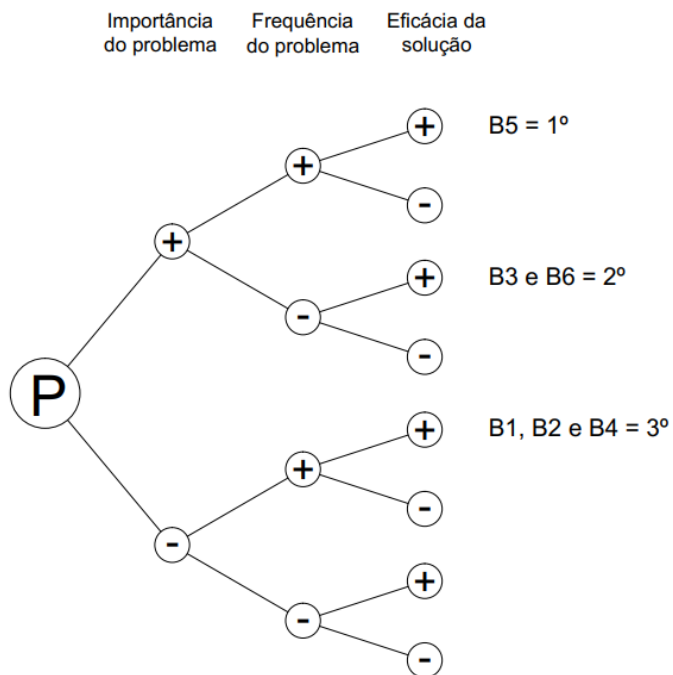
Listagem das anomalias na edificação B:

Código	Descrição breve
B1	Manchas de umidade em fachadas
B2	Fissurações em muros externos
B3	Manchas de umidade na garagem
B4	Manchas de umidade em base de paredes e pilares
B5	Destacamento de revestimento cerâmico
B6	Corrosão da armadura e deslocamento de concreto

- Comparação por pares

Problema	Comparação	Prioridade
B1	B1 B1 B1 B1 B1 B2 B3 B4 B5 B6	B1 = 4º
B2	B2 B2 B2 B2 B3 B4 B5 B6	B2 = 5º
B3	B3 B3 B3 B4 B5 B6	B3 = 3º
B4	B4 B4 B5 B6	B4 = 6º
B5	B5 B6	B5 = 2º
B6		B6 = 1º

- Grelha de análise



- Método de Hanlon

Anomalia	Amplitude (A)	Severidade (B)	Eficácia (C)	(A+B)x C
B1	8	4	1,5	13,5
B2	6	4	1,5	15
B3	2	6	1,0	8
B4	6	2	1,5	12
B5	4	8	1,5	18
B6	2	8	1,0	10

Resultado:

Priorização	
1º	B5
2º	B2
3º	B1
4º	B4
5º	B3
6º	B6

- Matriz GUT

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	extremamente grave	precisa de ação imediata	irá piorar rapidamente
4	muito grave	é urgente	irá piorar em pouco tempo
3	grave	o mais rápido possível	irá piorar
2	pouco grave	pouco urgente	irá piorar a longo prazo
1	sem gravidade	pode esperar	não irá mudar

Anomalia	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GxUxT
B1	2	2	2	8
B2	2	2	3	12
B3	3	3	4	36
B4	2	1	2	4
B5	4	5	2	40
B6	4	5	3	60

Resultado:

Priorização	
1º	B6
2º	B5
3º	B3
4º	B2
5º	B1
6º	B4

- FMEA

Modo de falha	Efeito de falha	Severidade (S) (o quão grave é esta anomalia)	Ocorrência (O) (qual a chance de ocorrer?)	Detecção (D) (será fácil detectar antes de ocorrer?)	RPN
Manchas de umidade em fachadas (B1)	Descolamento da pintura, desvalorização do imóvel	4	8	2	64
Fissurações em muros externos (B2)	Desvalorização do imóvel, incidência de umidade nas fissuras	4	6	4	96
Manchas de umidade na garagem (B3)	Descolamento da pintura, apodrecimento do reboco, alagamentos	6	6	6	216
Manchas de umidade em base de paredes e pilares (B4)	Descolamento da pintura, desvalorização do imóvel e corrosão da armadura dos pilares	2	8	2	32
Destacamento de revestimento cerâmico (B5)	Quedas e acidentes com os moradores	8	8	4	256
Corrosão da armadura e deslocamento de concreto (B6)	Aumento da flecha da laje, infiltrações e desabamento da laje	8	8	6	384

Priorização	
1º	B6
2º	B5
3º	B3
4º	B2
5º	B1
6º	B4

- Tabela resumo da priorização na edificação B

Anomalia	Priorização					
	Método de comparação por pares	Grelha de Análise	Método de Hanlon	Matriz GUT	FMEA	<u>Ordenação mais recorrente</u>
B1 - Manchas de umidade em fachadas	4	3	3	5	5	<u>5</u>
B2 - Fissurações em muros externos	5	3	2	4	4	<u>4</u>
B3 - Manchas de umidade na garagem	3	2	6	3	3	<u>3</u>
B4 - Manchas de umidade em base de paredes e pilares	6	3	4	6	6	<u>6</u>
B5 - Destacamento de revestimento cerâmico	2	1	1	2	2	<u>2</u>
B6 – Corrosão da armadura e deslocamento de concreto	1	2	5	1	1	<u>1</u>

APÊNDICE III – FICHA DE APLICAÇÃO PARA O EDIFÍCIO C

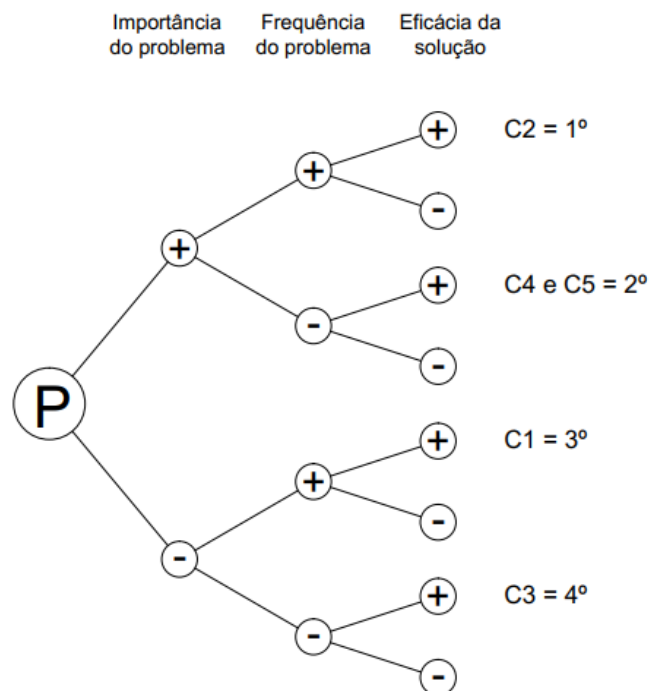
Listagem das anomalias na edificação C:

Código	Descrição breve
C1	Manchas de umidade e fissurações em fachadas
C2	Desplacamento de revestimento cerâmico nas fachadas
C3	Fissurações em paredes de alvenaria
C4	Degraus com espelhos variados
C5	Infiltração pelo box do chuveiro

- Comparação por pares

Problema	Comparação	Prioridade
C1	C1 C1 C1 C1 C2 C3 C4 C5	C1 = 4º
C2	C2 C2 C2 C3 C4 C5	C2 = 1º
C3	C3 C3 C4 C5	C3 = 5º
C4	C4 C5	C4 = 2º
C5		C5 = 3º

- Grelha de análise



- Método de Hanlon

Anomalia	Amplitude (A)	Severidade (B)	Eficácia (C)	(A+B)x C
C1	8	6	1,5	21
C2	6	10	1,5	24
C3	2	2	1,5	6
C4	2	8	0,5	5
C5	2	8	1,0	10

Resultado:

Priorização	
1º	C2
2º	C1
3º	C5
4º	C3
5º	C4

- Matriz GUT

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	extremamente grave	precisa de ação imediata	irá piorar rapidamente
4	muito grave	é urgente	irá piorar em pouco tempo
3	grave	o mais rápido possível	irá piorar
2	pouco grave	pouco urgente	irá piorar a longo prazo
1	sem gravidade	pode esperar	não irá mudar

Anomalia	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GxUxT
C1	2	2	2	8
C2	5	5	3	75
C3	2	1	2	4
C4	4	3	1	12
C5	4	3	4	48

Resultado:

Priorização	
1º	C2
2º	C5
3º	C4
4º	C1
5º	C3

- FMEA

Modo de falha	Efeito de falha	Severidade (S) (o quão grave é esta anomalia)	Ocorrência (O) (qual a chance de ocorrer?)	Deteção (D) (será fácil detectar antes de ocorrer?)	RPN
Manchas de umidade e fissurações em fachadas (C1)	Descolamento da pintura, desvalorização do imóvel	4	8	4	128
Desplacamento de revestimento cerâmico em fachadas (C2)	Acidentes com moradores, desvalorização imóvel,	10	8	8	640
Fissurações em paredes de alvenaria (C3)	Desvalorização do imóvel, insegurança visual, Incidência de umidade nas fissuras	2	6	4	48
Degraus com espelhos variados (C4)	Quedas e acidentes com os moradores	8	8	8	512
Infiltração pelo box do chuveiro (C5)	Desvalorização do imóvel, destacamento reboco, gotejamento de água	8	8	4	256

Priorização	
1º	C2
2º	C4
3º	C5
4º	C1
5º	C3

- Tabela resumo da priorização na edificação C

Anomalia	Priorização					
	Método de comparação por pares	Grelha de Análise	Método de Hanlon	Matriz GUT	FMEA	<u>Ordenação mais recorrente</u>
C1 - Manchas de umidade e fissurações em fachadas)	4	3	2	4	4	<u>4</u>
C2 - Desplacamento de revestimento cerâmico em fachadas	1	1	1	1	1	<u>1</u>
C3 - Fissurações em paredes de alvenaria	5	4	4	5	5	<u>5</u>
C4 - Degraus com espelhos variados	2	2	5	3	2	<u>2</u>
C5 - Infiltração pelo box do chuveiro	3	2	3	2	3	<u>3</u>