



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



PARÂMETROS PARA PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO

Ouro Preto, outubro de 2019.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



**PARÂMETROS PARA PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS EM
EDIFICAÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**

AUTORA: GIANE ALFENAS ANTUNES HOFMANN

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, para obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia Civil, área de concentração: Estruturas e Construção
Orientador: Prof. Dr. Henor Artur de Souza

Ouro Preto, outubro de 2019.

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

H713p Hofmann, Giane Alfenas Antunes .
Parâmetros para prevenção de patologias em edificações estruturadas em aço.
[manuscrito] / Giane Alfenas Antunes Hofmann. - 2019.
197 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur Souza.
Tese (Doutorado). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de
Engenharia Civil. Programa de Engenharia Civil.
Área de Concentração: Estruturas e Construção.

1. Estrutura em aço. 2. Patologia. 3. Gestão da Qualidade Total. 4. Matriz GUT
(Gravidade, Urgência, Tendência). 5. Patologia - Prevenção. I. Souza, Henor Artur.
II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624.01

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB:1716

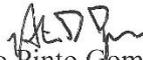
PARÂMETROS PARA PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO

AUTORA: GIANE ALFENAS ANTUNES HOFMANN

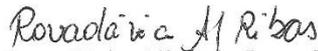
Esta tese foi apresentada em sessão pública e aprovada em 25 de outubro de 2019, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Henor Artur de Souza, D. Sc. – UFOP (Presidente)



Prof. Adriano Pinto Gomes, D. Sc. – IFMG



Profa. Rovadavia Aline de Jesus Ribas, D. Sc. – UFOP



Profa. Gertrudes Aparecida Dandolini, D. Sc. – UFSC



Prof. Otávio Luiz do Nascimento, D. Sc. – IBMEC

Agradeço a Deus, pois nessa vida, a cada passo que meus
pés se dobram, sinto sua presença e o seu presente.

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos e adoráveis alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. A lembrança das nossas aulas tão divertidas e tão produtivas foi o que deu sentido à minha vida para seguir em frente. Vocês me deram a oportunidade de aprender que ser professora é muito mais do que ensinar em frente ao quadro.

Ao meu marido, companheiro de uma vida inteira, tudo que passamos só nos uniu mais. Agradeço, especialmente, pelo último ano. Com sua total dedicação, pude me preocupar apenas com a minha pesquisa.

Ao meu pai, Eng. Francisco Antunes de Oliveira, por me transmitir o gosto pela construção e por me apresentar o universo do canteiro de obra sem falsa piedade, que apenas esconde o preconceito. São pessoas que adoram o que fazem!

A quem eu nunca terei palavras suficientes, que com tanta generosidade me ajudou.

Ao meu orientador, Henor Artur de Souza, pela dedicação e compreensão.

Aos professores do PROPEC, em especial à prof^a. Arlene Sarmanho e ao prof. Guilherme Brigolini.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa a mim concedida.

À Universidade Federal de Ouro Preto e aos seus funcionários, sempre tão gentis e prestativos.

RESUMO

A construção estruturada em aço mostra-se uma opção interessante à já consagrada estrutura em concreto no cenário brasileiro, especialmente em um momento em que a construção civil no Brasil busca por mais competitividade e tecnologia como forma de enfrentar a crise econômica em um mercado em grande e constante mudança. Entretanto, por motivos históricos e culturais, o aço é ainda pouco utilizado como elemento estrutural na construção no Brasil. Para fomentar o uso de tal material faz-se necessário um maior domínio acerca de suas características, vantagens e, principalmente, de suas possíveis patologias. E a prevenção das patologias pode evitar degradação, gastos e até o colapso da estrutura. Nesse trabalho definem-se parâmetros essenciais na prevenção de patologias relacionadas à interface aço/fechamento em edificações estruturadas em aço. A identificação das patologias é feita em cinco edificações de médio e grande porte estruturadas em aço. De posse das informações acerca das patologias, são levantados os elementos causadores e a análise de risco das patologias, por meio das ferramentas da Gestão da Qualidade Total, utilizando-se, especialmente, o Diagrama de Ishikawa e a Matriz GUT. Os resultados obtidos mostram em qual etapa do processo de construção devem ser aplicados parâmetros na prevenção das patologias encontradas: corrosão na estrutura, trincas nos fechamentos, infiltrações na interface fechamento/estrutura, vazamento nas lajes entre andares e transmissão de som pelas lajes e instalações elétricas.

Palavras-chave: Estrutura em aço, patologias, Gestão da Qualidade Total, Matriz GUT (Gravidade, Urgência, Tendência), prevenção de patologias.

ABSTRACT

Structured steel construction is an interesting option for the already established concrete structure in the Brazilian scenario, especially at a time when civil construction in Brazil is looking for more competitiveness and technology as a way to face the economic crisis in a market in great and constant change. However, for historical and cultural reasons, steel is still little used as a structural element in construction in Brazil. In order to promote the use of such material, it is necessary to have greater control over its characteristics, advantages and, especially, its possible pathologies. And the prevention of pathologies can avoid degradation, costs and even the collapse of the structure. In this work, essential parameters are defined in the prevention of pathologies related to steel the steel/closure in structured steel buildings interface. The identification of pathologies is done in five medium and large structured steel buildings. In possession of the information about the pathologies, the causative elements and the risk analysis of pathologies are surveyed through the tools of Total Quality Management, using, especially, the Ishikawa Diagram and the GUT Matrix. The results obtained show in which stage of the construction process should be applied parameters to prevent the pathologies found: corrosion in the structure, cracks in the closures, infiltrations in the interface closure / structure, leakage in the slabs between floors and transmission of sound by slabs and electrical installations.

Keywords: Steel structure, pathologies, Total Quality Management, GUT matrix (Gravity, Urgence, Tendence), pathology prevention.

LISTA DE SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ACM - Aluminum composite material
- ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento
- APICER - Associação Portuguesa das Indústrias de Cerâmica e Cristalaria
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- CCA - Concreto celular autoclavado
- CSN - Companhia Siderúrgica Nacional
- COSIPA – Companhia Siderúrgica Paulista
- EPDM - Borracha etileno-propileno-dieno
- EPS - Painéis de concreto armado com alma de poliestireno expandido
- GQT - Gestão da Qualidade Total
- GUT - Gravidade, Urgência e Tendência
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- ISO - International Organization for Standardization
- LSF - Light Steel Framing
- MPa – Mega pascal
- NBR - Normas Brasileiras
- OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- PDCA - plan-do-check-act
- PFC - Painéis Pré-Fabricados de Concreto
- PIB – Produto Interno Bruto
- PIB - Produto Interno Bruto
- PNADC - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua
- PROPEC - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

QC - Controle de Qualidade

RF - Resistente ao fogo

RU - Resistente à umidade

SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil

SPDA - Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas

ST - Standard

STP - Sistema Toyota de Produção

TMC -Toyota Motors Company

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Nível de instrução de trabalhadores.....	21
Figura 2.2 - Índice de Confiança da Construção.....	24
Figura 2.3 - As sete ferramentas de controle de qualidade.....	39
Figura 2.4 - Exemplo de Histograma.....	40
Figura 2.5 - Exemplo de Gráfico de Pareto.....	41
Figura 2.6 - Exemplo de Diagrama de Ishikawa.....	43
Figura 2.7 - Exemplo de Diagrama de Dispersão.....	44
Figura 2.8 - Exemplo de Fluxograma.....	45
Figura 2.9 - Exemplo de Gráfico de Controle de Qualidade.....	46
Figura 3.1 - Perfil laminado.....	52
Figura 3.2 - Série simétrica.....	52
Figura 3.3 - Série monossimétrica.....	52
Figura 3.4 - Perfis formados a frio.....	56
Figura 3.5 - Seções de perfis compostos utilizados como viga.....	56
Figura 3.6 - Perfis compostos usados como pilares.....	57
Figura 3.7 - Elementos componentes de uma estrutura em aço.....	60
Figura 3.8 - Elementos de viga treliçada.....	62
Figura 3.9 - Viga treliçada.....	62
Figura 3.10 - Painel EPS.....	64
Figura 3.11 - Concreto celular autoclavado.....	65
Figura 3.12 - Parede com estrutura simples/chapa dupla.....	68
Figura 3.13 - Parede com estrutura simples/chapa dupla.....	68
Figura 3.14 - Áreas molháveis com e sem rodapé metálico.....	69
Figura 3.15 - Laje maciça moldada in loco.....	70
Figura 3.16 - Laje Alveolar protendida.....	71
Figura: 3.17 - Laje com forma em aço, incorporada.....	72
Figura 3.18 - Laje pré moldada de concreto.....	73
Figura 3.19 - Laje painel treliçada.....	74
Figura 3.20 - Manta Acústica.....	77
Figura 3.21 - Contraventamento.....	78
Figura 3.22 - Pórtico.....	79
Figura: 3.23 - Contraventamento do tipo parede.....	80
Figura 3.24 - Contraventamento do tipo núcleo.....	81
Figura 3.25 - Empenamento da seção do núcleo.....	82
Figura 3.26 - Contraventamento do tipo reticulada contraventada.....	83
Figura 4.1 - Corrosão visível na parede.....	91
Figura 4.2 - Fissuras.....	95
Figura 4.3 - Alvenaria vinculada.....	97
Figura 4.4 - Alvenaria desvinculada.....	97

Figura 4.5 - Dispositivos de ligação alvenaria e estrutura de aço.....	98
Figura 4.6 - Tela como elemento de ligação.....	100
Figura 4.7 - Cantoneiras metálicas (planta) fixadas com pinos de aço zincado ou por meio de soldagem.....	101
Figura 4.8 - Telas de arame zincado assentadas a cada três fiadas.....	102
Figura 4.9 - Esquema de sistema rígido de fixação.....	103
Figura 4.10 - Esquema de sistema semi-rígido de fixação.....	103
Figura 4.11 - Esquema de sistema deformável de fixação.....	104
Figura 4.12 - Juntas de assentamento.....	105
Figura 4.13 - Junta de movimentação.....	106
Figura 4.14 - Junta de dessolidarização.....	106
Figura 4.15 - Junta Estrutural.....	107
Figura 4.16 - Juntas de dilatação em parede com chapa única.....	108
Figura 4.17 - Juntas de dilatação em parede com chapa dupla.....	109
Figura 5.1 - Edifício 1.....	116
Figura 5.2 - Edifício 2.....	116
Figura 5.3 - Edifício 3.....	117
Figura 5.4 - Edifício 4.....	117
Figura 5.5 - Edifício 5.....	118
Figura 5.6 – Fluxograma da análise realizada.....	121
Figura 6.1 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Infiltração".....	127
Figura 6.2 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Trincas".....	128
Figura 6.3 - Diagrama de Ishikawa para análise de possíveis causas da patologia "Transmissão de som pelas paredes".....	129
Figura 6.4 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Transmissão de som pelas lajes ou pelas instalações elétricas".....	130
Figura 6.5 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Vazamento nas lajes entre os andares".....	131
Figura 6.6 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Descolamento do piso".....	132
Figura 6.7 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Desnível da laje do piso".....	133
Figura 6.8 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Descolamentos dos revestimentos áreas molháveis".....	134
Figura 6.9 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Corrosão de elementos estruturais aparentes".....	135
Figura 6.10 - Diagrama de Ishikawa para análise de causas da patologia "Empenamento e/ou movimentação das paredes internas".....	136
Figura 6.11 - Número de causas relacionadas à patologia "Infiltração".....	138

Figura 6.12 - Número de causas relacionadas à patologia “Trincas”	138
Figura 6.13 - Número de causas relacionadas à patologia “Transmissão de som pelas paredes”	139
Figura 6.14 - Número de causas relacionadas à patologia “Transmissão de som pelas lajes ou instalações verticais”	139
Figura 6.15 - Número de causas relacionadas à patologia “Vazamento entre lajes”	140
Figura 6.16 - Número de causas relacionadas à patologia “Descolamento de pisos”	140
Figura 6.17 - Número de causas relacionadas à patologia “Desnível entre lajes”	141
Figura 6.18 - Número de causas relacionadas à patologia “Descolamento de cerâmica em áreas molháveis”	141
Figura 6.19 - Número de causas relacionadas à patologia “Corrosão”	142
Figura 6.20 - Número de causas relacionadas à patologia “Empenamento e/ou movimentação das paredes internas”	143
Figura 6.21 - Número total de cada uma das causas 6M em relação às patologias estudadas	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Taxa de variação interanual.....	23
Tabela 2.2 - Evolução do PIB (2014 - 2017) e seus componentes.....	23
Tabela 4.1 - Desempenho dos dispositivos de ligação.....	98
Tabela 4.2 - Resistência ao cisalhamento da junta horizontal reforçada com dispositivo metálico.....	99
Tabela 4.3 - Distância entre apoios para definição de alvenaria.....	99
Tabela 4.4 - Dimensões da tela de ligação.....	101