

CLASSIFICAÇÃO DE DESEMPENHO DE EDIFICAÇÃO HABITACIONAL

MÉTODO GUT - ESTRUTURAS METÁLICAS

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de indicadores para a classificação de desempenho do sistema “Estruturas Metálicas” de edificações. O estabelecimento desses indicadores de desempenho teve por base a teoria de decisão desenvolvida por Charles Kepner e Benjamin Tregoe que utiliza a matriz de priorização GUT (Gravidade, Urgência e Tendência). Inicialmente são apresentadas a conceituação, as áreas de aplicação e a composição da matriz do modelo e as considerações sobre os requisitos das normas brasileiras pertinentes. A seguir são relacionados e descritos os subsistemas das estruturas metálicas e identificadas as patologias de ocorrência mais frequente nessas estruturas, associadas às suas causas e origens prováveis. Isto posto, são estabelecidos os critérios gerais de classificação segundo os aspectos de gravidade (G), urgência (U) e tendência (T) que conceituam a proposta de valores desses três parâmetros aplicados às anomalias e falhas mais frequentes. O sistema estabelecido é, então, aplicado em um caso real. O resultado demonstrou a aderência do método com a percepção da realidade do caso estudado. Este método GUT pondera a influência das anomalias e falhas no estado global da estrutura e possibilita a classificação de desempenho das estruturas metálicas.

Palavras-chave: *Classificação, Estruturas metálicas, Indicadores desempenho, GUT, Inspeção.*

INTRODUÇÃO

A norma de inspeção predial do IBAPE/SP (2011) item 14 - Ordem de Prioridades - estabelece:

ORDEM DE PRIORIDADES

Quanto à ordem de prioridades, recomenda-se que seja disposta em ordem decrescente quanto ao grau de risco e intensidade das anomalias e falhas. Esta ordem pode ser apurada por metodologias técnicas como GUT (ferramenta de “gerenciamento de risco” através da metodologia de Gravidade, Urgência e Tendência), FEMEA: (Failure Mode and Effect Analysis: ferramenta de “gerenciamento de risco” através da metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha); ou ainda, pela listagem de criticidade decorrente da Inspeção Predial. (IBAPE,2011)

Existem várias ferramentas para gerenciamento de risco, como a própria norma IBAPE/SP (2011) cita, mas essas ferramentas são oriundas da área do conhecimento econômico e precisam ser adaptadas para o uso na engenharia civil.

Essa metodologia tem aplicação quando se faz necessário priorizar ações dentro de um leque de alternativas, e este é o caso de aplicação para a manutenção das obras civis. A partir da inspeção de uma estrutura são levantadas as anomalias, falhas e defeitos, mas é necessário priorizar as ações corretivas. Não havendo um indicador quantitativo que indique uma priorização adequada das ações, as mesmas tendem a ser orientadas pela “urgência”, e isso pode conduzir à grave falha de planejamento da manutenção, com o conseqüente aumento de seus custos.

A ausência de critérios preestabelecidos para um indicador quantitativo que traduza a avaliação qualitativa do desempenho de um sistema da edificação, impossibilita uma classificação comparativa, uniforme e imparcial.

Este estudo vem ao encontro dos objetivos da NBR15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013) e reforça a importância da difusão das melhores práticas de engenharia e de seu papel na defesa da qualidade da habitação no Brasil.

A metodologia usada foi a de pesquisa bibliográfica seguida de particularização ao sistema das estruturas metálicas e verificação da aderência dessa particularização pela aplicação da teoria a um estudo de caso real.

A primeira etapa se iniciou com a pesquisa bibliográfica sobre a teoria de decisão GUT - Gravidade, Urgência e Tendência desenvolvida por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe para definir prioridades de forma racional. (KEPNER e TREGOE, 1981. pg.58).

Nesta fase foram identificadas as especificidades da teoria GUT e analisados os pontos de adequação necessários à sua aplicação na área da engenharia civil, edificações.

Foram levantados os aspectos relativos às normas de desempenho e de manutenção que afetam uma edificação, com vistas à classificação e priorização das ações para garantia da vida útil.

A segunda etapa do projeto consistiu na descrição dos principais subsistemas constituintes das estruturas metálicas e no estabelecimento das patologias mais frequentes encontradas nessas estruturas associadas às causas e localizações mais prováveis.

A partir desse estágio, com base na análise das especificidades da teoria de decisão GUT e dos pontos de adequação necessários à aplicação dessa teoria na área das estruturas metálicas, foram estabelecidos critérios gerais de classificação segundo os aspectos de gravidade (G), urgência (U) e tendência (T).

O estabelecimento das premissas e critérios gerais orientou-se por analogia a estudos anteriormente desenvolvidos na área das estruturas em concreto (OLIVAN,KNAPP,BORELLI, 1994).

A matriz GUT proposta para o sistema das Estruturas Metálicas resultou da atribuição de notas aos aspectos (G), (U) e (T) aplicadas às características próprias de cada uma das anomalias ou falhas mais frequentes.

A seguir foi aplicado o conceito estabelecido a um caso real para verificar a aderência do valor de GUT, resultante da aplicação do método e dos valores atribuídos a cada um dos aspectos (G), (U) e (T), à percepção da realidade do caso estudado.

EXPOSIÇÃO

1 MÉTODO GUT: CONCEITOS, APLICAÇÕES E COMPOSIÇÃO DA MATRIZ DO MODELO

A teoria de decisão econômica desenvolvida por Charles Kepner e Benjamin Tregoe em 1981 utiliza a matriz de priorização GUT (Gravidade/Urgência/Tendência).

É uma ferramenta de qualidade usada para definir prioridades de forma racional (KEPNER, TREGOE, 1981, pg.58).

Trata-se de instrumento complementar a outras ferramentas da Gestão da Qualidade e está ligada ao ciclo PDCA sigla em inglês para as fases de Planejar, Executar, Controlar e Agir conforme mostrado na Figura 1.

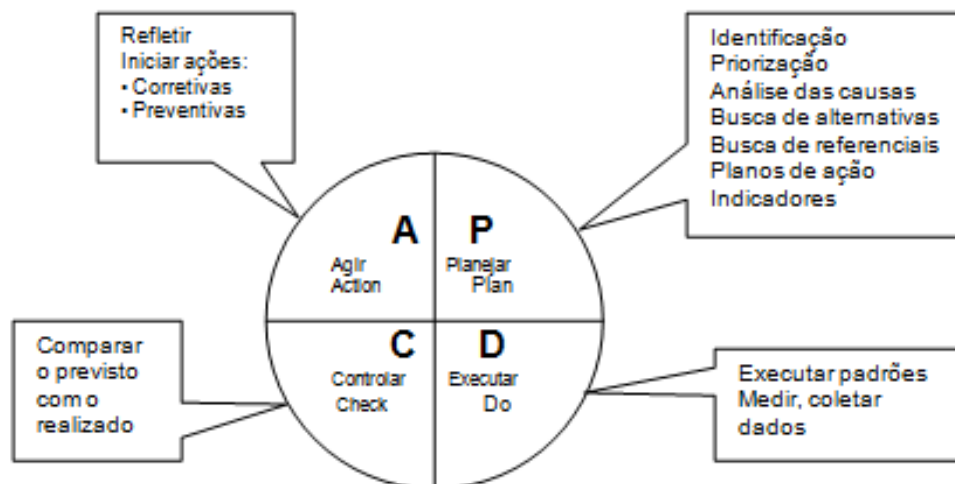


Figura 1: Ciclo PDCA fases de planejamento, execução, controle e atuação
Fonte: SOTILLE, 2014

O estabelecimento de critérios padronizados de avaliação segundo parâmetros pré-estabelecidos permite uniformizar as análises de risco de forma analítica.

Neste método é adotado o conceito de classificar as ocorrências por três aspectos, quais sejam:

G = gravidade: avaliar a intensidade ou profundidade que o dano pode causar se não se atuar sobre o mesmo;

U = urgência: avaliar o tempo necessário ou disponível para corrigir os problemas levantados;

T = tendência: avaliar o comportamento evolutivo (irá melhorar ou piorar) na ausência da ação.

Das iniciais destas três palavras é que advém a denominação GUT.

As etapas para aplicação desse método são:

- listar os pontos de análise, as anomalias ou falhas;
- pontuar cada tópico;
- classificar os problemas;
- tomar decisões.

O cálculo do GUT pode ser feito segundo duas maneiras, dependendo da área de aplicação. Pode ser o resultado de soma ou de multiplicação de cada um dos parâmetros (G), (U) e (T). A esses parâmetros podem ser atribuídos pesos que variam de três a cinco faixas, também em função da área de aplicação.

Segundo Sotille (2014), “o cálculo de GUT (= G+ U + T) pode indicar a maior ou a menor prioridade de uma determinada demanda, em relação a todas as solicitações encaminhadas.” Foi definida escala de 1 (um) a 5 (cinco) para os parâmetros (G),(U) e (T).

Segundo Costa e Zancan (2012), “para possibilitar a definição de prioridades a serem realizados os reparos dos danos existentes e eminentes, elaborou-se a matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) atribuindo-se pesos a cada anomalia existente e fazendo a multiplicação entre eles obtendo-se, assim, o total de pontos.” Foram adotados para a priorização cinco graus (total, alta, média, baixa e nenhuma) com pesos variando de 1(um) a 10 (dez) (1,3,6,8 e 10, respectivamente).

Assim, a definição da operação do GUT, soma ou multiplicação, e a atribuição dos graus ou escalas, deve ser feita em função da aplicação e após a verificação da aderência ao estudo de caso. Na literatura foram encontradas as duas formas de operação e vários níveis para graus ou escalas.

A teoria de decisão GUT é geral e aplicável a vários campos do conhecimento e de várias maneiras com o objetivo único de priorizar ações.

2 NORMAS: CONCEITOS E APLICAÇÕES

Para a identificação das anomalias ou falhas, o processo se inicia na vistoria ou na inspeção.

Entende-se vistoria, segundo a NBR 13752 (ABNT, 1996), como “Constatação de um fato, mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem”.

A norma IBAPE/SP (2011) define que inspeção predial “É a avaliação isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação”. A inspeção predial é caracterizada, também, como fonte de informação para o sistema de gestão da manutenção e de reforma segundo a NBR 5674 (ABNT, 2012). Importante destacar que Inspeção Predial não é Perícia. A atividade da Perícia é relacionada à apuração de nexos causais e asserção de direitos e responsabilidades. Pode ser utilizada para fins judiciais ou extrajudiciais. A Inspeção Predial é trabalho administrativo e serve de base para a gestão da manutenção.

Na inspeção predial é necessário fazer análise de risco que consiste na classificação das anomalias e falhas identificadas, quanto ao seu grau de urgência, relacionado com fatores de conservação, depreciação, saúde, segurança, funcionalidade, comprometimento de vida útil e perda de desempenho, segundo norma do IBAPE de Inspeção Predial (IBAPE/SP, 2011).

O método de análise de risco GUT propõe considerar, além do grau de urgência, os fatores gravidade e tendência, o que complementa a análise. Esta mesma norma, no item 14 – Ordem de Prioridades, cita como válido o método GUT, objeto deste trabalho.

A análise de risco leva em conta a durabilidade que está vinculada ao desempenho da estrutura. A avaliação do desempenho pode ser ilustrada conforme apresentado na Figura 2.

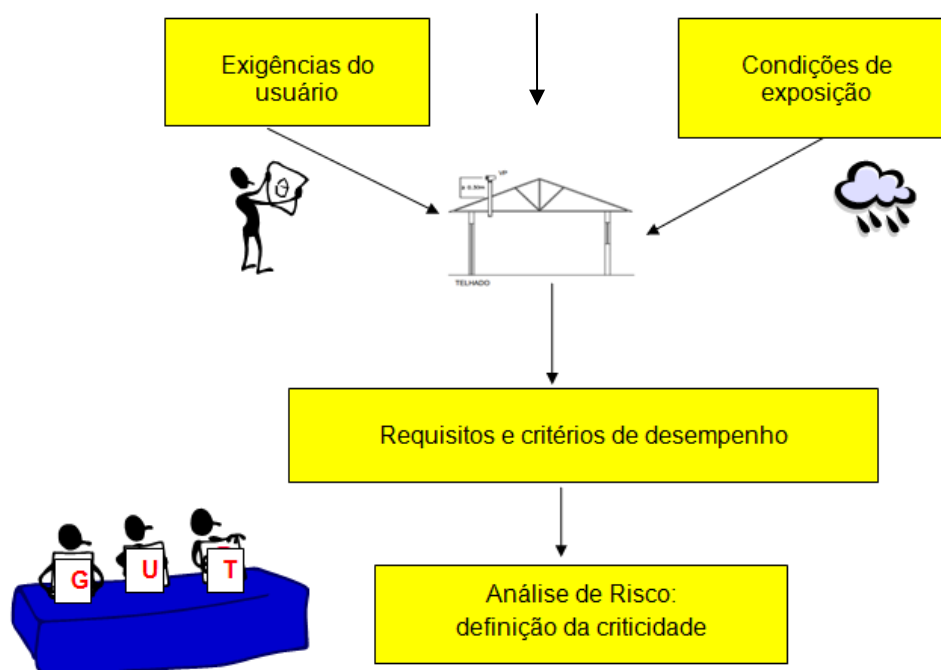


Figura 2: Representação gráfica sobre desempenho, requisitos e métodos
Fonte: Apostila curso NBR 15575 (ABNT, 2013). Adaptada pela autora

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), desempenho deve ser entendido como o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas.

Outros dois conceitos importantes e aplicáveis diretamente nos requisitos para o estabelecimento dos valores do GUT (gravidade, urgência e tendência) definidos na mesma norma são:

Vida Útil (VU)

período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal e certificada).

Nota - Interferem na vida útil, além da vida útil projetada, das características dos materiais e da qualidade da construção como um todo, o correto uso e operação da edificação e de suas partes, a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, alterações climáticas e níveis de poluição no local da obra, mudanças no entorno da obra ao longo do tempo (trânsito de veículos, obras de infra-estrutura, expansão urbana) etc. O valor real

de tempo de vida útil será uma composição do valor teórico de Vida Útil Projetada devidamente influenciado pelas ações da manutenção, da utilização, da natureza e da sua vizinhança. As negligências no cumprimento integral dos programas definidos no manual de operação, uso e manutenção da edificação, bem como ações anormais do meio ambiente, irão reduzir o tempo de vida útil, podendo este ficar menor que o prazo teórico calculado como Vida Útil Projetada.

Vida Útil de Projeto (VUP)

Período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a VUP não deve ser confundida com tempo de vida útil, durabilidade, prazo de garantia legal e certificada).

Nota: A VUP é uma estimativa teórica de tempo que compõe o tempo de vida útil. O tempo de VU pode ou não ser confirmado em função da eficiência e registro das manutenções, de alterações no entorno da obra, fatores climáticos, etc.

A norma de desempenho é suportada por três pilares: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Os conceitos usados para a definição dos valores do GUT levaram em conta a vida útil (VU), a segurança estrutural e do usuário e a funcionalidade. A funcionalidade é uma das exigências da habitabilidade. De acordo com Amaral (2013) e a NBR 15575 (ABNT, 2013) a segurança está ligada aos principais conceitos citados a seguir:

- integridade estrutural, que é a capacidade de evitar o colapso progressivo na ocorrência de danos localizados;
- ruína, característica do estado-limite último, seja por ruptura, instabilidade ou deformação excessiva;
- falha, ocorrência que compromete a utilização do sistema ou do elemento, resultando em desempenho inferior ao requerido;
- deformação, variação de distância entre pontos de um corpo submetido a uma determinada tensão, com modificação de sua forma ou volume primitivos;
- deslocamento, afastamento entre a posição deformada e o eixo original de uma barra (ou plano original de uma placa) submetida a uma carga estática ou dinâmica;
- flecha, afastamento máximo entre a posição deformada e a posição primitiva de uma barra ou de uma placa submetida a flexão;

3 ESTRUTURAS METÁLICAS: SUBSISTEMAS E PATOLOGIAS

3.1 Subsistemas constituintes das estruturas metálicas

Os principais subsistemas constituintes das estruturas metálicas são:

- Estrutural (principal e secundário);
- Conexões;
- Contraventamento;
- Fechamentos em telha (cobertura e fechamentos laterais);
- Fixações.

3.1.1 Estrutural

Os subsistemas estruturais são compostos pelos elementos estruturais específicos conforme o tipo de estrutura. O tipo de estrutura, por sua vez, é decorrente de sua função.

Dentre os tipos podem ser elencadas estruturas de transposição – pontes, viadutos e passarelas, por exemplo, estruturas de edifícios, estruturas de contenção de líquidos – tanques e reservatórios ou contenção de terreno – estacas prancha, estroncas, tirantes etc. e estruturas de cobertura – telhados, entre outras.

Os subsistemas estruturais podem ser subdivididos em principais e secundários, conforme a sua responsabilidade estrutural.

As vigas e/ou treliças, os pilares, os pórticos, os pilaretes, as tesouras e as terças, compostos de perfis laminados ou perfis de chapas soldadas ou elementos extrudados, inclusive os estais e os tirantes, são elementos estruturais que podem ser integrantes do subsistema estrutural.

A seguir, nas Figuras 3 a 5 encontram-se alguns exemplos de estruturas metálicas.

Estas figuras foram obtidas nas páginas <http://www.rclamego.pt>, www.construacpb.com.br e www.amnbrasil.com.br, respectivamente.



Figura 3: Exemplo de estrutura metálica de ponte
Fonte: RCLAMEGO, 2015



Figura 4: Exemplo de estrutura metálica de edifício
Fonte: CONSTRUACOPB, 2015



Figura 5: Exemplo de estrutura metálica de cobertura
Fonte: AMNBRASIL, 2015

3.1.2 Conexões

As conexões englobam as ligações entre os elementos estruturais e também as emendas entre peças para compor um determinado elemento mais longo.

Basicamente há dois tipos de conexão: as parafusadas e as soldadas, conforme Figura 6.



Figura 6 Exemplo de emenda parafusada

3.1.3 Contraventamentos

Os subsistemas de contraventamento, conforme Duarte (2014), são assim denominados por ser o vento o principal responsável por deslocamentos horizontais fora do plano de disposição da estrutura.

A função do subsistema de contraventamento é inibir os deslocamentos das estruturas de nós deslocáveis, ou seja, das estruturas que possuam ligações não rígidas.

Os contraventamentos nas estruturas metálicas são subsistemas constituídos por barras que travam os nós deslocáveis.

Na Figura 7 pode-se visualizar um esquema clássico de subsistema de contraventamento.

As Figuras 8 e 9 mostram a aplicação de contraventamento em duas situações distintas, no plano horizontal e no plano vertical.

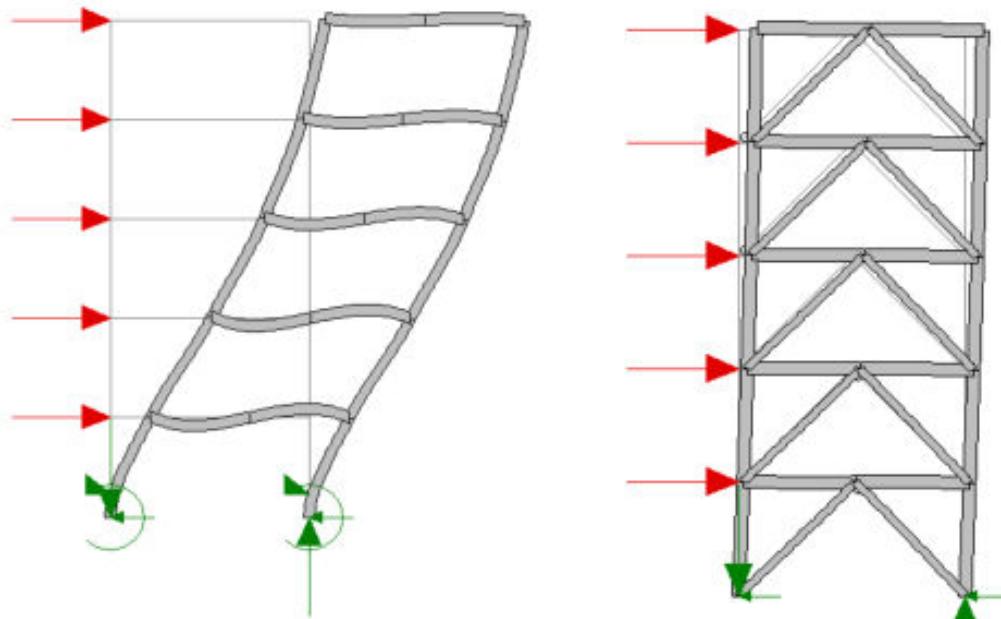


Figura 7: Contraventamento em estruturas deslocáveis
Fonte: DUARTE, 2014



Figura 8: Contraventamento em estrutura de cobertura



Figura 9: Contraventamento em estrutura de edifício
Fonte: DUARTE, 2014

3.1.4 Fechamentos

Os subsistemas de fechamento referem-se às telhas metálicas utilizadas como cobertura ou como fechamento lateral da estrutura e seus elementos de suporte, conforme Figura 10.

Os elementos de suporte no caso das coberturas podem ser terças ou treliças secundárias e no caso dos fechamentos laterais, vigas e pilares secundários.



Figura 10: Fechamento lateral com telha

3.1.5 Fixações

O subsistema das fixações refere-se à fixação da estrutura metálica ao seu(s) elemento(s) de suporte.

As fixações de pilares e/ou pilaretes são constituídas pela chapa de base da estrutura metálica principal ligada ao elemento de concreto ou alvenaria de suporte por parafusos, chumbadores, ou soldada a insertos chumbados no suporte.

A Figura 11 ilustra um tipo de fixação parafusada de pilar metálico à base em concreto.



Figura 11: Fixação de base de pilar metálico

3.2 Patologias mais frequentes nas estruturas metálicas

A seguir estão relacionadas as anomalias e falhas que se encontram com mais frequência nas estruturas metálicas e que conduzem ao seu processo de degradação.

3.2.1 Deficiências de geometria de elementos

É uma anomalia ou falha relacionada à existência de desvios geométricos visíveis em um ou mais elementos ou em todo o conjunto de elementos da estrutura metálica.

As deficiências de geometria em elementos das estruturas metálicas podem ser de origem congênita ou podem ter sido adquiridas. As anomalias ou falhas congênitas podem ser de projeto e fabricação. Já as adquiridas podem ser por utilização, por acidentes ou por falta de manutenção.

As deficiências de geometria de elementos podem ocorrer em estruturas metálicas planas ou espaciais, em pilares, vigas, pórticos e outros elementos. Esse tipo de anomalia ou falha (Figura 12) se caracteriza por:

- falta de alinhamento;
- falta de planicidade;
- flambagem – estabilidade local ou global.



Figura 12: Deficiência de geometria
Fonte: ANDRADE, 2009

3.2.2 Deformação e deflexão de elementos

Considera-se a ocorrência de uma anomalia ou falha desse tipo quando for constatada qualquer deformação ou deflexão em um ou mais elementos que compõem a estrutura, que possa ser detectada a olho nu. Esse tipo de anomalia indica eventuais problemas estruturais que podem estar estabilizados ou não.

As anomalias ou falhas de deformação (Figuras 13 e 14) e deflexão podem ser originárias de apenas uma causa ou de um conjunto complexo de causas e são geralmente decorrentes de erros de projeto e/ou de execução ou de excesso de carga. Dentre as causas mais prováveis para a ocorrência de deformação e deflexão em uma estrutura metálica, pode-se destacar, entre outras:

- excesso de carga;
- excentricidade;
- impacto acidental;
- flambagem – perda de estabilidade local ou global;
- falhas de solda (efeito temperatura de solda, solda mal executada etc.);
- recalque de apoio ou do suporte da estrutura;
- falta de prumo de pilares.



Figura 13: Deformação por flexão de peça do banzo inferior

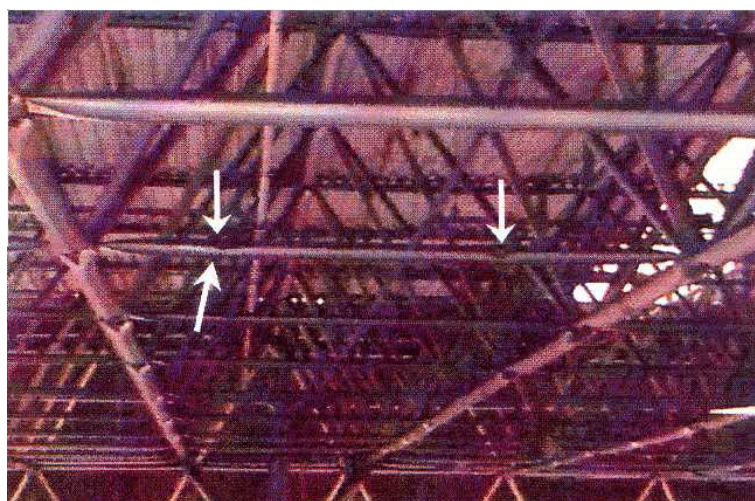


Figura 14: Deformação localizada em peça do banzo inferior

3.2.3 Corrosão

A corrosão é a interação destrutiva do material metálico com o ambiente, seja por reação química ou fenômeno eletroquímico (HELENE, 1986) (CASCUDO, 2005).

A corrosão dos elementos metálicos (Figura 15) é um processo nitidamente visível, pois os produtos de corrosão alteram consideravelmente o aspecto das superfícies, resultando em regiões rugosas, deterioradas e corroídas, com coloração vermelho-marrom-acastanhada. Trata-se de um processo que, uma vez iniciado (oxidação), é contínuo até o consumo total da seção do elemento metálico.

As causas relacionadas à corrosão de elementos metálicos são principalmente as seguintes:

- forte variação da umidade do meio-ambiente;

- aumento na agressividade do meio-ambiente;
- existência de vazamento/infiltração;
- falta de proteção ou proteção inadequada da superfície metálica.

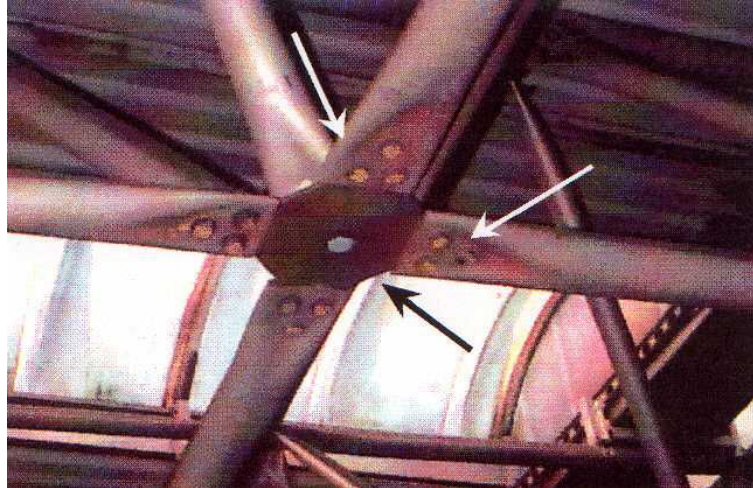


Figura 15: Áreas de corrosão de elementos metálicos

3.2.4 Defeitos em Conexões

Entende-se aqui por conexão toda a vinculação entre os elementos que constituem a estrutura.

Constata-se que uma ou mais conexões de elementos de uma estrutura metálica apresentam-se defeituosas quando, visivelmente, as ligações encontram-se em condições diversas daquelas previamente estabelecidas em projeto, podendo causar prejuízos à transmissão de esforços entre os elementos, conforme Figura 16.

As conexões entre os elementos metálicos podem apresentar deficiência principalmente devido às seguintes causas:

- utilização de materiais inadequados ou corrosão;
- falta de manutenção;
- falhas executivas;
- deficiência projeto.

Os defeitos podem ocorrer nos seguintes tipos possíveis de conexões:

- conexão com parafuso de alta resistência;
- conexão com parafuso comum;
- conexão com solda.

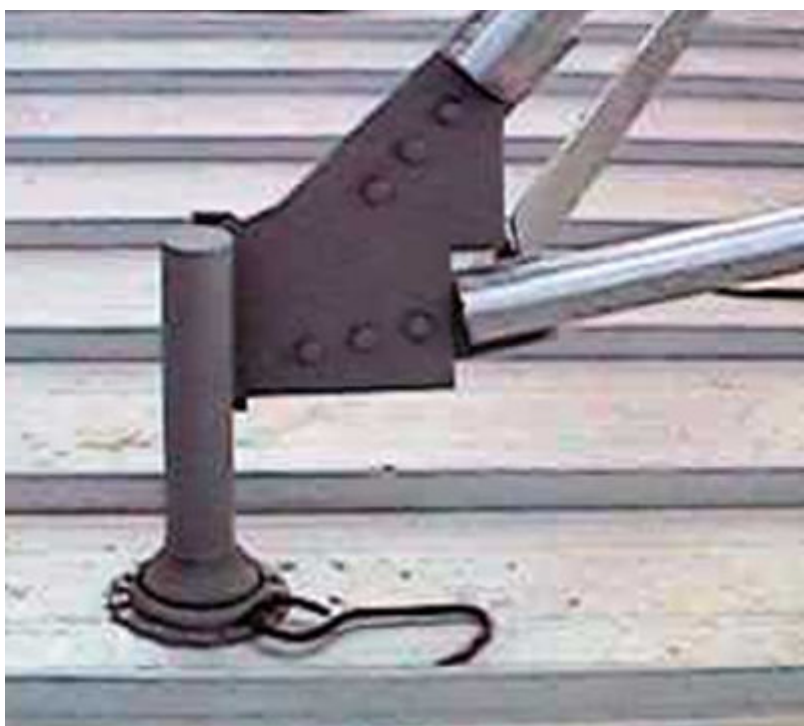


Figura 16: Defeito em conexão de apoio
Fonte: ANDRADE, 2009

3.2.5 Defeitos em fixações da estrutura metálica

Entende-se aqui por fixação o vínculo entre a estrutura metálica e a estrutura que a apóia.

As fixações apresentam-se defeituosas quando encontram-se em condições diversas daquelas previamente estabelecidas em projeto, podendo causar prejuízos à transmissão de esforços entre a estrutura metálica e seu apoio.

Assim como no caso das conexões entre elementos das estruturas metálicas, as fixações da estrutura metálica à estrutura de suporte (Figura 17) podem apresentar deficiência principalmente devido às seguintes causas:

- material inadequado;
- falta de manutenção;
- falhas executivas;
- corrosão.

Os defeitos podem ocorrer nos seguintes tipos possíveis de fixações:

- fixação chumbada;
- fixação parafusada;
- fixação soldada.



Figura 17: Detalhe de fixação de estrutura em pilar de alvenaria
Fonte: ANDRADE, 2009

3.2.6 Deficiências de contraventamento

Os contraventamentos têm a função de tornar indeslocáveis estruturas de nós deslocáveis, conforme Figura 18.

As deficiências mais comuns nestes subsistemas são:

- elementos inadequados para inversões de esforços (flambagem localizada);
- falhas nas ligações parafusadas ou soldadas entre elementos;
- corrosão.



Figura 18: Exemplo de deficiência de contraventamento em coberturas
Fonte: DUARTE, 2014

As principais anomalias e falhas nas estruturas metálicas encontram-se relacionadas e correlacionadas às suas prováveis causas na Tabela1, que está subdividido em subsistemas e ainda contém indicação da localização das ocorrências.

Tabela1 - Principais anomalias ou falhas em estruturas metálicas

	VÍCIOS, DEFEITOS ou FALHAS	CAUSA PROVÁVEL	ORIGEM	LOCALIZAÇÃO
estruturas principal e secundárias (perfis, vigas e pilares)	deficiências de geometria	(1) falta de alinhamento (2) falta de planicidade (3) flambagem - estabilidade local ou global	(1) congênita - projeto (2) congênita - fabricação (3) congênita - execução / montagem (4) adquirida - utilização (5) adquirida - manutenção	(1) pilares (2) vigas (3) terças
	deformações / deflexões	(1) excesso carga (2) excentricidade (3) impacto acidental (4) flambagem - perda de estabilidade local ou global (5) falha solda (efeito temperatura de solda, solda mal executada ou incompleta) (5) recalque de apoio / suporte (6) falta de prumo (pilares)	(1) congênita - projeto (2) congênita - fabricação (3) congênita - execução / montagem (4) adquirida - utilização (5) adquirida - manutenção	(1) pilares (2) vigas (3) terças (4) treliças / tesouras (5) pórticos
	oxidação / corrosão	(1) falta de proteção / pintura (2) proteção com vida útil vencida ou sem manutenção (3) proteção inadequada (4) vazamentos / infiltrações / umidade	(1) congênita - projeto (2) congênita - fabricação (3) congênita - execução / montagem (4) adquirida - utilização (5) adquirida - manutenção	(1) localizada (2) generalizada
conexões	falta de parafusos em ligações parafusadas parafusos soltos em ligações parafusadas parafusos oxidados ou corroídos parafusos oxidados ou corroídos soldas deficientes soldas oxidadas	(1) material inadequado ou corrosão (2) falta de manutenção (3) má execução (4) deficiência projeto	(1) congênita - projeto (2) congênita - fabricação (3) congênita - execução / montagem (4) adquirida - utilização (5) adquirida - manutenção	(1) conexões principais (2) conexões secundárias
contra-ventamento	falta de elementos previstos em projeto flambagem elementos deficiências de geometria	(1) não obediência ao projeto (2) solicitação excessiva (3) falta de alinhamento	(1) congênita - projeto (2) congênita - fabricação (3) congênita - execução / montagem (4) adquirida - utilização (5) adquirida - manutenção	todas
telhas (cobertura e fechamento lateral)	vazamentos peças soltas	(1) falhas de zipagem ou de rebite etc. (3) falhas de vedação (4) falta de grampos / parafusos / outros dispositivos	(1) congênita - projeto (2) congênita - fabricação (3) congênita - execução / montagem (4) adquirida - utilização (5) adquirida - manutenção	(1) localizada (2) generalizada
fixações	defeitos nos parafusos defeitos nas soldas defeitos no chumbamento	(1) material inadequado ou corrosão (2) falta de manutenção (3) má execução (4) deficiência projeto	(1) congênita - projeto (2) congênita - fabricação (3) congênita - execução / montagem (4) adquirida - utilização (5) adquirida - manutenção	(1) localizada (2) generalizada

4 DEFINIÇÃO DA MATRIZ GUT

A avaliação do estado das estruturas é um assunto complexo, bastante afetado pela influência da experiência dos profissionais que executam a inspeção e dos que a analisam.

O procedimento aqui adotado estabelece, na medida do possível, regras para a quantificação e padronização da classificação das estruturas a partir do conjunto das anomalias e falhas detectadas em cada uma.

O estabelecimento da avaliação padronizada das ocorrências baseia-se no método GUT – Gravidade, Urgência e Tendência, conforme explicado no item 1. deste trabalho.

Os parâmetros (G) – gravidade, (U) – urgência e (T) - tendência, adaptados às estruturas metálicas, passam a ter o significado e os valores a seguir descritos, ao se adotar três faixas de variação para cada um destas variáveis.

4.1 Faixa de variação dos parâmetros (G), (U) e (T)

Entende-se por Gravidade (G) o grau de risco atual que as anomalias e falhas oferecem à estrutura sob o ponto de vista de estabilidade estrutural e do usuário, de desempenho funcional e de redução da vida útil ou durabilidade.

Este parâmetro retrata a situação atual com base no passado, no que já aconteceu.

Os valores atribuídos a Gravidade (G) correspondem a:

G = 0 – quando a vida útil (VU), o desempenho funcional do sistema e a segurança estrutural e do usuário estão em risco;

G = 1 – quando a vida útil (VU) e o desempenho funcional do sistema estão em risco;

G = 2 – quando só a vida útil (VU) da estrutura está em risco.

O parâmetro Urgência (U) reflete a necessidade presente imediata de se adotar medidas corretivas para que a estrutura não tenha a sua durabilidade, função e estabilidade comprometidas em definitivo.

A Urgência (U) assume os seguintes valores:

U = 0 – urgente, ou seja, há a necessidade imediata de se proceder a intervenções corretivas;

U = 1 – urgência média, ou seja, se dispõe de um certo prazo de tempo para se escolher a melhor oportunidade para efetuar as intervenções necessárias;

U = 2 – sem urgência, ou seja, não há a necessidade imediata de se adotar medidas corretivas.

Esses prazos dependem do estado em que se encontra a anomalia ou falha em si e sua influência no estado global da estrutura.

O aspecto Tendência (T) reflete a estimativa de como será a evolução futura da anomalia ou falha caso não se adote nenhuma medida no presente.

T = 0 – indica que a anomalia ou falha tem a tendência de evoluir de forma progressiva rápida;

T = 1 – indica que a anomalia ou falha tende a ter uma evolução progressiva lenta;

T = 2 – indica que a anomalia ou falha tem tendência estável.

O parâmetro Tendência (T) refere-se à característica da anomalia ou falha em si e não às conseqüências por ela provocadas. Este risco já está considerado no aspecto Gravidade (G).

O procedimento de atribuir uma nota aos aspectos de Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T) a cada anomalia ou falha estabelece uma forma padronizada de quantificar a importância de uma dada ocorrência e posteriormente do conjunto delas.

Na Tabela 2 é apresentada uma sugestão para os valores dos parâmetros (G), (U) e (T) particularizados para cada tipo de anomalia ou falha definida e apresentada na Tabela 1 do item 3.2 deste trabalho.

Tabela 2 - Valores propostos para os parâmetros (G), (U) e (T)

VÍCIOS, DEFEITOS ou FALHAS				CRITÉRIOS DE VALORES PROPOSTO		
TIPO	CAUSAS PROVÁVEIS	ORIGEM	LOCALIZAÇÃO	(G) GRAVIDADE	(U) URGÊNCIA	(T) TENDÊNCIA
deficiências de geometria	(1) e (2)	(1) a (5)	(1) e (2)	0	1	2
	(1) e (2)	(1) a (5)	(3)	2	2	2
	(3)	(1) a (5)	(1) e (2)	0	0	0
deformações / deflexões	(1) a(6)	(1) a (5)	(1), (2), (4) e (5)	0	0	0
	(1) a(6)	(1) a (5)	(3)	1	0	0
oxidação / corrosão	(1) a (3)	(1) a (5)	(1)	1	1	0
	(1) a (3)	(1) a (5)	(2)	0	1	0
	(4)	(4) e (5)	(1)	1	1	1
	(4)	(4) e (5)	(2)	0	0	0
deficiências nas conexões	(1) a (3)	(1) a (5)	(1)	1	1	1
	(1) a (3)	(1) a (5)	(2)	0	0	1
	(4)	(1) a (5)	(1) e (2)	0	0	0
deficiências nos contraventamentos	(1) a (3)	(1) a (5)	todas	1	0	1
vazamento telhas	(1) e (2)	(1) a (5)	(1)	2	1	1
	(1) e (2)	(1) a (5)	(2)	1	0	1
peças soltas	(1) e (2)	(1) a (5)	(1)	1	1	1
	(1) e (2)	(1) a (5)	(2)	0	0	0
deficiências nas fixações	(1) a (3)	(1) a (5)	(1)	1	1	1
	(4)	(1) a (5)	(1)	0	0	0
	(1) a (4)	(1) a (5)	(2)	0	0	0

4.2 Estabelecimento do valor de GUT

O valor do GUT de cada anomalia ou falha é obtido pela soma dos valores de (G), (U) e (T) atribuídos à mesma.

Assim:

$$GUT_{\text{anomalia ou falha}} = (G) + (U) + (T)$$

O valor do GUT da estrutura é, por definição, o resultado do somatório dos valores do GUT de cada anomalia ou falha dividido pela quantidade total de ocorrências.

Assim:

$$GUT_{\text{estrutura}} = \frac{\Sigma GUT_{\text{anomalia ou falha}}}{\text{quantidade total de anomalias ou falhas na estrutura}}$$

A partir do GUT da estrutura, calculado conforme definido, obtém-se a avaliação do impacto das anomalias ou falhas no estado de conservação da estrutura e a necessidade de se proceder à recuperação das condições de segurança estrutural e do usuário, desempenho funcional da estrutura e/ou vida útil (VU) da estrutura.

5 MATRIZ GUT APLICADA A UM CASO REAL

A Tabela 3 apresenta a descrição das anomalias registradas na inspeção de uma cobertura metálica com a sua localização, quantidade, dimensões, causas e origem prováveis (OLIVAN, KNAPP, BORELLI, 2000).

Tabela 3 - Descrição das anomalias ou falhas

LOCALIZAÇÃO (SUB-TRECHO)	ELEMENTO ESTRUTURAL	TIPO DE ANOMALIA OU DE FALHA	QUANTI- DADE	ESPAÇA- MENTO MÉDIO (cm)	DIMENSÕES		CAUSA PROVÁVEL	ORIGEM	LOCALIZAÇÃO
					LARG. (cm)	COMPR. (cm)			
Cobertura Metálica de Passarela									
entre eixos G e H	contraventamento CT2	deficiência de geometria	1		10	620	(3) falta de alinhamento	(3) adquirida-montagem	contraventamento
eixo L	viga VTL	corrosão	1		20	25	(3) proteção inadequada	(1) congênita-projeto ou (5) adquirida-manutenção	(1) localizada
eixo O	viga VTO	corrosão	1		10	15	(1) falta de proteção	(1) congênita-projeto ou (3) congênita-execução	(1) localizada
Nível Mezanino - CPTM									
nível 741,10	viga metálica I4 - face inferior	corrosão	2	20	10	10	(4) umidade	(4) adquirida-utilização	(1) localizada

As Figuras 19 a 23 apresentam as fotos ilustrativas das anomalias encontradas.



Figura 19: Cobertura metálica - Contraventamento- Defeito de geometria

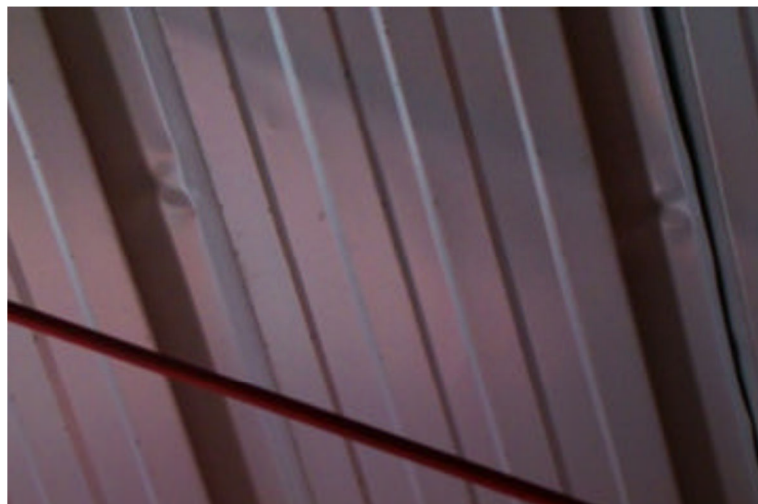


Figura 20: Cobertura metálica – Telhas metálicas danificadas (amassadas)
Defeito de geometria

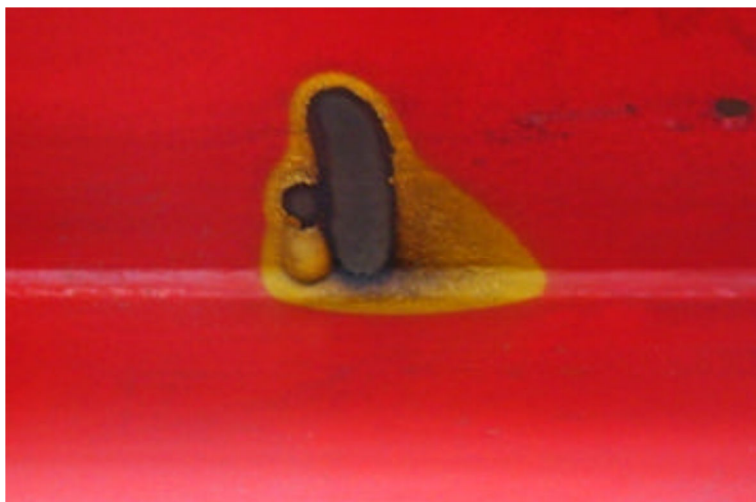


Figura 21: Cobertura metálica - Corrosão de elementos – Deterioração do sistema de proteção



Figura 22: Cobertura metálica - Corrosão de elementos



Figura 23: Cobertura metálica – Contraventamento - Vista geral

A Tabela 4 apresenta a descrição das anomalias registradas associadas aos valores dos parâmetros (G), (U) e (T) para cálculo do GUT de cada anomalia ou falha e do GUT da estrutura.

O GUT calculado para essa estrutura resultou no valor de 2,4 conforme cálculo apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Cálculo do GUT de cada anomalia ou falha e do GUT da estrutura

GUT DE CADA ANOMALIA ou FALHA													
LOCALIZAÇÃO (SUB-TRECHO)	ELEMENTO ESTRUTURAL	TIPO DE ANOMALIA OU DE FALHA	QUANTIDADE	ESPAÇAMENTO MÉDIO (cm)	DIMENSÕES		CAUSA PROVÁVEL	ORIGEM	LOCALIZAÇÃO	VALOR DOS PARÂMETROS			GUT
					LARG. (cm)	COMPR. (cm)				(G) gravidade	(U) urgência	(T) tendência	
Cobertura Metálica de Passarela													
entre eixos G e H	contraventamento CT2	deficiência de geometria	1		10	620	(3) falta de alinhamento	(3) adquirida-montagem	contraventamento	1	0	1	2
eixo L	viga VTL	corrosão	1		20	25	(3) proteção inadequada	(1) congênita-projeto ou (5) adquirida-manutenção	(1) localizada	1	1	0	2
eixo O	viga VTO	corrosão	1		10	15	(1) falta de proteção	(1) congênita-projeto ou (3) congênita-execução	(1) localizada	1	1	0	2
Nível Mezanino - CPTM													
nível 741,10	viga metálica I4 - face inferior	corrosão	2	20	10	10	(4) umidade	(4) adquirida-utilização	(1) localizada	1	1	1	3

CÁLCULO DO GUT DA ESTRUTURA = $(\sum \text{GUT anomalias/falhas} * N) / (\sum \text{número de anomalias/falhas})$

GUT estrutura = 2,4

CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE RISCO DA ESTRUTURA = REGULAR (2 ≤ GUT = 2,4 < 4)

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO

A partir da Tabela 4 da qual consta a proposta apresentada para os valores de gravidade (G), urgência (U) e tendência (T), parâmetros intervenientes no valor do GUT das patologias detectadas nas estruturas inspecionadas, levantou-se qual a frequência de anomalias ou falhas com parâmetros zero (mais críticas segundo o critério adotado no estabelecimento da faixa de variação de G, U, e T), com parâmetros de valor 1 (um), não tão críticas segundo o mesmo critério, e aquelas com parâmetros de valor 2 (dois), pouco críticas.

A Tabela 5 mostra a distribuição da quantidade e porcentagem de cada parâmetro do GUT conforme os seus valores.

Tabela 5 - Distribuição dos valores dos parâmetros (G), (U) e (T)

VALOR	(G) GRAVIDADE		(U) URGÊNCIA		(T) TENDÊNCIA	
	quantidade	%	quantidade	%	quantidade	%
0	46	63%	50	68%	48	66%
1	23	32%	21	29%	19	26%
2	4	5%	2	3%	6	8%

A análise dos números mostra que aproximadamente 65% das anomalias ou falhas apresentam valor zero para os três parâmetros (G), (U) e (T), cerca de 30% das anomalias ou falhas, valor 1 (um), também para os três parâmetros, e em torno de 5% das anomalias ou falhas apresentam valor 2 (dois).

As consequências das patologias das estruturas metálicas são dependentes e estão associadas às características intrínsecas dessas estruturas, que, por sua concepção estrutural e por sua esbeltez, se tornam bastante suscetíveis às alterações de geometria, perda de alinhamento, a deformações e deflexões e demais anomalias do gênero. Isso faz com que as patologias causem um maior impacto no modelo estrutural e influencia significativamente o desempenho funcional, a segurança estrutural e do usuário e o atendimento à vida útil (VU) das estruturas metálicas.

Um paralelo entre as tolerâncias dimensionais das estruturas em concreto e as das estruturas metálicas, já retrata esse fato.

No primeiro caso, estruturas em concreto, a tolerância de execução comumente aceita é da ordem de 10 mm a 20 mm, dependendo do grau de precisão obtido na execução. No caso das estruturas metálicas se trabalha com a precisão da fabricação, cuja tolerância é da ordem de 1 mm, acrescida da tolerância de montagem de outros 5 mm.

O estudo de caso efetuado (Tabela 4) demonstrou haver aderência do método do GUT e dos valores propostos de (G) – gravidade, (U) – urgência e (T) – tendência à realidade do estado de conservação e do desempenho da estrutura inspecionada. A percepção qualitativa da inspeção e o resultado quantitativo convergiram para a mesma avaliação.

O fato de se ter uma forma numérica de traduzir a situação qualitativa propicia a comparação e ordenação entre diversas estruturas e, na mesma estrutura, propicia a priorização das atividades de manutenção por subsistema.

O valor do GUT pode ser adequado ao grau de risco especificado na norma de inspeção predial do IBAPE/SP (2011), na qual o grau de risco das anomalias e falhas constatadas na Inspeção Predial é classificado em:

5.4.1 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.

5.4.2 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.

5.4.3 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.

Assim, pode-se estabelecer uma correlação entre os valores de GUT e os níveis de grau de risco.

A definição do cenário para a situação de GUT máximo é estabelecido a partir da aplicação dos valores de (G), (U) e (T) propostos e apresentados na Tabela 2 com o valor 2(dois) resultando o cenário mais favorável, ou seja, a estrutura não apresenta qualquer anomalia ou falha que seja preocupante. No outro extremo, na situação mais crítica, ou seja, com os parâmetros assumindo seu valor mínimo (zero), o GUT da estrutura resulta em zero.

Resumidamente tem-se:

GUT mínimo = 0, que corresponde a situações de alto risco

GUT máximo = 6, que corresponde a situações de baixo risco

Adotou-se valores intermediários 2(dois) e 4(quatro) para estabelecer as faixas do cenário de grau de risco regular. Assim a correlação pode ser feita por faixa de variação de acordo com o mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores do GUT associados ao grau de criticidade segundo a norma de inspeção predial do IBAPE/SP (2011)

GUT	GRAU DE RISCO
$0 \leq \text{GUT} < 2$	ALTO
$2 \leq \text{GUT} < 4$	REGULAR
$4 \leq \text{GUT} < 6$	BAIXO

O GUT da estrutura do caso estudado foi de 2,4, o que a enquadra na classificação de grau de risco regular de acordo com esse critério.

CONCLUSÃO

A avaliação do estado das estruturas é um assunto complexo, bastante afetado pela influência da experiência dos profissionais que executam a inspeção e dos que a analisam.

A partir da inspeção de uma estrutura são levantadas as anomalias, falhas e defeitos e é necessário priorizar as ações corretivas para a recuperação do desempenho da edificação.

A ausência de critérios preestabelecidos para um indicador quantitativo que traduza a avaliação qualitativa do desempenho de um sistema da edificação, impossibilita uma classificação comparativa uniforme e imparcial.

Não havendo um indicador quantitativo que indique uma priorização adequada das ações, as mesmas tendem a ser orientadas pela “urgência”, e isso pode conduzir à grave falha de planejamento da manutenção, com o consequente aumento de seus custos.

Além da urgência, os fatores gravidade e tendência, associados ao conceito de durabilidade, devem ser considerados na análise de risco do desempenho da estrutura.

Assim, dispor de critérios padronizados de avaliação segundo parâmetros pré-estabelecidos possibilita uniformizar as análises de risco de forma analítica.

O procedimento aqui adotado propõe regras para a quantificação de forma a permitir classificar e priorizar o desempenho das estruturas a partir do conjunto das anomalias e falhas detectadas em cada uma.

Ao colocar de forma quantitativa uma situação qualitativa também facilita a análise gerencial e padroniza as tomadas de decisão, tornando-as mais integradas.

O sistema das Estruturas em Concreto já foi objeto de diversos estudos e trabalhos similares ao aqui desenvolvido, haja vista o largo emprego do concreto no Brasil.

As estruturas metálicas no Brasil, no entanto, sofreram nos últimos anos um grande impulso em função da necessidade de aumento na velocidade da construção, do custo da mão de obra e da redução nos espaços destinados à construção e pelo fato das siderúrgicas terem sido privatizadas o que conduziu a uma competitividade de custo.

Ao se fazer uma análise comparativa de custos entre uma edificação em aço e em concreto, sendo ela residencial ou comercial, alguns itens devem ser analisados que não simplesmente o custo dos materiais empregados.

Assim, as estruturas metálicas no Brasil estão tomando vulto e este trabalho voltado para este tipo de estrutura é oportuno e é de aplicação imediata na gestão de manutenção.

As consequências das patologias nas estruturas metálicas são dependentes e estão associadas às características intrínsecas dessas estruturas, que, por sua concepção estrutural e por sua esbeltez, se tornam bastante suscetíveis às alterações de geometria, perda de alinhamento, a deformações e deflexões e demais anomalias do gênero.

Isso faz com que as patologias causem um maior impacto no modelo estrutural e influenciem significativamente o desempenho funcional, a segurança estrutural e do usuário e o atendimento à vida útil (VU) das estruturas metálicas.

A elaboração de uma matriz GUT particularizada para o sistema das Estruturas Metálicas vem complementar a avaliação do desempenho das edificações na área das estruturas, pois estabelece indicadores para a classificação e acompanhamento do desempenho das edificações metálicas ao longo de sua vida útil.

O procedimento proposto neste estudo vem ao encontro dos objetivos da NBR15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013) e pode ser utilizado como um instrumento complementar a outras ferramentas da Gestão da Qualidade.

Com base nos principais subsistemas constituintes das estruturas metálicas e nas patologias mais frequentes encontradas nessas estruturas, associadas às suas causas e localizações mais prováveis, a matriz GUT proposta para o sistema das Estruturas Metálicas resultou da atribuição de notas aos aspectos (G), (U) e (T) aplicadas às características próprias de cada uma das anomalias ou falhas.

O resultado do estudo de caso demonstrou a aderência da metodologia com a percepção da realidade do caso estudado. A aplicação do método possibilita a classificação comparativa, uniforme e imparcial de desempenho das estruturas metálicas.

A partir da aplicação do método GUT é possível estabelecer a correlação entre o valor do GUT calculado para cada estrutura e os graus de risco especificados na norma de inspeção predial do IBAPE/SP (2011).

Como os valores propostos de (G), (U) e (T) são experimentais, por não se dispor de trabalhos similares desenvolvidos e aplicados às estruturas metálicas, os mesmos deverão ser aferidos ao longo da utilização do método GUT.

Além dessa providência, e com foco em Gestão da Qualidade, o método do GUT para avaliação de desempenho das estruturas metálicas deve ser submetido ao ciclo PDCA (Planejar, Executar, Controlar e Agir) como ferramenta de melhoria contínua do procedimento.

Como boa prática sugere-se também que ao longo da utilização da matriz proposta e do método GUT para o Sistema das Estruturas Metálicas, os valores numéricos atribuídos às suas variáveis sejam sistematicamente aferidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

____ NBR 5674 – Manutenção de Edificações – Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção, Rio de Janeiro, 2012.

____ NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos - Publicação periódica científica impressa – Apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

____ NBR 13752 – Perícias de Engenharia na Construção Civil, Rio de Janeiro, 1996.

____ NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

AMARAL NETO,C AT AL. Norma de Desempenho – Um Marco Regulatório na Construção Civil, apostila, s/D.

AMNBRASIL, disponível em: <http://www.amnbrasil.com.br>, acesso em 2015.

ANDRADE, P., Patologias das Estruturas Metálicas, Palestra PINI, 2009.

CASCUDO, O. **Inspeção e Diagnóstico de Estrutura de Concreto com Problemas de Corrosão de Armadura**, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações, IBRACON, Cap. 35, p.1071 – 1108, V. 2, ed. Geraldo C. Isaia, São Paulo. 2005.

CONSTRUACOPB, disponível em: <http://www.construacopb.com.br>, acesso em 2015.

COSTA,A; ZANCAN,E. **Inspeção Predial: Estudo de Caso de um Edifício Residencial**, Criciúma – SC; UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2012.

DUARTE, H, Apostila do curso de pós graduação FAAP/IBAPE turma CPEA48: Patologias das Construções e Obras de Engenharia, São Paulo, 2014.

HELENE, P. **Tecnologia de Edificações. Corrosão de Armaduras para Concreto Armado**. São Paulo: Editora Pini, p. 597-602 1988.

_____ **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. São Paulo: Editora Pini – Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT, 1986.

IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliação e Perícias de Engenharia São Paulo

_____ **Norma de Inspeção Predial**. São Paulo, 2011.

_____ **Glossário de Terminologia Básica aplicável à Engenharia de Avaliações e Perícias do Ibape/SP**. São Paulo, 2002.

KEPNER, C; TREGOE, B. **O Administrador Racional**. São Paulo: Atlas, 1981. pg.58.

POLI, J.- Apostila do curso ABNT NBR 15575 Norma de Desempenho, São Paulo, 2014.

SOTILLE, M.– **PM Tech Capacitação de Projetos**, 2014 – www.pmtech.com.br. acesso em 2015.

OLIVAN,L; KNAPP,L; BORELLI, N. **Estudo e Análise das Anomalias detectadas em Estruturas de Concreto do Metrô de São Paulo**, in Anais do 42º Congresso Brasileiro do Concreto, Fortaleza, Ceará, 2000.

OLIVAN, L; KNAPP, L; BORELLI, N, **Manutenção: Critério para Avaliação do Estado de Conservação das Estruturas através da Análise de Decisão**, in Anais da Reunião Anual do IBRACON Instituto Brasileiro do Concreto, Porto Alegre, RS, 1994.

RCLAMEGO, disponível em: <http://www.rclamego.pt>, acesso em 2015.