

OBTENÇÃO DA VIDA ÚTIL ESTIMADA DE EDIFICAÇÕES ATRAVÉS DO MÉTODO DOS FATORES E DE DADOS DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA PÓS-OBRA

Nina Celeste Macario Simões da Silva (UNICAP) ncceleste2015@gmail.com

Romilde Almeida de Oliveira (UNICAP) romildealmeida@gmail.com

Resumo

O cálculo da vida útil estimada (VUE) em construções leva em consideração o envelhecimento natural dos componentes dos sistemas construtivos, mas não contempla o efeito dos danos provocados pela entrada em operação e uso da edificação e/ou ausência de manutenção. Além disso, a ABNT NBR 5674:2012 - Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção, indica quais sistemas e serviços devem passar pelo processo de manutenção e em qual período, possibilitando a gestão da manutenção com qualidade. Entretanto, não é sempre o que ocorre nas edificações após a entrada em operação e uso. Para medir a diferença percentual entre a vida útil de projeto (VUP) e a vida útil estimada (VUE), após a intervenção da assistência técnica pós-obra (ATPO) foi utilizado o método dos fatores previsto na ISO 15.686:2000 - Building and construction assets – service life planning e recomendado pela NBR 15.575-1:2013. As informações analisadas foram cedidas por uma construtora do Recife, coletadas de um banco de dados proveniente da assistência técnica pós-obra (ATPO) de oito empreendimentos construídos na Região Metropolitana do Recife.

Palavras-Chaves: desempenho, vida útil, método dos fatores, assistência técnica.

1. Introdução

A necessidade de ampliar a vida útil (VU) de uma estrutura habitacional, considerando a influência do ambiente no desempenho da construção ao longo do tempo, tem sido prioridade para a construção civil. Assim, analisar os parâmetros utilizados para determinação da vida útil de projeto (VUP), as condições de operação e uso, bem como, o desgaste natural dos materiais e componentes empregados na obra, torna-se essencial para estimar por quanto tempo a edificação poderá sobreviver, mantendo condições de funcionalidade e/ou habitabilidade projetadas.

Com isso, a possibilidade da utilização dos dados da assistência técnica pós-obra para nortear projetistas, construtores e usuários na definição da vida útil de projeto (VUP), para torna-la compatível com o nível de desempenho esperado, e definir prazos de garantia das obras condizente com o desempenho, fazem parte dos resultados da pesquisa.

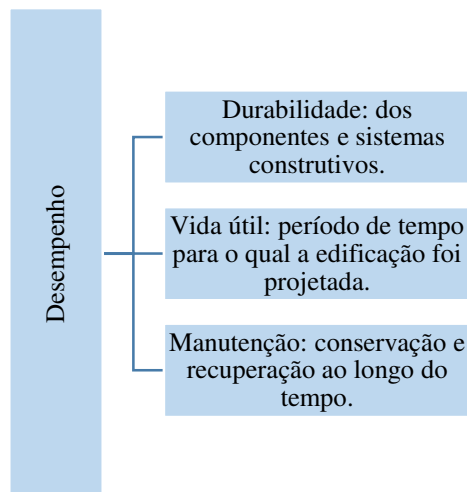
2. Referencial teórico

2.1 Desempenho

Atualmente pode-se analisar a solidez e/ou o desempenho de uma edificação, através da avaliação dos componentes e dos métodos construtivos utilizados para erguer uma obra, não obstante a necessidade do entendimento de que deveria ter o construtor (construtoras e/ou incorporadoras) sobre desenvolver sua atividade sob a ótica da qualidade demanda empregar tempo, recursos e dinheiro (Townsend e Gebhardt 2005 apud Melo 2005, p. 12).

A série ISO 9000 dispõe sobre qualidade na gestão organizacional, não tratando de aspectos relacionados ao produto final desenvolvido pela empresa. Vale ressaltar, que não há como desenvolver produtos e serviços de alto desempenho sem que a empresa seja voltada para a qualidade (figura 1).

Figura 1: Organograma das condições que afetam o desempenho.



Fonte: Silva (2016).

2.2. Considerações sobre a Norma de Desempenho

A NBR 15.575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho, também denominada “Norma de Desempenho”, sugere adequação dos processos construtivos visando atender aos conceitos de durabilidade e vida útil objetivamente para edificações até 05 (cinco) pavimentos, cabendo as recomendações, entretanto, para edifícios de múltiplos andares.

A norma é dividida em seis partes, descritas a seguir:

Parte 1 – Requisitos Gerais;

Parte 2 – Requisitos para os sistemas estruturais;

Parte 3 – Requisitos para os sistemas de pisos;

Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;

Parte 5 – Requisitos para os sistemas de coberturas; e

Parte 6 – Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Esses sistemas são avaliados sob os seguintes aspectos:

- a) Exigências do usuário;
- b) Incumbência dos intervenientes;
- c) Avaliação de desempenho;
- d) Desempenho estrutural;
- e) Segurança contra incêndio;
- f) Segurança no uso e operação;
- g) Estanqueidade;
- h) Desempenho térmico;
- i) Desempenho acústico;
- j) Desempenho lumínico;
- j) Durabilidade e manutenibilidade;
- k) Saúde, higiene e qualidade do ar;
- l) Conforto tátil e antropodinâmico, e
- m) Adequação ambiental.

A estrutura da NBR 15.575:2013 - Edificações habitacionais - Desempenho está apresentada no organograma da figura 2. O esquema mostra que os requisitos e critérios devem ser analisados a partir dos métodos de avaliação específicos para cada etapa da construção.

Figura 2: Organograma da NBR 15.575:2013

- a) Falha de projeto;
- b) Falha de execução;
- c) Falha de material ou componente;
- d) Falha de operação e uso.

2.4. Considerações sobre o sistema de qualidade

Em Pernambuco, muitas empresas adotaram o sistema de qualidade para o controle dos processos produtivos de habitações e outras atividades correlatas a construção civil, visando atender aos requisitos de qualidade, no qual inclui a satisfação do cliente. Mas, para mensurar essa satisfação e atender as necessidades dos usuários, o atendimento pós-obra passou a fazer parte da gestão de qualidade das construtoras.

Para alcançar a certificação com sistema de qualidade, a partir da avaliação do INMETRO, requer empenho e determinação dos gestores das empresas. A tabela 1 apresenta um resumo sobre a certificação no estado de Pernambuco.

Essa atividade consiste na prestação de serviço de manutenção corretiva, para todos os sistemas implantados na edificação. A referência para de início e fim dessa atividade é o prazo de garantia da obra, o qual é detalhado a partir dos sistemas construtivos.

Nesse contexto é que a Assistência Técnica Pós-obra (ATPO) pode ser utilizada no desenvolvimento da etapa de melhoria contínua na gestão da qualidade. Vê-se que na formação do banco de dados produzido a partir da identificação e registro dos problemas patológicos surgidos nos meses iniciais da entrada em operação e uso das construções serve como instrumento para retroalimentar o processo construtivo mitigando falhas.

Tabela 1: Empresas certificadas com sistema de qualidade – PE/2015

Área de Atuação	Número de empresas
Construção	27
Atividades Imobiliárias; Locações e Prestação de serviços	17
Extração de petróleo bruto e gás natural	0
Agricultura, Pecuária, Caça, Silvicultura	1

Fonte: INMETRO (2015)

2.5 Modelo geral de assistência técnica pós-obra (ATPO)

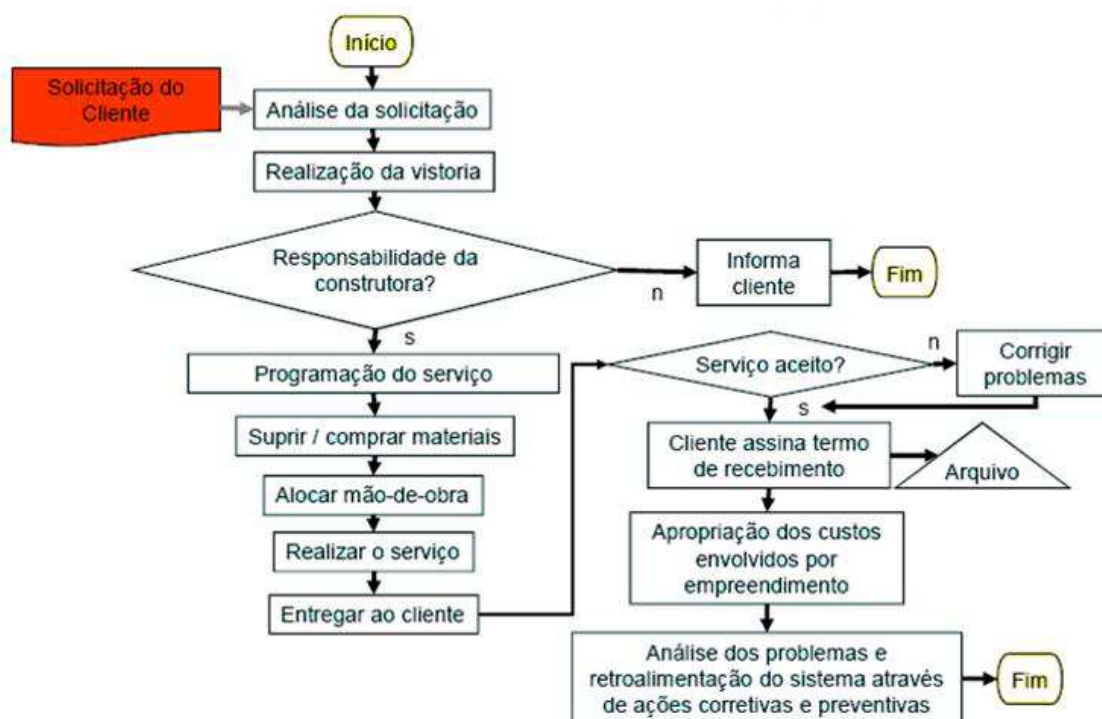
O Manual do Proprietário/Usuário previsto pela ABNT (2012), exige que as empresas construtoras/incorporadoras prestem assistência técnica, corrigindo, reparando e/ou substituindo, sem ônus ao proprietário, os danos e defeitos constatados dentro dos prazos de

garantia, estabelecidos em contrato e no próprio Manual do Usuário disponibilizado ao proprietário/usuário na data de entrega da unidade habitacional.

A atividade da assistência técnica pós-obra revela que apesar dos cuidados e do planejamento para a realização de um empreendimento, atender as expectativas do usuário não é uma tarefa simples. Neste sentido, as novas versões da ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento e a ABNT NBR 15.575:2013 - Edificações habitacionais – Desempenho propõem uma revisão permanente dos processos construtivos, bem como da qualidade da informação disponibilizada ao usuário.

O fluxograma que expressa a sequência de atuação da ATPO pode sofrer alterações de construtora para construtora, pois os problemas surgem à medida que os processos construtivos são incipientes ou quando não ocorrem às manutenções previstas em projeto e no próprio Manual do Proprietário/Usuário, mas de uma maneira geral seguem a sequência apresentada na figura 3.

Figura 3: Fluxograma esquemático da Assistência Técnica Pós-obra (ATPO)



Fonte: Lordsleem (2012) adaptado.

3. Metodologia

As atividades desenvolvidas para realização da pesquisa foram:

- a) Estudo das normas ABNT NBR 15.575:2013-Edificações Habitacionais-Desempenho e ISO 15.686-1:2000-Building and construction assets – service life planning, e análise do banco de dados da Assistência Técnica Pós-obra (ATPO);
- b) aplicação do método dos fatores definido pela ISO 15.686:2000 para um universo amostral de oito empreendimentos com 293 ocorrências de danos registradas;
- c) tratamento estatístico dos dados da amostra, com a determinação das medidas de posição, ordenação, dispersão e assimetria;
- d) elaboração de tabela de referência, com os pesos atribuídos aos fatores modificantes, para todos os sistemas. Tomando-se por exemplo a tabela 2 para o sistema estrutural.

Tabela 2: Referência dos pesos atribuídos aos fatores modificantes.

Sistema Estrutural			
Agentes	Fatores Modificantes	Condições ATPO	Peso SE
	Fator A: Qualidade dos componentes	Atendem as condições normativas.	1,20
Fatores relacionados à qualidade.	Fator B: Nível de qualidade do projeto	Projetos não analisados - indisponíveis para ATPO	1,10
	Fator C: Nível de qualidade da execução	Mão-de-obra satisfatória.	1,10
Fatores relacionados ao ambiente.	Fator D: Características do ambiente interno	Ambiente sem agentes contaminantes, exceto água de chuva.	1,00
	Fator E: Características do ambiente externo	Zona Bioclimática 8.	1,00
Fatores relacionados à condição de operação e uso.	Fator F: Condições de uso	Condição normal	1,00
	Fator G: Nível de manutenção	Sem manutenção periódica.	0,80

Fonte: Silva (2016).

4. Aplicação do Método dos Fatores

4.1 Características gerais dos empreendimentos

Todos os empreendimentos estão localizados na Região Metropolitana do Recife, entre os municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes, e caracterizados na tabela 3, indicando uma uniformidade nas condições ambientais podendo ou não contribuir para o surgimento de manifestações patológicas capazes de interferir no desempenho e funcionalidade das obras, uma

vez que para a pesquisa adotou-se a Zona Bioclimática nº8, ABNT (2013, p. 38), como referência.

Tabela 3: Descrição da caracterização dos empreendimentos.

Caracterização dos Empreendimentos						
Item	Tipo de uso	Tipologia construtiva	Nº de pavimentos	Data de entrega da obra	Foi entregue Manual do Proprietário (sim ou não)	Nomenclatura
1	Residencial	Concreto Armado	24	Janeiro/2007	sim	E01
2	Residencial	Concreto Armado	28	Dezembro/2007	sim	E02
3	Residencial	Concreto Armado	23	Julho/2005	sim	E03
4	Residencial	Concreto Armado	26	TORRE A - Março/2005	sim	E04
4	Residencial	Concreto Armado	26	TORRE B – Janeiro/2006	sim	E04
5	Residencial	Concreto Armado	30	Setembro/2009	sim	E05
6	Residencial	Concreto Armado	21	Abril/2004	sim	E06
7	Residencial	Concreto Armado	20	Maior/2003	sim	E07
8	Residencial	Concreto Armado	26	Maior/2012	sim	E08

Fonte: Silva (2016).

4.2 Demonstrativo dos dados e informações coletadas

Os dados e informações coletadas foram agrupados de duas formas, a primeira com o total das ocorrências e a segunda por empreendimento. A tabela 4 mostra o quantitativo de ocorrências por empreendimento.

Tabela 4: Número de ocorrências por empreendimento.

Número de ocorrências por edificação								Total de ocorrências registradas
E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	
28	30	7	31	33	83	2	79	293

Fonte: Silva (2016).

Os vários tipos de ocorrências constatadas estão relacionados na tabela 5. A descrição inicial do problema registrado pelo usuário, algumas vezes não coincidia com a avaliação do técnico, mas a definição final sobre qual o tipo de problema patológico sempre ficou sob responsabilidade do avaliador.

Tabela 5: Relação do número de ocorrências por tipo

Item	Tipo de ocorrência	Total de registros por tipo de ocorrência
1	Acessório	2
2	Coberta	2
3	Esquadria (infiltração; falha na vedação; empenamento; etc..)	60
4	Estrutura	5
5	Fachada	34
6	Fissura (vigas e paredes; revestimento de fachada; etc..)	11
7	Impermeabilização	27
8	Instalação contra incêndio	0
9	Instalação de antena externa	5
10	Instalação de ar condicionado	5
11	Instalação de gás	3
12	Instalação de telefonia	4
13	Instalação Elétrica	24
14	Instalação hidrossanitária (assentamento de peças; tubos e conexões; etc.)	83
15	Instalação para aquecimento solar	1
16	Outros (Pintura, Vidros, etc..)	2
17	Piso	23
18	Teto (forro de gesso)	2
Total de ocorrências		293

Fonte: Silva (2016).

Após o levantamento dos danos registrados pelos usuários, incluindo aqueles apontados pelos administradores do condomínio, responsáveis pela manutenção nas áreas comuns, as ocorrências foram agrupadas seguindo a mesma sequência dos sistemas construtivos definidos pela NBR 15.575:2013, a partir das recomendações expressa na tabela C.6 da ABNT (2013, p. 47).

Desse modo, as avarias foram agrupadas de acordo com o sistema construtivo, tal que:

- a) Para o sistema de vedações verticais interna e externa (SVVIE) – danos em fachadas; fissura em platibanda; falhas nas vedações de esquadrias; fissuras nas paredes internas;
- b) para o sistema de cobertura (SC) – danos na impermeabilização da cobertura; ausência de calhas ou danos na drenagem pluvial de cobertura;
- c) para o sistema hidrossanitário (SH) – danos nas instalações de bombas; de ar condicionado; de gás; e danos na própria rede de água e esgoto;

- d) para o sistema elétrico (SE) – danos nas instalações de antena; e danos na própria rede elétrica;
- e) para outros (O) – danos em pinturas; vidros; instalação para aquecimento solar.

A fim de apresentar a relação das avarias registradas pela ATPO e agrupadas conforme os sistemas construtivos, ABNT (2013), foi elaborada a tabela 6.

Tabela 6: Demonstrativo do total de ocorrências por sistema construtivo

Ocorrências relacionadas aos Sistemas Construtivos (ABNT NBR 15.575:2013)										
Item	Sistema Construtivo	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	Total
1	ESTRUTURAL	1	2	0	3	1	0	2	0	9
2	PISO	9	6	0	3	3	4	0	11	36
3	SVVIE	9	16	4	15	12	35	0	9	100
4	COBERTURA	2	0	1	6	1	4	0	0	14
5	HIDROSANITÁRIO	7	6	2	3	14	22	0	42	96
6	ELÉTRICO*	0	0	0	0	2	17	0	15	34
7	OUTROS * (PINTURA, VIDROS, ETC)	0	0	0	1	0	1	0	2	4
Total por empreendimento		28	30	7	31	33	83	2	79	
Total não corrigido		6	7	3	8	3	9		26	
Total de ocorrências - 100%										293
Total de problemas não corrigidos - 21%										62

* Sistemas não definidos pela NBR 15.575:2013.

Fonte: Silva (2016).

4.4.1 Método dos Fatores

A ABNT (2013) recomenda utilizar o Método dos Fatores (ISO 15.686:2000) para validar a VUP adotada em projeto, e verificar se atende aos requisitos e critérios definidos pela NBR 15.575:2013. A equação é expressa por:

$$VUE = VUR f (A \times B \times C \times D \times E \times F \times G) \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

VUE – Vida útil estimada

VUR – vida útil de referência dos componentes (residual)

F (A x B x C x D x E x F x G) – fatores modificantes

A ISO 15.686-1:2000 apresenta o Método dos Fatores (MF) para estimar a vida útil da edificação a partir de variáveis que podem afetar o desempenho da obra, sendo esses denominados fatores modificantes:

Fator A: qualidade do componente

Fator B: nível de projeto

Fator C: nível de execução do projeto

Fator D: ambiente interno

Fator E: ambiente externo

Fator F: condições de uso

Fator G: nível de manutenção

De acordo com Zarzar Jr. (2007) o ponto de partida do método dos fatores é a vida útil de referência (VUR). A VUR é um período documentado, em anos, no qual se espera que um componente ou grupo de componentes possa durar. Assim, os valores aplicados pela ISO 15.686-1:2000 para o desvio (quantitativo) em relação ao valor de referência estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7: Indicação dos valores de desvio em relação à VUR.

Desvio em relação à condição de referência	Valor
Quando o fator tem influência <u>negativa</u> sobre o elemento em estudo.	0,8
Quando o fator <u>não representa desvio</u> em relação à condição de referência.	1,0
Quando o fator tem influência <u>positiva</u> sobre o elemento em estudo.	1,2

Fonte: ISO 15.686-1:2000, adaptado.

Para considerar o peso a ser atribuído aos fatores modificantes com uma variação entre 0,8 a 1,2, o referido intervalo pode ser justificado através do Teorema de Tchebycheff, estatístico russo que viveu entre 1821 a 1894, conforme Larson (2010, p. 74). O teorema matemático não considera uma variação simétrica ou assimétrica, mas para todo tipo de amostra. De acordo com Martins (2011, p. 87), para qualquer distribuição com média e desvio padrão pode-se aplicar o teorema, desde que:

- a) O intervalo ($\bar{X} \pm 2S$) ou ($\mu \pm 2\sigma$) contém, no mínimo, 75% de todas as observações;
- b) o intervalo ($\bar{X} \pm 3S$) ou ($\mu \pm 3\sigma$) contém, no mínimo, 89% de todas as observações.

Desse modo, foi aplicado o método dos fatores a fim de determinar a vida útil estimada (VUE) dos empreendimentos analisados.

Após determinação da vida útil estimada (VUE) de todos os empreendimentos (E01 a E08), conforme apresentado na tabela 9, verifica-se que, de acordo com Zarzar Jr. (2007) o planejamento da vida útil pode ser aplicado as construções existentes e as novas.

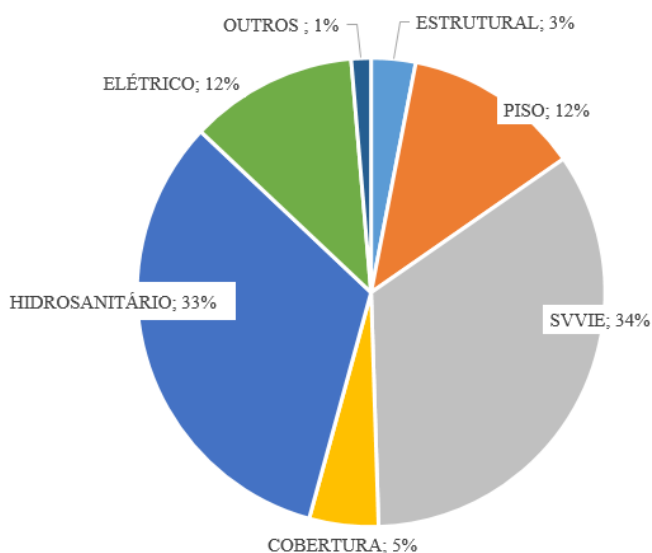
Tabela 9: Descrição da redução percentual da VUR das edificações.

Empreendimento	VUE _{global}
E01	Redução de 16% da VUR _{global}
E02	Redução de 16% da VUR _{global}
E03	Redução de 14% da VUR _{global}
E04	Redução de 22% da VUR _{global}
E05	Redução de 23% da VUR _{global}
E06	Redução de 24% da VUR _{global}
E07	Redução de 15% da VUR _{se}
E08	Redução de 23% da VUR _{global}

Fonte: Silva (2016).

A partir dos dados globais, os sistemas que mais incidiram problemas, conforme apresentado na figura 4. Ressalte-se que embora o Sistema Elétrico não esteja relacionado de forma direta na ABNT NBR 15.575:2013, tabela C.6 da norma, foi abordado na pesquisa como *instalações prediais embutidas e aparentes*.

Figura 4: Gráfico da distribuição percentual dos danos por sistema construtivo.



Fonte: Silva (2016).

5. Análise dos resultados

O resultado da pesquisa mostra a necessidade de que sejam considerados para determinação da vida útil de projeto (VUP) dos sistemas construtivos, e conseqüentemente de uma edificação, o envelhecimento dos componentes em função do ciclo de vida, bem como, o uso contínuo.

Com a análise do banco de dados da ATPO é possível determinar o percentual de redução da vida útil de projeto, determinando-se a vida útil estimada, como também analisar o tipo, a frequência e o impacto que a ocorrência de falhas nos sistemas construtivos podem acarretar na funcionalidade e habitabilidade das edificações.

Por fim, vê-se a importância de agregar estudos probabilísticos e de confiabilidade para determinar a vida útil de projeto das obras e, por conseguinte, indicar prazos de garantia ao produto posto à disposição do usuário, com um grau de confiança capaz de ampliar a competitividade entre os produtores de habitações na construção civil.

6. Conclusões

Visando apresentar os resultados obtidos pela pesquisa realizada, serão descritas a seguir as principais conclusões:

- A análise de um banco de dados como o da ATPO ou semelhantes, permite obter informações importantes para avaliação de desempenho das estruturas, utilizando-se de ferramentas apropriadas de metodologia científica como a teoria de probabilidade e de confiabilidade.
- No que se refere à taxa de falhas verificou-se, matematicamente, a frequência com que ocorreram os danos e em que período. A afinidade com prazos de cinco anos para garantia, admitida pela norma de desempenho, pode ser estabelecida;
- Considerando, ainda, que existe uma variação no nível de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S), se torna inadequada a indicação de prazo de garantia iguais para os três níveis de desempenho. O prazo de garantia pode estar relacionado diretamente ao nível de desempenho da construção (selo de desempenho).

A alta frequência de falha inicial foi observada para as construções estudadas. E, embora a massa de dados disponível seja pequena, as análises efetuadas sugerem padrões de falhas.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro. NBR 15.575-1:2013.
- _____. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro. NBR 15.575-2:2013.
- _____. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para sistemas de piso. Rio de Janeiro. NBR 15.575-3:2013.
- _____. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais e internas e externas. Rio de Janeiro. NBR 15.575-4:2013.
- _____. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro. NBR 15.575-5:2013.
- _____. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro. NBR 15.575-6:2013.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. NBR 6118:2014.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro. NBR 5674:2012.

Ballestero-Alvarez, M. E. Gestão da qualidade, produção e operações. Editora Atlas. São Paulo, 2010.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Empresas com Sistema da Qualidade ISO 9001 válidos com marca de credenciamento Inmetro. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pdf/Livro_Qualidade.pdf. Acesso em 28-11-2015.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. O movimento da qualidade no Brasil. Brasília, 2011 Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pdf/Livro_Qualidade.pdf. Acesso em 03-03-2015.

International Standard. Building and construction assets – service life planning. Part 1: General Principles. ISO 15.686-1:2000 (E). Disponível em <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-1:ed-2:v1:en>. Acesso em 28-10-2014.

_____ Building and construction assets – service life planning. Part 1: General Principles. ISO 15.686-1:2011 (E). Disponível em <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-1:ed-2:v1:en>. Acesso em 28-10-2014.

Larson, Ron e Farber, Betsy. Estatística aplicada; tradução: Luciane Ferreira Pauleti Vianna. 4ª. Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

Lordsleem Jr., A. C. Gestão da Manutenção. Aula 2. Escola Politécnica de Pernambuco. Universidade de Pernambuco. Recife, 2012. Notas de aulas 36 p.

Martins, Gilberto de Andrade. Estatística Geral Aplicada. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2011.

Melo, R. M. de. Análise dos processos de implementação do sistema de gestão da qualidade baseados na Norma ISO 9001:2001 em empresas da construção civil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia de Produção. Recife, 2005. 124 folhas.

Silva, N. C. M S da. Análise da vida útil estimada das edificações, baseada na norma de desempenho (ABNT NBR 15.575:2013). Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria Acadêmica. Recife, 2016. 130 folhas.

Slack, N., Chambers, S. e Johnston, R. Administração da produção. Tradução Oliveira, M. T. C e Alher, F. 2ª Ed. São Paulo. Atlas, 2002.

Zarzar Júnior, F. C. Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos baseada no método dos fatores. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria Acadêmica, 2007. 173 p.