USO DA ESTATÍSTICA COMO FERRAMENTA DA ENGENHARIA DIAGNÓSTICA

R.GOMES
Diretor Técnico
Examini Engenharia Diagnóstica
Brasília, Brasil
rafael.concreta@gmail.com

RESUMO

Este trabalho visa à construção de diversas análises inéditas combinando-se recursos disponíveis na Estatística Descritiva e Inferencial com dados provenientes de análises de risco inerentes à Inspeção Predial, como o Grau de Risco e a Matriz GUT. Nesse passo, aliando-se medidas de posição, medidas de dispersão, histogramas e box-plots vindos da Estatística Descritiva, tão bem como a regressão linear via estimador de Mínimos Quadrados Ordinários da Estatística Inferencial, sobre um conjunto de dados obtidos a partir de dez inspeções prediais realizadas no mercado do Distrito Federal, pôde-se aferir quantitativamente quais as variáveis mais relevantes no desempenho das edificações. Após o estudo das variáveis idade da edificação, *dummy* para a localização em área nobre, *dummy* para o emprego de engenheiro adicional e dedicado exclusivamente às instalações prediais durante a construção, *dummy* para indicar obras executadas por construtoras de maior porte e variável que contabilizava o número de itens de alto risco (caracterizados aqui como não conformidades com Grau de Risco Crítico e nota da Matriz GUT superior a 599), concluiu-se que, com rigor estatístico, apenas a idade e o contador de itens de alto risco explicavam satisfatoriamente a nota média GUT das edificações, que foi o indicador de desempenho adotado no presente trabalho
Palavras-chave: Inspeção Predial. Risco. Estatística. GUT

ABSTRACT

This work aims to carry out several new and unprecedented analyzes combining the available resources from Descriptive and Inferential Statistics with data coming from risk analysis inherent to the Inspection of Buildings, such as Degree of Risk and GUT Matrix. In this step, combining position measures, dispersion measures, histograms and box plots from Descriptive Statistics, as well as linear regression by Ordinary Least Squares estimator from Inferential Statistics, on a set of data obtained from ten Inspections carried out in the market of the Federal District, it was possible to quantify the most relevant variables in the performance of the buildings. After the study of the variables age of the building, dummy for the location in noble area, dummy for the use of an additional engineer dedicated exclusively to the building installations during the construction, dummy to indicate works executed by larger constructors and variable that counted the number of high-risk items (characterized here as non-conformities with a Critical Risk Degree and, at the time, GUT Matrix score above 599), it was concluded that, with statistical accuracy, only age and counter of high-risk items satisfactorily explained the grade of the GUT average of each building, which was the performance indicator adopted in the present study.
Keywords: Building Inspection. Risk. GUT Criteria. Statistic

1. INTRODUÇÃO

A Engenharia Diagnóstica é um ramo da engenharia incumbido de avaliar em diversos níveis as construções existentes. Entre suas ferramentas, da mais simples, a Vistoria, até a mais elaborada, a Consultoria, encontra-se um arsenal de abordagens indispensável para aferir o desempenho, durabilidade e a vida útil das obras. A Inspeção Predial consiste na ferramenta de uso mais disseminado da Engenharia Diagnóstica e, basicamente, descreve tecnicamente as não conformidades, atribuindo algum critério de risco e uma breve recomendação para cada um dos problemas apontados. Em virtude de uma série de

sinistros, tais como explosões e desabamentos, verificados e noticiados na grande mídia, aumentou consideravelmente a sensibilização da opinião pública, e não só do meio técnico, em relação ao papel preventivo e relevância da Inspeção Predial.

Reflexo disso encontra-se na promulgação da Lei Nº 9913/2012 do município de Fortaleza, da Lei 6400/13 do Estado do Rio de Janeiro, da Lei Nº 4.444 do Município de Bauru, das Leis Complementares Nº 261 e 278 do município de Jundiaí, da Lei Complementar Nº 1.669 do município de Ribeirão Preto, da Lei Complementar Nº 441 da cidade de Santos, da Lei municipal Nº 7737 de Belém e na apresentação do Projeto de Lei Federal 6014/2013, que, em linhas gerais, trazem critérios pertinentes à realização da Inspeção Predial. Não só isso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também mostra-se imbuída de impulsionar a qualidade da engenharia e atender ao rigor do mercado tendo em vista a reabertura das discussões no seu comitê CB-002 em torno da normatização da Inspeção Predial. Por fim, levando-se em conta os objetivos e parâmetros da Norma de Desempenho (NBR 15.575/2013), tem-se mais uma fonte que evidencia a importância da Inspeção Predial, notadamente porque tal norma informa que a avaliação periódica da durabilidade e da vida útil de projeto poderá ser aferida por inspeções prediais que contemplem os sintomas patológicos, a idade da obra, a gestão da manutenção, a adequação do Manual de Uso, Operação e Manutenção entre outros pontos.

Paralelamente a esse contexto, percebe-se o crescente uso de dados estruturados e não estruturados a fim de modernizar e otimizar diversas áreas da economia. *Big Data, Data Mining e Machine Learning* são termos que basicamente se relacionam ao poder de se analisar e predizer diversos cenários por meio de computadores, os quais em alguns casos, aprendem sozinhos determinados processos. Esse é o estado da arte na análise de dados, que já tem ocasionado mudanças significativas na indústria do marketing, na indústria de óleo e gás, na internet, no mercado automobilístico, entre outros. Tal emprego, contudo, necessita de uma enorme massa da dados ainda não disponível na recente área da Engenharia Diagnóstica. Por outro lado, já há a possibilidade do uso de ferramentas mais tradicionais da análise de dados provenientes da estatística descritiva e estatística inferencial.

Desta forma, busca-se nesse artigo realizar análises estatísticas de dados extraídos de dez Inspeções Prediais realizadas no mercado imobiliário do Distrito Federal (edifícios residenciais e comerciais dos bairros: Sudoeste, Águas Claras, Asa Norte, Noroeste, Cruzeiro e Taguatinga) nos últimos três anos. Passo seguinte, objetiva-se a emissão de apontamentos técnicos comparativos entre as edificações, no sentido de se aferir quais variáveis mais impactam nos resultados da Inspeção Predial. Nessa aferição reside a importância do presente artigo, que adotará, entre outros meios, histogramas, diagramas de box-plot e regressões lineares como fonte para a interpretação dos resultados. Almeja-se com essa inovação subsidiar e incentivar, ainda que de forma incipiente, a interação da Engenharia Diagnóstica com a Análise de Dados, para que em um horizonte já de médio prazo a Engenharia Nacional possa também ser beneficiada dos aparatos tecnológicos encontrados no *Big Data, Data Mining e Machine Learning*. Em outras palavras, muitos dos setores hoje beneficiados pela Inteligência Artificial perpassaram no passado por uma miríade de estudos vinculados à métodos econométricos que serviram de indispensável lastro para a consolidação das práticas mais modernas de modelos matemáticos que vêm revolucionando diversos campos da economia.

Nesse esteira, o presente artigo explicará brevemente sobre a metodologia de análise de risco, para em seguida expor os resultados das análises acompanhados dos respectivos comentários técnicos. Ao final, serão expostas as principais conclusões, indicando-se também novas abordagens que podem ser empreendidas tendo em vista todo o arcabouço teórico e prático acessível àqueles que desejem conjugar a Engenharia Diagnóstica com o estado da arte da Ciência de Análise dos Dados.

2. METODOLOGIA

Quanto à metodologia empregada é suficiente e necessário comentar acerca das duas tipologias de análise de risco utilizadas nas dez edificações, as quais, conjuntamente, somaram 3396 não conformidades. Nesse sentido, a Norma de Inspeção Predial do Ibape/SP/2012 traz a análise mediante os “graus de risco”, conforme apresentado adiante:

> “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."

Por sua vez, Gomide e outros (2009), indicam o recurso da Matriz GUT a fim de refinar a análise de risco por meio de um método subjetivo mas que traz resultados quantitativos.

Tabela 1 – Parâmetros para a análise de risco via Matriz GUT

GRAU	NOTA	Gravidade	Urgência	Tendência
Máximo	10	risco à vida dos usuários, colapso da edificação, dano ambiental grave	evolução imediata	em ocorrência
Alto	8	risco de ferimentos aos usuários, avaria não recuperável na edificação, contaminação localizada	evolução no curto prazo	a ocorrer
Médio	6	insalubridade aos usuários, deterioração elevada da edificação, desperdício dos recursos naturais	evolução no médio prazo	prognóstico para breve
Baixo	3	incômodo aos usuários, degradação da edificação, uso não racional dos recursos naturais	evolução no longo prazo	prognóstico para adiante
Mínimo	1	depreciação imobiliária	não evoluirá	imprevisto

Fonte: Gomide (2009) com adaptações

Valendo-se dessas duas metodologias e valendo-se ainda de ferramental proveniente da estatística, obteve-se o conjunto de resultados apresentado a seguir. Cabe antecipar que para a análise descritiva cotejaram-se os 3396 dados advindos das não conformidades levantadas, ao passo que a análise inferencial utilizou-se de dez dados relativos às edificações sopesadas de forma global.

3. RESULTADOS

De plano, apenas para fins de melhor conhecimento da base de dados altercada, traz-se o resultados da análise descritiva conduzida. Todas as edificações comportam estruturas de concreto armado com lajes nervuradas, fachadas em pele de vidro e/ou granito e/ou pastilhas cerâmicas, além das habituais instalações prediais.

Tabela 2 – Resultados da Análise dos prédios via medidas de posição e dispersão

Identificação	Média do GUT	Mediana do GUT	Desvio-padrão (DP)	Coeficiente de Variação (CV)
PRÉDIO	M	MED	DP	CV
A	81.46	64	87.75	1.08
B	120.49	64	154.21	1.28
C	118.31	64	152.98	1.29
D	188.35	120	204.93	1.09
E	156.79	96	184.62	1.18
F	142.17	80	152.7	1.07

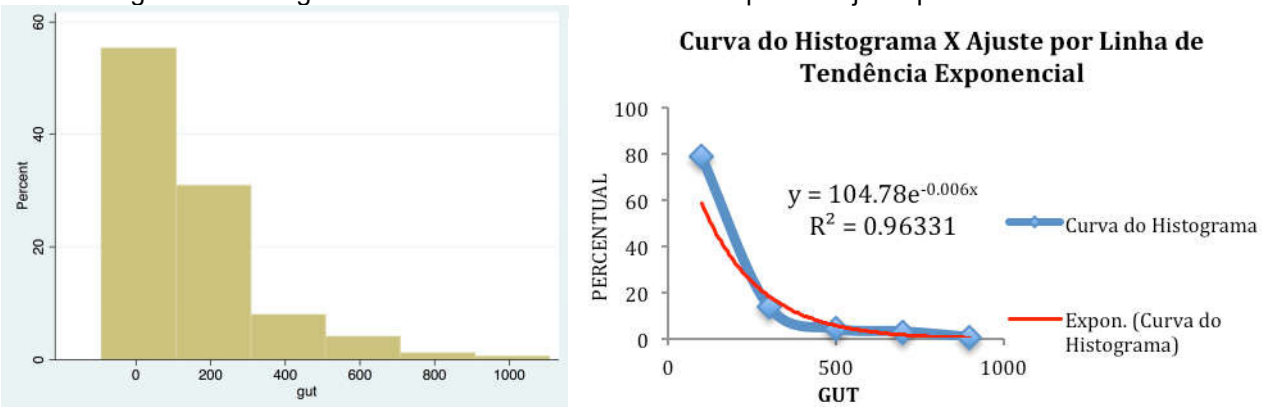
G	125.75	64	165.6	1.32
H	198.41	144	158.82	0.8
I	245.26	192	143.27	0.58
J	204.26	160	221	1.08

Fonte: autor

Em relação à mediana, insta aduzir não ser um recurso razoável para avaliação, tendo em vista que se retrata um valor que tende a atenuar resultados extremos, tanto para menos como para mais, camuflando assim o real impacto das anomalias e falhas que apresentaram elevado GUT, o que, naturalmente, são do maior interesse. Além disso, tendo em vista a maior concentração de itens com baixas notas de GUT, constata-se um comportamento padronizado em que todas as medianas são inferiores aos valores médios de GUT. Ou seja, o eventual emprego da mediana, para a amostra estudada, indicaria um desempenho GUT enviesado em desfavor da segurança, superestimando o desempenho da construção edilícia. Já a média não traz essa desvantagem. Contudo, precisa ser ponderada junto às medidas de dispersão. Nesse caso, verifica-se uma grande dispersão em torno da média, o que fora quantificado via desvio-padrão e coeficiente de variação, os quais indicam uma variabilidade dos dados, em geral, da mesma ordem de grandeza da própria média (CV próximo da unidade). Esses resultados justificam a necessidade de se testar o emprego da média do GUT também perante técnicas de regressão (Estatística Inferencial), a fim de se avaliar se mesmo diante dessa variabilidade haverão resultados úteis.

Antes disso, procedeu-se a um refinamento da análise descritiva dos 3396 dados (dez edificações inspecionadas em sua área comum) por meio da elaboração de histogramas e diagramas box-plot.

Figura 1 – Histograma das não conformidades e o respectivo ajuste por linha de tendência



Fonte: autor

As duas representações acima indicam um comportamento de decaimento exponencial das não conformidades. A utilidade dessa avaliação consiste, entre outros aspectos, em poder aferir se uma nova edificação inspecionada encontra-se acima ou abaixo da curva representada pela equação indicada na Figura 1 (à direita), o que é de especial relevância particularmente para o trecho do eixo das abcissas que reúne as maiores notas GUT. Cabe destacar que pelo fato de a amostra reunir dez edificações heterogêneas, tem-se um forte indicativo de que a forma exponencial tende a representar um bom ajuste para a análise GUT em edificações, argumento esse também respaldado no alto coeficiente de determinação calculado.

Para melhor apreensão da etapa seguinte é necessária a exposição da tabela que consolida dados globais pertinentes às dez construções inspecionadas. A seguir, constam as variáveis candidatas a explicar a nota média do GUT. Dessa relação cabe explicar que as não conformidades de Alto Risco (RIS) foram arbitradas como aquelas com grau de risco “crítico” e, simultaneamente, com Nota da Matriz GUT superior a 599. Além disso, “Porte” é variável binária que assinala (quando o valor é 1) que o prédio fora executado por construtora de maior porte, dentro da realidade do Distrito Federal. A seu turno, as outras duas variáveis *dummies* indicam quando o prédio se localizava em bairro nobre e quando a obra contou com um engenheiro de instalações, além do usual engenheiro civil responsável pela produção da obra.

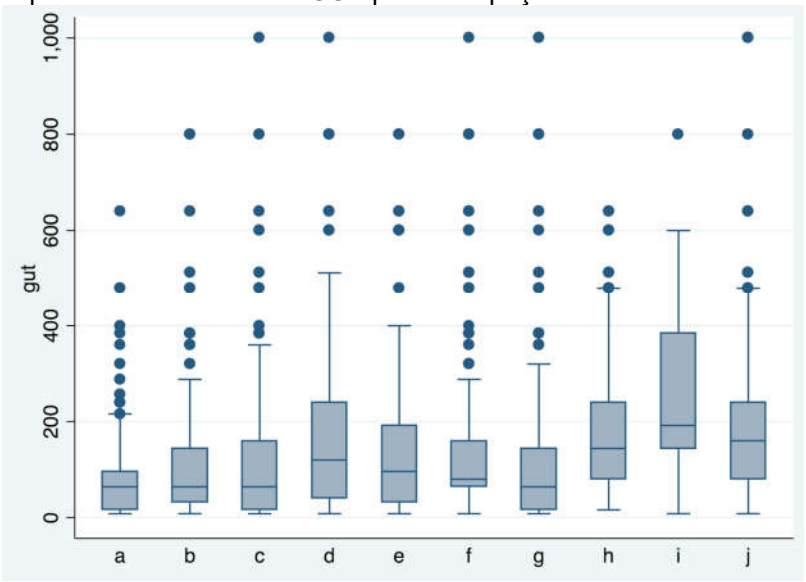
Tabela 3 – Dados consolidados das variáveis estudadas para os dez prédios inspecionados

Identificação	Variáveis Explicadas	Variáveis Explicativas						
Prédio	Nota Média do GUT	Número de Não conformidades de Alto Risco (RIS)	Idade (anos)	Porte	Eng. Adicional na obra?	Prédio em Bairro Nobre?	RIS/ m^2	Área (m^2)
A	81	1	1	0	1	0	0,08	12000
B	121	11	2	1	0	1	1,22	9000
C	118	7	13	0	0	1	1,11	6300
D	188	30	2	0	0	0	2.50	12000
E	157	23	3	1	0	1	3,86	5950
F	142	18	1	1	1	1	1,65	10850
G	126	13	2	1	0	1	1,19	10850
H	198	11	3	1	0	1	1,46	7500
I	245	4	40	0	0	0	2,00	2000
J	204	23	25	0	0	0	7,18	3200

Fonte: autor

Ato contínuo, ainda dentro da análise descritiva, foi elaborado o diagrama de box-plot a seguir. Percebe-se dessa representação de forma otimizada como se distribuem todas as notas GUT provenientes da análise de risco dos dez prédios inspecionados. Assim, tem-se um célere indicador visual da posição da mediana, da extensão do intervalo que reúne o primeiro e o terceiro quartil, além de se explicitar, os *outliers*, que são do maior interesse para a Engenharia Diagnóstica, haja vista realçarem a distribuição das maiores notas GUT. Destarte, o histórico cumulativo desse tipo de análise pode servir de supedâneo mais rigoroso para a avaliação de novas edificações.

Figura 2 – Diagrama box-plot referente a análise GUT para a inspeção da área comum de dez edificações

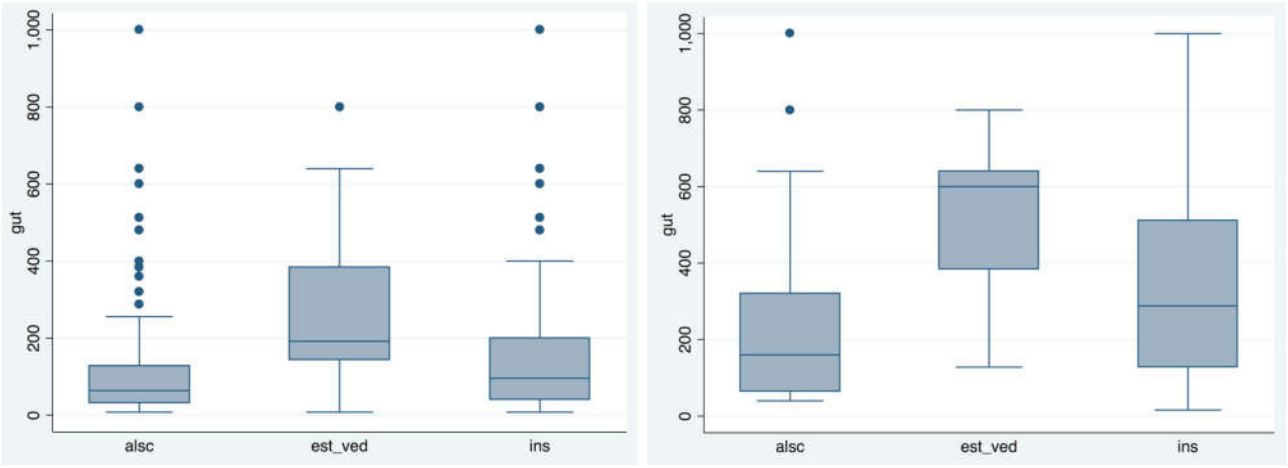


Fonte: autor

Para melhor analisar o comportamento da nota GUT por meio do box-plot, elaboraram-se os gráficos a seguir. Antes de quaisquer comentários, impende dizer que “alsc” diz respeito às não conformidades relacionadas com problemas em: acabamento, limpeza, sinalização e compatibilização de

projetos. Nessa mesma linha, “est_ved” reuniu questões associadas a estrutura e vedações. Por fim, “ins” trouxe conjuntamente as não conformidades adstritas a quaisquer das instalações prediais inerentes a uma construção edilícia. Além disso, no gráfico à esquerda da figura a seguir, tal estruturação tomou por base as 3396 ocorrências, ao passo que a figura da direita levou em consideração apenas as não conformidades previamente qualificadas com grau de risco “crítico” (596 ocorrências). Dito isso, percebe-se que em ambos os casos o grupamento central – associado às estruturas e vedações – demonstrou um posicionamento mais elevado, e, portanto, mais preocupante. Desse modo, uma maior concentração de esforços nesses sistemas tende a trazer um ganho marginal mais elevado para o desempenho global das edificações

Figura 3 – Diagrama box-plot referente a análise GUT separado por área técnica. À esquerda todas as 3396 ocorrências. À direita, apenas as 596 consideradas com grau de risco Crítico



Fonte: autor

Migrando-se agora a análise para a estatística inferencial, constatou-se que algumas variáveis detinham, de fato, a capacidade de pode explicar a nota média GUT das edificações estudadas.

Figura 4 – Resultado da regressão via Mínimos Quadrados Ordinários (software Stata)

```
. stepwise, pr(.10): reg gutm loc porte eng ida ar ris
                     begin with full model
p = 0.6166 >= 0.1000  removing eng
p = 0.4429 >= 0.1000  removing loc
p = 0.4175 >= 0.1000  removing ar
p = 0.3479 >= 0.1000  removing porte

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =      10
-------------+------------------------------           F(  2,     7) =    7.43
       Model |  15253.7585     2  7626.87924            Prob > F      =  0.0186
    Residual |  7185.29851     7  1026.47122            R-squared     =  0.6798
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.5883
       Total |  22439.057      9  2493.22855            Root MSE      =  32.039

------------------------------------------------------------------------------
        gutm |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         ida |     2.96527   .8262677     3.59   0.009     1.011457    4.919082
         ris |    2.555839   1.182756     2.16   0.068    -.2409356    5.352614
       _cons |    94.81419   22.23059     4.27   0.004     42.24721    147.3812
------------------------------------------------------------------------------
```

Fonte: autor

Checando-se a regressão como um todo, impende comentar que o poder explicativo do modelo apresentou um resultado satisfatório (exigência de R2 superior a 40% tendo em vista a novidade da análise) face o valor encontrado de 58,83% para o coeficiente de determinação ajustado (R2, já levando em conta o efeito do número de variáveis explicativas). Além disso, o teste-F indica uma probabilidade ínfima de 1,8%

de que todos os coeficientes das variáveis explicativas sejam simultaneamente nulos. Além disso, foi checado o atendimento aos pressupostos da regressão via Mínimos Quadrados Ordinários de modo que os resíduos possuem distribuição normal e não se rejeita a hipótese nula de normalidade para a variável explicada (Gutm), o que se averiguou por meio do teste de Shapiro-Wilk. Mais ainda, a heterocedasticidade (erros sem variância constante) foi descartada pelo teste de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg, ao passo que a multicolinearidade elevada entre as variáveis explicadas foi rechaçada pelo teste VIF, Gujarati (2011). Por fim, os resultados encontrados para o p-valor das variáveis IDA (idade) e RIS (número de itens de alto risco) respeitam o critério do nível de significância estatística de 10%. Com isso, obteve-se a seguinte equação para retratar o desempenho da edificação por meio da nota média do GUT.

$$Gutm = 2{,}96.ida + 2{,}56.ris + 94{,}81 \quad (1)$$

Onde:
Gutm = nota GUT média de cada uma das edificações inspecionadas em suas área comuns;
ida = idade das edificações, em anos;
ris = número de não conformidades em cada edificação com grau de risco crítico e nota GUT maior que 599

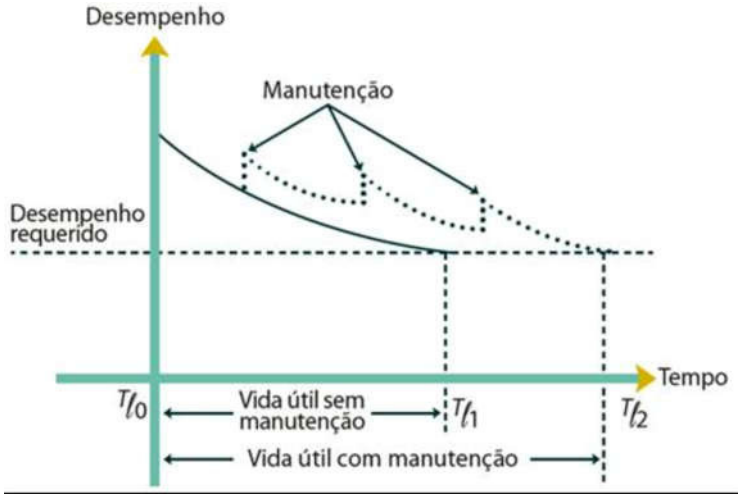
Dos resultados acima, pode se interpretar que utilizando “Gutm” como variável explicada e as variáveis IDA (idade da edificação), RIS (quantidade de itens com Grau de Risco Crítico e com nota GUT superior a 599 – denominados de não conformidades de “alto risco”), LOC (*dummy* para a localização em área nobre do DF), PORTE, (*dummy* para a indicação de prédio executado por firma de maior expressividade no mercado do DF), ENG (*dummy* para assinalar objetos que contaram com um engenheiro dedicado exclusivamente para as instalações prediais durante a obra) e AR (indicador do número de itens de “alto risco” por metro quadrado da área comum), como candidatas a variáveis explicativas, constatou-se que somente a idade (IDA) e a quantidade absoluta de itens de alto risco (RIS) são úteis para explicar o valor médio do GUT para cada uma das dez edificações. Com a idade, extrai-se uma variável intrinsecamente preditiva, independente mesmo da própria inspeção predial, diferentemente do que ocorre para a variável “ris”.

Em certa medida, confirmou-se uma impressão prática daqueles que executaram as dez inspeções prediais: a de que, por exemplo, o fato de ser uma grande construtora entregando um prédio em um bairro nobre não implicava uma edificação com desempenho necessariamente diferenciando. Tal constatação pode sinalizar um problema crônico em relação à qualificação da mão de obra, entre outros fatores.

Adicionalmente, da análise elaborada conclui-se que há um peso expressivo e validado por uma regressão linear para as intervenções a cargo do usuário (manutenção e uso do imóvel) já que a idade das edificações persistiu como variável estatisticamente significativa para explicar o Gutm. Esse apontamento reforça o peso do atendimento a uma miríade de determinações e recomendações entabuladas no Manual de Uso, Operação e Manutenção das áreas comuns – documento emitido pela construtora em atendimento a NBR 5674/2012 – Manutenção das Edificações – Requisitos para o Sistema de Gestão da Manutenção – e a NBR 14037/2011 – Diretrizes para a elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações. Negligenciar as prescrições envoltas com esses dois normativos implica uma piora no desempenho da edificação, retratado por meio de um aumento no valor médio do GUT para as não conformidades associadas àquele objeto.

Dentro da amostra estudada, cada ano a mais na idade acarretou uma majoração de cerca de 2,96 pontos no valor do GUT médio. A título de ilustração, sabendo que o GUT médio dos dois prédios novos inspecionados é de 112 pontos e, sabendo que as edificações podem ter uma vida útil projetada de até 75 anos (tabela 6 da parte I da NBR 15575/2013), colhe-se, em um cálculo expedito, um efeito potencial projetado de agravamento de mais de 220 pontos (GUT médio ao fim da vida útil seria 332 pontos) em caso de inépcia para com as atividades colacionadas nas NBR 5674/2012 e NBR 14037/2011. Em suma, piora-se o desempenho geral da edificação em quase três vezes. Essa observação é inteiramente aderente ao gráfico da figura a seguir, já que o aumento expressivo do GUTM tende a encurtar a vida útil da edificação.

Figura 5 – O impacto da Manutenção sobre o Desempenho ao longo da Vida Útil



Fonte: NBR 15.575/2013

Ainda dentro da amostra estudada mostrou-se útil estatisticamente o emprego da variável que contabilizava itens de “alto risco”. Já esse fator envolve conjuntamente na seara de responsabilização tanto a construtora como o condomínio. Isso porque entre os dados analisados constavam sete prédios em garantia, sendo que dois deles representaram inspeções prediais de recebimento de obras novas. Além disso, em todos os dez casos havia a presença de não conformidades de “alto risco”. Ou seja, a presença disseminada de itens de alto risco, independente da idade da edificação, faz com que haja uma concorrência na causalidade (entre construtora e condomínio) desses vícios e defeitos construtivos mais problemáticos.

Isso revela a importância da Inspeção Predial em detectar tempestivamente especialmente esses itens mais perigosos, e assim, fornecer meios de o condomínio e/ou construtora atuarem celeremente na correção dessas falhas e anomalias. Essa atuação, como visto por meio da regressão, tem um efeito estatisticamente robusto no desempenho geral da edificação, espelhado por meio da nota média do GUT. No caso em apreço, para cada item de alto risco detectado impõe-se um aumento no GUT médio de 2,56 pontos. Como dentro da amostra altercada há prédios com valores de RIS variando entre 1 e 23, percebe-se um impacto potencial no GUTM das dez edificações (158 pontos) entre 2,56 e 59 pontos. Haja vista a natural predominância quantitativa de itens menos graves (vide histograma alhures apresentado) é destacável o peso que isoladamente o apontamento de um único item de alto risco tem sobre toda a média GUT de cada edificação.

4. CONCLUSÕES

A ferramenta da Engenharia Diagnóstica denominada Inspeção Predial tem um papel crescente de destaque no mercado ao ofertar diversas vantagens às construtoras e aos condomínios quando se intenta a melhor gestão do patrimônio por meio de um desempenho satisfatório na vida útil projetada da edificação. Essa é a percepção do meio técnico, da grande mídia e até mesmo dos legisladores, como já apontado na introdução desse artigo.

Não obstante, no ensejo de se aperfeiçoar a ferramenta da Inspeção Predial, buscou-se aliar a massa de dados proveniente das análises de risco intrínsecas as inspeções, com recursos da Estatística Descritiva e Inferencial. Deste modo, foram utilizados os *outputs* do Grau de Risco (mínimo, regular e crítico) e, principalmente, da nota da Matriz GUT para um universo de 3316 não conformidades cotejadas ao longo de dez inspeções prediais realizadas entre 2014 e 2017 nas áreas comuns de edificações construídas no Distrito Federal.

Com a Estatística Descritiva foi possível mediante o emprego de medidas de posição, medidas de dispersão, histogramas e gráficos de box-plot ter uma visão aquilatada do desempenho das edificações, aferido aqui por meio da nota média do GUT para cada imóvel. Em síntese, constatou-se uma curva com

formato de decaimento exponencial para a distribuição de frequências de todas as notas GUT. Tal curva pode deter grande valia para fins comparativos frente a novas edificações inspecionadas, o que é inteiramente aderente ao novo cenário buscado com a recente norma de desempenho (NBR 15.575/2013).

Já no âmago da Estatística Inferencial, valendo-se da regressão linear via Mínimos Quadrados Ordinários, atestou-se com robustez estatística a utilidade em se explicar o GUT médio de cada uma das edificações utilizando-se as variáveis explicativas IDA (idade) e RIS (número de não conformidades de alto risco). Tal fato apontou para responsabilização concorrente entre condomínio e construtora tendo em vista a natureza das variáveis aproveitáveis ao modelo. Interessante ainda apontar que a idade tem um poder de predizer o desempenho da edificação antes mesmo de qualquer inspeção. Ademais, mostra-se útil compartilhar que o porte da construtora e a localização do empreendimento (testadas como variáveis binárias) não demonstraram capacidade explicativa com rigor estatístico, o que pode se justificar por conta de um problema generalizado na qualificação da mão de obra.

Diante das análises tecidas, que combinaram ineditamente Engenharia Diagnóstica com Estatística Descritiva e Inferencial, vislumbram-se diversos campos de aprimoramento. Por exemplo, de posse de uma massa de dados maior, pode-se recorrer a regressões segundo o modelo de diferenças em diferenças, testando-se o comportamento do desempenho ao longo dos anos para determinadas variáveis a serem controladas, buscando averiguar se há uma estagnação técnica no mercado imobiliário. Adicionalmente, poder-se-ia criar novas variáveis binárias para aferir se há ou não um novo patamar de qualidade com a entrada em vigor da Norma de Desempenho (NBR 15.575/2013). Ou ainda, variáveis *dummies* para tentar atestar diferentes comportamentos entre prédios residenciais e comerciais, ou mesmo nos prédios certificados por organismos internacionais associados à eficiência das edificações como o *Green Building*. Também há a possibilidade de se valer de regressões de dados em Painel para avaliar se, estatisticamente, há alguma diferença no desempenho para os prédios que passaram por retrofit ou para prédios de uma mesma construtora dentro de grandes empreendimentos.

Toda essa perspectiva busca fomentar a solidificar a Análise de Dados dentro da Engenharia Diagnóstica, para que em um futuro não tão distante a engenharia nacional possa se valer das ferramentas que representam o estado da arte nesse campo, como o aprendizado de máquina.

5. REFERÊNCIAS

GOMIDE, Tito Lívio; FAGUNDES NETO, Jerônimo; GULLO, Marco Antônio, **Engenharia diagnóstica em Edificações**, São Paulo, Pini, 2009.

GOMIDE, Tito Lívio; FAGUNDES NETO, Jerônimo; GULLO, Marco Antônio**, Inspeção. Predial Total – diretrizes e laudos no enfoque da qualidade total e da engenharia diagnóstica**, São Paulo, Pini, 2011.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. São Paulo: Makron Books, 2011

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia **– Norma de Inspeção Predial**, São Paulo, 2011

IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – **Inspeção Predial - Check-up Predial: Guia da boa Manutenção**, São Paulo, Leud, 2009.