RUBENS ALVES DANTAS

ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES

UMA INTRODUÇÃO À METODOLOGIA CIENTÍFICA



4ª edição revisada e atualizada

eud

RUBENS ALVES DANTAS

ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES

UMA INTRODUÇÃO À METODOLOGIA CIENTÍFICA

4ª Edição
revisada e atualizada



São Paulo – SP
2026



PREFÁCIO

A Engenharia de Avaliações teve um progresso significativo nas últimas décadas, principalmente pela Introdução da Metodologia Científica, como suporte aos métodos técnicos até então utilizados. Sistemas de Tratamento de Dados foram desenvolvidos, o que facilitou o seu uso.

Embora exista uma vasta literatura nacional e em língua estrangeira, que trata do assunto de uma maneira genérica, no Brasil existe uma escassez de livros que mostrem os passos para aplicação da Metodologia Científica na Engenharia de Avaliações.

Este livro pretende dar uma visão geral sobre os métodos utilizados na Engenharia de Avaliações e, ao mesmo tempo, as noções necessárias para emprego adequado do Método Comparativo de Dados de Mercado, embasado na Metodologia de Pesquisa Científica. É indicado para iniciantes, como também para profissionais que militam no ramo, seja em universidades ou no âmbito empresarial ou governamental.

É o resultado de vários anos de pesquisas como profissional e professor de Engenharia de Avaliações nas Universidades Estadual e Federal de Pernambuco, desde 1981; como profissional com atuação nos departamentos de engenharia do Banco Real em São Paulo, na chefia do Serviço de Vistorias e Avaliações do extinto BNH e da Caixa Econômica Federal, por 30 anos e, atualmente, como Diretor da Dantas Engenharia de Avaliações. Atente-se ainda para conhecimentos outros adquiridos em diversos cursos sobre a matéria. O primeiro deles ministrado pelos professores Hélio de Caires e Hélio Roberto Ribeiro de Caires, na USP/SP, em 1979, um fato marcante para despertar interesse pelo tema. Mas foi em 1983, em curso ministrado pelo Engº Domingos de Saboya Barbosa Filho,

que foram mostrados os caminhos da metodologia Científica Aplicada à Engenharia de Avaliações, aumentando, ainda mais esse interesse. Em 1986 recebemos o grau de mestre em Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia de Avaliações. A dissertação intitulada "Avaliação de Glebas Inseridas na Malha Urbana" foi orientada pelo prof. Gauss Moutinho Cordeiro, um especialista em tratamento de dados de renome internacional; em 2003 o grau de Doutor em Economia com a tese Modelos Espaciais Aplicados ao Mercado Habitacional, sob a orientação do professor José Raimundo de Oliveira Vergolino e co-orientação de André Magalhães, ambos oriundos da Universidade de Illinois – USA, o que me especialista em Regressão Espacial, o que me mostrou mais um horizonte a ser percorrido pela nossa atividade. A todos esses professores não poderia deixar de expressar imensa gratidão, pelo estímulo que nos dispensaram ao longo de todos estes anos.

Conta ainda este livro com a experiência adquirida em diversos trabalhos, cursos ministrados e palestras proferidas em Congressos de Engenharia de Avaliações e Afins, em várias capitais brasileiras e no exterior.

O seu conteúdo está disposto numa sequência lógica, distribuído em 10 (dez) capítulos, de modo que o entendimento de cada um, pressupõe o conhecimento dos anteriores. No primeiro faz-se uma apresentação geral da Engenharia de Avaliações, chamando atenção para os conceitos de valor e mercado. A Metodologia Básica Aplicável compõe o capítulo segundo, onde se faz uma abordagem simplificada de todos os métodos existentes, com o objetivo de oferecer um panorama das técnicas avaliatórias atualmente disponíveis. A Metodologia de Pesquisa Científica inicia-se no terceiro capítulo, no qual se faz uma apresentação ampla de cada um dos passos necessários à sua adequada aplicação e se desenvolve em tópicos específicos até o final do Livro. Assim, o quarto capítulo ocupa-se da Inferência Estatística e, à Modelagem, dedicam-se os capítulos quinto, sexto, sétimo e oitavo. Isto é, o quinto ao Modelo de Regressão Linear Simples, o sexto ao Modelo de Regressão Linear Múltipla, o sétimo a alguns Modelos Especiais e o oitavo ao tratamento de dados através dos Modelos Lineares Generalizados, uma das técnicas mais modernas da atualidade. A avaliação de Glebas Urbanizáveis, tema de grande interesse para o Engenheiro de Avaliações, é tratado no capítulo

nono, que desenvolve um modelo para avaliação sob a ótica da análise de investimentos, utilizando-se técnicas de simulação. No décimo, o último, propõe-se um roteiro para Apresentação de Laudos de Avaliação. Desejamos na oportunidade agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração deste Livro. Em particular aos que fazem a Caixa Econômica Federal – a grande patrocinadora da primeira edição deste livro – e, principalmente àqueles aos amigos do quadro de engenharia, com destaque os Engenheiros Luiz Felippe Pinheiro Junior e Virgílio Soares Pinto Neto, pelas revisões efetuadas. Também a minha esposa, Andrea Fernandes Dubourcq Dantas, sempre presente durante todo este percurso, dando o seu indispensável apoio, e aos meus filhos Rodrigo e Raissa. Seria grande injustiça esquecer de agradecer a Deus por tantas dádivas recebidas; pela família maravilhosa e tantos amigos de verdade.

Todo esforço se dispensou para que este trabalho fosse realizado da melhor maneira possível, buscando-se minimizar falhas que, certamente existem, mas são de nossa inteira responsabilidade. Muito gratos ficaremos por notificações e críticas que nos forem encaminhadas.

Finalmente, sentir-nos-emos realizados se este modesto trabalho contribuir, de alguma forma, para o desenvolvimento da Engenharia de Avaliações no Brasil.

Recife, agosto de 2026.
Rubens Alves Dantas
E-mail: rubens@dantas.eng.br



Apresentação 5

Prefácio – *Rubens Alves Dantas* 7

1. A engenharia de avaliações 21
1.1 Introdução 21
1.2 Conceitos gerais 30
1.2.1 O valor 30
1.2.2 O mercado 32
1.2.2.1 Concorrência perfeita 32
1.2.2.2 Monopólio e oligopólio 33
1.2.2.3 Monopsônio e oligopsônio 33
1.2.2.4 A lei da oferta e da procura 34
1.2.2.5 Diagnóstico 36
1.2.3 O homem e os valores 37
1.2.4 A classificação dos bens 38

2. Metodologia básica aplicável 41
2.1 Introdução 41
2.2 Método comparativo de dados de mercado 42
2.2.1 Vistoria do bem avaliando 42
2.2.2 Identificação das variáveis influenciantes 43
2.2.3 Levantamento de dados de mercado 43
2.2.4 Tratamento dos dados 43
2.2.4.1 Tratamento por fatores 45
2.2.4.2 Tratamento científico 49
2.3 Método comparativo de custo 52
2.4 Método da quantificação do custo 52
2.4.1 Avaliação a partir do custo unitário básico 53
2.4.2 Avaliação do custo pelo orçamento detalhado 57
2.4.3 Depreciação física 59
2.4.3.1 Considerações preliminares 59

2.4.3.2 Métodos técnicos 59
2.4.4 Custo de reedição 62
2.5 Método da renda 63
2.5.1 Conceituação 63
2.5.2 Desenvolvimento 64
2.5.3 Matemática financeira aplicada à análise de investimentos 66
2.5.3.1 Capitalização composta 66
2.5.3.2 Receitas isoladas 67
2.5.3.3 Receitas em série uniforme 69
2.5.3.4 Taxas equivalentes 72
2.5.3.5 Taxa nominal e taxa efetiva 73
2.5.3.6 Receitas em série gradiente exponencial 73
2.6 Método involutivo 74
2.6.1 Conceituação 74
2.6.2 Desenvolvimento 75
2.7 Método evolutivo 77
2.7.1 Conceituação 77
2.7.2 Desenvolvimento 77
2.8 Considerações finais 79
2.9 Graus de especificação previstos na NBR 14.653-2:2011 79
2.10 Exercícios propostos 80

3. Metodologia científica 85
3.1 Introdução 85
3.2 Conhecimento do objeto da pesquisa 87
3.3 Preparação da pesquisa 87
3.3.1 Considerações gerais 87
3.3.2 Escolha de variáveis 90
3.3.3 Elaboração de fichas de coleta de dados 94
3.3.4 Codificação 96
3.3.5 Métodos quantitativos e qualitativos 98
3.3.6 Confiabilidade e validez 99
3.3.7 Formulação de hipóteses 100
3.4 O trabalho de campo 102
3.4.1 Considerações gerais 102
3.4.2 A precisão das informações 103
3.4.3 A entrevista 104
3.5 Processamento e análise dos dados 107

3.5.1 Considerações gerais 107
3.5.2 O equilíbrio da amostra 107
3.5.3 Análise exploratória 108
3.5.4 Inferência estatística 108
3.5.5 Modelagem 109
3.5.6 Modelagem por computador 113
3.6 Interpretação e explicitação dos resultados 114
3.7 Elaboração do laudo avaliatório 114

4. Inferência estatística aplicada 115
4.1 Introdução 115
4.2 Objetivo 117
4.3 Distribuição de frequência 118
4.4 Estimadores de tendência central 121
4.5 Estimadores de dispersão 123
4.6 Distribuição de probabilidade 124
4.6.1 Distribuição normal 126
4.6.2 Distribuição t de student 134
4.6.3 Distribuição de snedecor 137
4.6.4 Distribuição lognormal 138
4.7 Intervalo de confiança 140
4.8 Teste de hipóteses 142
4.8.1 Teste unicaudal 143
4.8.2 Teste bicaudal 143
4.9 Propriedade dos estimadores 144
4.9.1 Não tendenciosidade 144
4.9.2 Eficiência 144
4.9.3 Consistência 145
4.10 Modelos de regressão 146

5. Tratamento científico por modelos de regressão linear simples 149
5.1 Conceituação 149
5.2 Diagrama de dispersão 152
5.3 Linearização 157
5.4 Estimação dos parâmetros 162
5.4.1 O modelo nulo 163
5.4.2 Modelo linear simples 164
5.5 A verificação das hipóteses básicas 166
5.6 Pontos atípicos 172

5.6.1 *Outlier* 172
5.6.2 Pontos influenciantes 174
5.7 Coeficiente de correlação 175
5.8 Coeficiente de determinação 176
5.9 Desvio-padrão do modelo 176
5.10 Teste de significância dos parâmetros 177
5.11 Teste de significância do modelo 179
5.12 Intervalo de confiança e intervalo de predição 183
5.13 Exercícios propostos 186

6. Tratamento científico por modelos de regressão linear múltipla 189
6.1 Introdução 189
6.2 O modelo linear geral 191
6.3 A estimação dos parâmetros 192
6.3.1 O método dos mínimos quadrados 192
6.3.1.1 Método dos mínimos quadrados ponderados 195
6.3.2 O método da máxima verossimilhança 196
6.4 Variâncias do modelo e dos parâmetros 198
6.5 Verificação das hipóteses básicas 199
6.6 Testes de significância 201
6.6.1 Significância global do modelo 201
6.6.2 Significância conjunta de parâmetros 204
6.6.3 Significância individual de um parâmetro 206
6.7 Poder de explicação 209
6.8 O intervalo de confiança para e (y_h) 210
6.9 Modelos via transformações 211
6.9.1 Teste de tukey 213
6.9.2 Teste de box-cox 214
6.10 Algumas técnicas de modelagem 216
6.11 Um exemplo aplicado a dados reais – o caso de Brasília 220
6.11.1 Considerações iniciais 220
6.11.2 O modelo de regressão 222
6.11.3 Informações adicionais 223
6.11.4 Interpretação dos resultados 224
6.11.5 Conclusões 224
6.12 Exercícios propostos 225
6.12.1 Para avaliação de uma gleba 225
6.12.2 Para avaliação de uma gleba urbana 226
6.12.3 Pede-se interpretar os seguintes modelos: 227

6.12.4 Pede-se avaliar o apartamento 229
6.12.5 Assinale com V se verdadeira ou F se falsa 230
7. Tratamento científico utilizando modelos especiais 233
7.1 Introdução 233
7.2 O modelo linear geral 233
7.2.1 Conceituação 233
7.3 O modelo-padrão 235
7.3.1 Conceituação 235
7.3.2 Testes de significância 235
7.3.3 Variáveis do tipo *dummy* 236
7.4 Modelos especiais 238
7.4.1 Conceituação 238
7.4.2 Testes de significância 239
7.4.3 Análise dos resíduos 240
7.4.4 Inclusão de variáveis *dummies* 241
7.5 Aplicações práticas 242
7.5.1 Caso I – lotes em duas regiões distintas 242
7.5.2 Caso II – terrenos com vocações distintas 245
7.5.3 Caso III – estudo de mercado de salas comerciais 248
7.6 Conclusões e recomendações 252
8. Tratamento científico por modelos lineares generalizados 257
8.1 Introdução 257
8.2 A componente aleatória 258
8.3 Características de algumas distribuições de probabilidade 259
8.4 A componente sistemática 259
8.5 A função de ligação 260
8.6 A estimação dos parâmetros 261
8.7 Verificação da qualidade do ajustamento 263
8.8 Análise do desvio 264
8.9 Os resíduos 265
8.10 Pontos influenciantes 267
8.11 Seleção do modelo 268
8.12 Validação cruzada 269
8.13 O tratamento de dados reais via o Glim(1) 270
8.14 Exercícios propostos 289
9. Avaliação de glebas urbanizáveis 291
9.1 Introdução 291

9.2 A avaliação pelo método involutivo 292
9.2.1 Vistoria da gleba avalianda 293
9.2.2 Pesquisa de valores de lotes 294
9.2.3 Estabelecimento do lote paradigma 294
9.2.4 Elaboração de um projeto de loteamento para a gleba 294
9.2.5 Levantamento das despesas de urbanização 295
9.2.6 Previsão de despesas adicionais, taxas, lucro e prazos para o empreendimento 297
9.2.7 Aplicação de modelos existentes 297
9.3 Um modelo matemático para avaliação sob a ótica da análise de investimentos 298
9.3.1 Introdução 298
9.3.2 Desenvolvimento 299
9.3.2.1 Receita obtida pela alternativa de investimento a (RLA) .. 299
9.3.2.2 Resíduo da urbanização (R) 299
9.3.2.3 Cálculo da receita obtida com a venda dos lotes (RLB). 301
9.3.2.4 Considerando vendas na forma aleatória 305
9.4 Expressão do valor final 307
9.5 Aplicações do modelo proposto 308
9.5.1 Vendas uniformes 308
9.5.2 Valor máximo para a gleba com base em lucro definido 312
9.5.3 Vendas na forma aleatória 313
9.6 Algumas considerações acerca do modelo 313
9.7 Extensões 314
9.7.1 Nível ideal de urbanização 314
9.7.2 Sensibilidade do modelo 316

10. Apresentação de laudos 323
10.1 Introdução 323
10.2 O laudo de acordo com a NBR-14.652-1:2001 325
10.2.1 Vistoria 326
10.2.1.1 Caracterização da região, correspondendo 326
10.2.1.2 Caracterização do terreno avaliando, abrangendo 327
10.2.1.3 Caracterização das benfeitorias, englobando os aspectos 327
10.2.1.4 Complementação da caracterização do bem avaliando 328
10.2.2 Diagnóstico do mercado 328

10.2.3 Pesquisa 328
10.2.3.1 Coleta de dados 328
10.2.3.2 Escolha e justificativa dos métodos e critérios de avaliação 328
10.2.3.3 Tratamento dos elementos que compõem a amostra 329
10.2.4 Grau de especificação atingido 329
10.2.5 Estimação do valor do imóvel 329
10.2.6 Considerações finais e conclusão 330

Apêndices 331

Apêndice I – Tabelas estatísticas 331

Apêndice II – Tabela de depreciação Ross/Heidecke 341

Apêndice III – Programa para avaliação de glebas em linguagem Basic 343

Apêndice IV – Dicas para utilização do Excel na análise de dados 345

Referências bibliográficas 347



A ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES

1.1 INTRODUÇÃO

Tudo que se pretende fazer na vida merece um momento de reflexão e análise: uma avaliação. Para orientar a tomada de decisão, algumas questões do tipo: o que? Para quê? Por quê? Para quem? Por quem? Como? Quando? Quanto? Qual? são levantadas e carecem respostas. Assim, para o caso particular da engenharia de avaliações, poderão surgir as questões: O que significa? Para que serve? Por que estudar? Para quem interessa? Por quem pode ser praticada? Como deve ser realizada? Quando é necessária? Quanto de dedicação exigirá? Qual o mercado de trabalho? Enfim! Vale a pena adquirir e pôr em prática os novos conhecimentos a respeito do assunto? Tornar-se um especialista em Engenharia de Avaliações? Um engenheiro de Avaliações? Algumas destas questões serão respondidas de forma sucinta nesta introdução e de forma mais aprofundada no corpo deste livro.

O que significa Engenharia de Avaliações?

A Engenharia de Avaliações é uma especialidade da engenharia que reúne um conjunto amplo de conhecimentos na área de engenharia e arquitetura, bem como em outras áreas das ciências sociais, exatas e da natureza, com o objetivo de determinar tecnicamente o valor de um bem, de seus direitos, frutos e custos de reprodução.

Para que serve a Engenharia de Avaliações?

A Engenharia de Avaliações serve para subsidiar tomadas de decisões a respeito de valores, custos e alternativas de investimentos, envolvendo

bens de qualquer natureza, tais como: imóveis, máquinas e equipamentos, automóveis, móveis e utensílios, semoventes, culturas, jazidas, instalações, empresas, marcas, patentes, *softwares*, obras de arte, empreendimentos de base imobiliária como *shopping centers*, hotéis, parques temáticos, cinemas, casa de *shows* etc., além de seus frutos e direitos.

A quem interessa a Engenharia de Avaliações?

A Engenharia de Avaliações é de grande interesse para os diversos agentes do mercado imobiliário tais como: imobiliárias, bancos de crédito imobiliário, compradores ou vendedores de imóveis. Ainda, para empresas seguradoras, o poder judiciário, os fundos de pensão, os incorporadores, os construtores, as prefeituras, os investidores etc.

Qual a importância da Engenharia de Avaliações para um incorporador ou investidor do mercado imobiliário?

Considere um incorporador, que dispõe de certo capital e pretende investi-lo no mercado imobiliário. Logicamente, para fazê-lo de forma eficiente, algumas questões precisariam ser respondidas, tais como: onde incorporar? Quando incorporar? Quando comercializar? Quanto custa a execução? O que incorporar? Como incorporar? Qual o preço do terreno? Qual o melhor plano de vendas? Qual o preço de comercialização do empreendimento? Por quanto ofertar? Por quanto comercializar? Qual a taxa interna de retorno do investimento? Qual o prazo ideal de construção? Quem são os possíveis compradores potenciais?

Do lado do investidor, então, surgem outras questões como: onde investir? Em que investir? Quando investir? Quanto investir? Quanto pagar? Qual a rentabilidade do investimento? Qual o tempo de retorno do capital investido?

Pois bem, todas estas perguntas e quaisquer outras que envolvam valores de quaisquer tipos de bens ou decisões sobre investimentos só poderiam ser respondidas, com segurança, se utilizados os métodos e as técnicas da Engenharia de Avaliações. De outra forma, seriam respondidas com base no empirismo, em divagações, opiniões subjetivas ou suposições sem as devidas comprovações científicas.



METODOLOGIA BÁSICA APLICÁVEL

2.1 INTRODUÇÃO

A aplicação da metodologia mais adequada para realização de um trabalho avaliatório depende fundamentalmente das condições mercadológicas com que se defronta o avaliador, pelas informações coletadas neste mercado, bem como pela natureza do serviço que se pretende desenvolver. Os métodos disponíveis, previstos na NBR-14.653:1 – Norma de Avaliação de Bens da ABNT – Parte 1, podem ser empregados para estimar o valor de um bem, de seus frutos e direitos, o seu custo ou ainda determinar indicadores de viabilidade, conforme descrição a seguir:

a) Métodos para identificar o valor de um bem, de seus frutos e direitos:

- Método comparativo direto de dados de mercado;
- Método involutivo;
- Método evolutivo;
- Método da capitalização da renda.

b) Métodos para identificar o custo de um bem:

- Método comparativo direto de custo;
- Método da quantificação de custo.

c) Métodos para identificar indicadores de viabilidade.

Observa-se que os únicos métodos diretos são o comparativo de dados de mercado e o comparativo de custo, sendo os demais indiretos.

Um método é considerado direto quando se obtém, pela sua aplicação, o resultado da avaliação, sem depender de qualquer outro. Entretanto, a avaliação pelos métodos indiretos exige, de alguma forma, resultados dos métodos diretos.

A seguir, serão apresentadas as definições constantes da NBR-14.653:1 para os métodos utilizados para identificação de valores de custo de um bem, com alguns comentários sobre os seus respectivos desenvolvimentos. Nos Capítulos 3, 4, 5, 6, 7 e 8 são apresentados conceitos básicos para a adequada aplicação do método comparativo de dados de mercado, enquanto o Capítulo 9 é dedicado à avaliação de glebas urbanizáveis pelo método involutivo.

Os métodos utilizados para identificar indicadores de uma viabilidade de um empreendimento são baseados em seu fluxo de caixa projetado, a partir do qual são determinados critérios de decisão baseados no valor presente líquido, na taxa interna de retorno e no tempo de retorno, entre outros. Este assunto será abordado sucintamente quando da apresentação do método da capitalização da renda.

2.2 MÉTODO COMPARATIVO DE DADOS DE MERCADO

É aquele em que o valor do bem é estimado mediante a comparação com dados de mercado assemelhados quanto às características intrínsecas e extrínsecas. É condição fundamental para aplicação deste método a existência de um conjunto de dados que possa ser tomado estatisticamente como amostra do mercado, isto é, por este método, qualquer bem pode ser avaliado, desde que existam dados que possam ser considerados como uma amostra representativa para ele. Assim, por exemplo, podem ser avaliados imóveis em geral, móveis e utensílios, automóveis, semoventes, máquinas e equipamentos etc. Sua aplicação segue as seguintes etapas:

2.2.1 VISTORIA DO BEM AVALIANDO

Para se avaliar, é preciso conhecer. Para se conhecer, é necessário vistoriar. A vistoria é, portanto, um exame cuidadoso de tudo aquilo que possa interferir no valor de um bem, tanto interna quanto externamente. Para isto, deve-se conhecer da melhor maneira possível o imóvel avaliando e o contexto urbano a que pertence, daí resultando condições



METODOLOGIA CIENTÍFICA

3.1 INTRODUÇÃO

Como foi visto no capítulo anterior, a base da Engenharia de Avaliações é a informação. A aplicação adequada de quaisquer dos métodos apresentados depende fundamentalmente das informações obtidas no mercado. A introdução da metodologia científica no trabalho avaliatório tem como objetivo orientar o avaliador, desde a escolha das informações de interesse, a forma como coletá-las, analisá-las e tratá-las, na busca de modelos que expliquem, de maneira satisfatória, a variabilidade observada nos preços, no mercado que se estuda. Para tanto, devem-se seguir as seguintes fases:

1ª) conhecimento do objeto da pesquisa (o bem avaliando);

2ª) preparação da pesquisa (planejamento);

3ª) trabalho de campo (coleta de dados);

4ª) processamento e análise dos dados (análise exploratória);

5ª) interpretação e explicação dos resultados (o modelo);

6ª) redação do relatório da pesquisa (o laudo de avaliação).

Observa-se que, muitas vezes, a pesquisa é confundida com a simples coleta dos dados. Verifica-se, porém, que a pesquisa abrange todo o processo avaliatório. Na realidade, quaisquer dos métodos apresentados no Capítulo 2 podem ser empregados, seguindo estas etapas. Contudo, neste texto, será dada maior ênfase à aplicação do Método Comparativo de Dados de Mercado.

A Engenharia de Avaliações, quando tratada seguindo estes passos, que levam em conta a maneira de seleção da amostra e sua generalização em termos específicos de probabilidade, por meio de modelos apropriados, pode ser considerada como uma ciência: a ciência do Valor.

A ciência é uma poderosa ferramenta de convicção. Existem outras, tais como a intuição, a experiência mística, a aceitação da autoridade; mas a ciência, talvez pela aparente objetividade e eficiência, proporciona a informação mais conveniente. Se alguma evidência científica é relevante para determinada afirmação, dita evidência ajudará na decisão de aceitar ou rejeitar essa afirmação (RICHARDSON, 1989).

O método científico pode ser considerado algo como um telescópio(1): diferentes lentes, aberturas e distâncias focais produzirão formas diversas de ver a natureza (mercado). O uso de apenas uma vista (um dado) não oferecerá uma representação adequada do espaço total que se deseja compreender (mercado). Talvez diversas vistas parciais (uma amostra) permitam elaborar um "mapa" tosco (modelo) da totalidade procurada (população). Apesar de sua falta de precisão, o "mapa" (modelo) ajudará a compreender o território em estudo (mercado).

Nos cursos de Engenharia, em geral, se aprende a utilizar métodos dedutivos, onde se aplicam a lógica e o raciocínio matemático, em fórmulas prontas, tabelas, ábacos etc., sem maiores questionamentos. Em Engenharia de Avaliações, o mais importante é a indução como fonte de informação, onde é possível ter um conhecimento genérico do mercado imobiliário, com base em modelos ajustados a poucas informações disponíveis. Mas deve-se insistir que a ciência não é "dona" da verdade. Toda "verdade" científica tem caráter probabilístico. Por meio dela, se adquire "conhecimento", "compreensão", crença da falsidade ou veracidade de uma proposição (RICHARDSON, 1989).

É importante saber que não existe uma fórmula mágica para se avaliar um bem; qualquer fórmula deve ser inferida do próprio mercado e, mesmo utilizando-se técnicas avançadas da pesquisa científica, nunca se obterá um modelo perfeito. Os modelos possuem sempre uma parte não explicada que incorpora erros.

(1) *Texto adaptado de Richardson (1989).*



INFERÊNCIA ESTATÍSTICA APLICADA

4.1 INTRODUÇÃO

Inferir significa concluir. Assim, inferir estatisticamente significa tirar conclusões com base em medidas estatísticas. Em Engenharia de Avaliações, o que se pretende é explicar o comportamento do mercado que se analisa com base em alguns dados levantados nele. Neste caso, a inferência estatística é fundamental para solucionar a questão, pois, conhecendo-se apenas uma parte do mercado, pode-se concluir sobre o seu comportamento geral com determinado grau de confiança.

A seguir, apresentam-se algumas definições básicas para um melhor entendimento do tema:

População

Entende-se por população todas as observações possíveis de serem levantadas no segmento do mercado que se pretende analisar. Assim, por exemplo, a população do mercado de salas comerciais de toda uma cidade, ou a população de lojas na região central, ou ainda a população de lotes de determinado bairro etc.

Amostra

Em geral, é impraticável a obtenção de todos os dados que formam o segmento de mercado que se deseja estudar, seja porque o número de elementos é demasiado grande, seja pela limitação de tempo e de recursos financeiros para realização do serviço. Assim, na prática, trabalha-se com um subconjunto de observações desta população, denominado amostra.

Parâmetros

As características numéricas de uma população são denominadas de parâmetros, geralmente representados por uma letra grega ou por uma letra latina maiúscula (por exemplo θ ou β). Os parâmetros mais importantes de uma população são a média e o desvio-padrão. A média indica a tendência central, enquanto o desvio-padrão, a dispersão com que os dados estão dispostos em torno da média. A média da população é geralmente indicada pela letra grega μ e o desvio-padrão por σ.

Estatísticas ou Parâmetros Estimados

As características numéricas de uma amostra são denominadas de estatísticas ou mais usualmente conhecidas como parâmetros estimados, isto é, uma amostra fornece os parâmetros da população de onde a ela foi extraída. Geralmente são representados por uma letra grega com circunflexo ou por uma letra latina minúscula. Assim representa-se $\hat{\theta}$ o parâmetro estimado correspondente a θ.

Estimador

Um estimador é uma fórmula que descreve o modo de calcular a estimativa de determinado parâmetro. Como exemplo, podem-se citar as fórmulas que calculam a média aritmética ($\overline{X}$) e a variância (V), ou seja:

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{n} \frac{X_i}{n}; V = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n-1} \qquad (4.1)$$

Estimação

É o processo pelo qual se obtém um estimador. Existem vários métodos de estimação, sendo os mais conhecidos o método dos mínimos quadrados e o da máxima verossimilhança.



TRATAMENTO CIENTÍFICO POR MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR SIMPLES

5.1 CONCEITUAÇÃO

O Modelo Clássico de Regressão teve origem nos trabalhos de astronomia elaborados por Gauss no período de 1809 a 1821. Atualmente, a análise de regressão é um dos ramos da teoria estatística mais utilizados na pesquisa científica. É a técnica adequada quando se deseja estudar o comportamento de uma variável (variável dependente) em relação a outras que são responsáveis pela sua formação (variáveis independentes).

Em engenharia de avaliações, considera-se geralmente como variável dependente os preços à vista dos dados de mercado em oferta ou efetivamente transacionados e, como variáveis independentes, as respectivas características decorrentes dos seus aspectos físicos e de localização, bem como de aspectos econômicos (dado de oferta ou transação, a época de ocorrência do evento etc.). Observa-se que as variáveis independentes podem ser tanto de natureza quantitativa (área, testada efetiva etc.) quanto de ordem qualitativa (natureza da informação, orientação solar etc.).

Quando a variabilidade dos preços pode ser explicada por apenas uma variável independente, por meio de uma função linear, utiliza-se o modelo de regressão linear simples, que será tratado neste capítulo; entretanto, quando mais de uma variável independente é necessária para esta explicação, adota-se o modelo de regressão linear múltipla, que será o assunto dos próximos três capítulos. Embora, na prática, seja mais usual, o modelo de regressão linear múltipla inicia-se com o modelo de regressão linear simples, graças às facilidades de entendimento das deduções e interpretações. Contudo, todos os conceitos da regressão linear simples podem ser generalizados para a regressão linear múltipla.

O modelo de regressão linear simples, para explicar a variabilidade de todos os preços praticados no mercado (Yi), pelas variações provocadas por uma única variável (Xi), é representado por uma função linear do tipo 5.1 e por mais cinco hipóteses básicas adiante definidas:

a) Função Linear

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i , \qquad i = 1,..,m \qquad (5.1)$$

onde:

Y_1 ,.....,Y_m – chama-se variável dependente, variável explicada ou variável resposta;

X_i – é chamada de variável independente, variável explicativa, ou ainda covariável;

β_0, β_1 – são denominadas de parâmetros da população;

ε_i,.....,ε_n – são os erros aleatórios do modelo.

b) Hipóteses Básicas

1ª) A variável independente deve ser representada por números reais que não contêm nenhuma perturbação aleatória.

2ª) O número de observações, ***m***, deve ser superior ao número de parâmetros estimados, isto é, para o caso de regressão linear simples deve ser superior a dois.

3ª) Os erros são variáveis aleatórias com valor esperado nulo e variância constante, isto é, $\mathbf{E}(\varepsilon) = \mathbf{0}$ e $\mathbf{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$, respectivamente.

4ª) Os erros são variáveis aleatórias com distribuição normal.

5ª) Os erros não são correlacionados, isto é, são independentes sob a condição de normalidade.

Os valores médios de mercado para cada nível de Xi são calculados pela componente sistemática do modelo 5.1, que é representada por:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_i \qquad i=1,...,m \qquad (5.2)$$



TRATAMENTO CIENTÍFICO POR MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

6.1 INTRODUÇÃO

O modelo de regressão linear múltipla deve ser adotado quando mais de uma variável independente é necessária para explicar a variabilidade dos preços praticados no mercado. Em engenharia de avaliações, geralmente, trabalha-se com modelos de regressão múltipla, tendo em vista a multiplicidade de fatores que interferem nos preços de um bem. Como foi mostrado no capítulo anterior, a representação gráfica de um modelo de regressão linear simples é uma reta, isto é, a reta que passa mais próxima aos pontos observados, dispostos em um plano formado por dois eixos cartesianos: um para a variável dependente e outro para a variável independente. Quando o modelo é composto por duas variáveis independentes, os pontos estão dispostos no espaço formado por três eixos cartesianos: um para a variável dependente e um para cada variável independente. Suponha, por exemplo, na avaliação de uma gleba, verificou-se que a variabilidade dos preços unitários (P) é decorrente das variações de suas áreas (A) e das distâncias a um polo valorizante (D). Plotando-se os pontos (A, D, P) nos eixos cartesianos, encontra-se um gráfico como o da Figura 6.1.

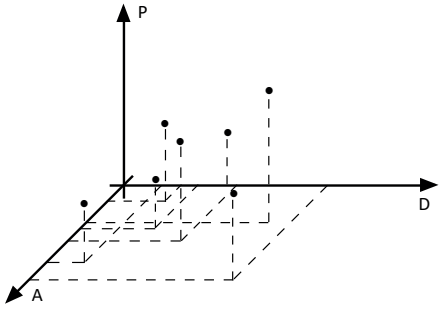


Figura 6.1

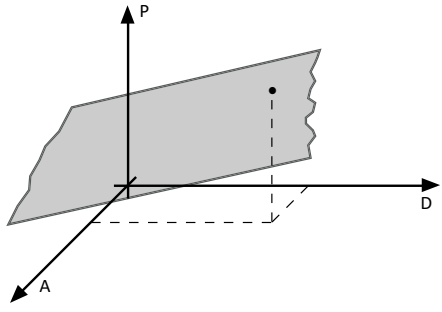


Figura 6.2

Observe que os pontos da Figura 6.1 estão dispostos no espaço. O modelo de regressão linear será representado pelo plano que passar mais próximo de todos estes pontos, como mostra a Figura 6.2. A equação deste plano, que representa a média estimada para os preços de mercado de glebas na região de pesquisa, será do tipo:

$$\hat{P} = b_o + b_1 . A + b_2 . D \qquad (6.1)$$

É fácil perceber que cada variável independente que participa do modelo corresponde a um eixo, isto é, um vetor. A situação ideal é que estes vetores sejam independentes, ou seja, tenham produto interno nulo. Quando isto ocorre, os eixos são perpendiculares, sendo o ângulo entre eles 90º. Isto significa que cada variável influenciante deve contribuir para a explicação da variabilidade dos preços de forma independente. Uma situação oposta seria aquela onde existe uma dependência linear perfeita entre as duas variáveis independentes, o que implicaria colinearidade dos dois eixos correspondentes a estas variáveis. Neste caso, haveria a perda de uma dimensão do espaço, tornando-se impossível a estimação dos parâmetros. Na prática, ocorre sempre uma situação intermediária entre uma colinearidade perfeita e ausência total de colinearidade, cabendo ao avaliador investigar até que ponto esta interferência, entre as variáveis independentes, torna-se prejudicial ao modelo. Este assunto será apresentado em detalhes na Seção 6.5.

De um modo geral, quando **n** variáveis participam do modelo, os pontos estarão dispostos no espaço R^n e serão ajustados a eles um hiperplano.



TRATAMENTO CIENTÍFICO UTILIZANDO MODELOS ESPECIAIS

7.1 INTRODUÇÃO

Em 2004, a Norma Brasileira para Avaliação de Imóveis Urbanos, NBR-5676, teve a sua revisão concluída, quando recebeu a nomenclatura de NBR-14.653-2 (Norma de Avaliação de Bens – Parte 2), trazendo no seu corpo enormes avanços em relação ao texto anterior, especialmente no que diz respeito aos critérios estabelecidos para o tratamento estatístico inferencial. Contudo, merecem certa atenção as condições para enquadramento de modelos de regressão nos níveis de especificação mais elevados.

Ocorre que nem sempre bons resultados estatísticos implicam modelos satisfatórios para explicar o comportamento do mercado imobiliário, quando a análise não tem a abrangência necessária. Com uma mesma amostra, podem se ajustar vários modelos que apresentam, para um mesmo imóvel, resultados discrepantes. Isto acontece, principalmente, quando se trabalham com variáveis do tipo *dummy*, sem tomar os cuidados especiais. Apresenta-se, a seguir, uma nova metodologia para formulação e estimação destes modelos, que serão denominados de **Modelos Especiais**.

7.2 O MODELO LINEAR GERAL

7.2.1 CONCEITUAÇÃO

Quando se pretende explicar o comportamento do mercado imobiliário, com base em uma população de ***m*** elementos, correspondentes aos

preços praticados naquele mercado – Y_i, considerando-se **k** características influenciantes na formação dos preços -X_{ij} (j=1,...,k), utiliza-se o modelo de regressão linear geral definido em 6.2, que consiste de uma função linear:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \ldots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i, i = 1, \ldots, m \qquad (7.1)$$

onde:

Y_1 ,...,Y_m – chama-se variável dependente, variável explicada ou variável;

X_{i1},..., X_{ik} – são chamadas de variáveis independentes, variáveis explicativas ou, ainda, covariáveis;

β_0,..., β_k – são denominadas de parâmetros da população;

ε_i,..., ε_n – são os erros aleatórios do modelo.

Considera-se, ainda, que não existe nenhuma relação linear exata entre as covariáveis X_{ij} (j = 1,...,k) representadas por números reais que não contêm nenhuma perturbação aleatória e ε_i satisfaz a todos os pressupostos do modelo de regressão linear clássico normal, isto é, variância constante, não autocorrelação e normalidade.

Como é inviável o levantamento de todos os dados de mercado de uma população, na prática, se trabalha com um subconjunto de **n** elementos desta população, denominado amostra, por meio da qual, utilizando-se a inferência estatística, estimam-se os parâmetros populacionais. A equação do modelo inferido com base em uma amostra de **n** elementos é dada por:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_{i1} + b_2 X_{i2} + \ldots + b_k X_{ik} + e_i, \; i = 1,\ldots,n \qquad (7.2)$$

Onde:

b_0,..., b_k – são parâmetros estimados correspondentes a β_0,..., β_k;

e_i,..., e_n – são os respectivos estimadores de ε_i, ... ,ε_n, também denominados resíduos do modelo.



TRATAMENTO CIENTÍFICO POR MODELOS LINEARES GENERALIZADOS

8.1 INTRODUÇÃO

O modelo clássico de regressão pode ser usado com segurança, desde que se verifiquem as hipóteses básicas citadas na Seção 6.2. Nelder e Wedderburn (1972) desenvolveram uma classe de modelos bem mais ampla, da qual o modelo clássico de regressão é um caso particular. Nesses modelos, denominados de Modelos Lineares Generalizados (MLGs), alguns dos pressupostos básicos, tais como variância constante e distribuição normal para o erro, não são mais exigidos.

Um MLG é definido por uma distribuição de probabilidades, membro da família exponencial de distribuições, para a variável resposta (componente aleatória), um conjunto de variáveis independentes descrevendo a estrutura linear do modelo (componente sistemática) e uma função de ligação (f) entre a média da variável de resposta (μ) e a estrutura linear (η). Tem-se então:

$$f(\mu) = \eta \tag{8.1}$$

A análise de dados por meio dos MLGs é bastante flexível, pois, para uma mesma estrutura linear, pode-se obter vários modelos dependendo da distribuição proposta para o erro e a função de ligação escolhida.

A ideia central dos MLGs é transformar as médias dos dados ao invés de transformar as observações como nos modelos de Box e Cox.

Para construção de um MLG, é indispensável a utilização do Pacote Estatístico adequado. Neste sentido, dispõem-se do sistema GLIM – sigla de *Generalized Linear Interactive Modelling*, desenvolvido pela *Royal*

Statistical Society. O sistema GLIM possui um bom manual de utilização, cujo resumo das suas instruções encontram-se em Cordeiro (1986, Capítulo 5).

Apresentam-se a seguir algumas noções básicas para a construção de um MLG.

8.2 A COMPONENTE ALEATÓRIA

A componente aleatória de um MLG considera que se dispõe de um vetor de observações $Y = (Y_1, \ldots, Y_n)'$ como realizações da variável aleatória $\underset{\sim}{Y} = (Y_1, \ldots, Y_n)'$, independentes ou pelo menos não correlacionadas, com médias $\underset{\sim}{\mu} = (\mu_1, \ldots, \mu_n)'$ e pertencente à família exponencial de distribuições.

Esta família tem densidade de probabilidade dada por:

$$\pi(y;\theta_\ell,\phi_\ell) = e^{\phi_\ell[\theta_\ell - b(\phi_\ell) + c(y,\phi_\ell)]} \quad \ell = 1,\ldots,n \qquad \ell = 1,\ldots,n \tag{8.2}$$

onde b (•) e c (•, •) são funções conhecidas para cada observação, ϕ_ℓ é o parâmetro de escala suposto conhecido e θ_ℓ é o parâmetro natural (ou canônico) que caracteriza a distribuição em 8.2.

Pode-se demonstrar que:

$$E(Y) = \mu = \frac{db(\theta)}{d\theta} \quad \text{e} \quad Var(Y) = \frac{V}{\phi}, \tag{8.3}$$

sendo $V = \frac{d\mu}{d\theta}$, denominada função de variância.

É fácil verificar que várias distribuições de probabilidades conhecidas e largamente utilizadas como a Normal, Poisson, Binomial, Gama e Normal Inversa são membros da família exponencial de distribuições. Um quadro com características e resultados importantes para estas distribuições é apresentado a seguir:



AVALIAÇÃO DE GLEBAS URBANIZÁVEIS

9.1 INTRODUÇÃO

Entende-se por Gleba Urbanizável uma grande extensão de terra situada na zona urbana ou de expansão urbana das cidades, cujo melhor aproveitamento se dá pela sua subdivisão em lotes que, depois de receber os benefícios da urbanização, possam ser absorvidos por venda no Mercado Imobiliário em prazo estabelecido.

Em princípio, não existe um intervalo de áreas que limitem o tamanho de uma gleba urbanizável. Porém, qualquer gleba, por pequena que seja, em que seu melhor aproveitamento se dê pelo loteamento, pode ser assim considerada. O limite máximo pode ser determinado pela capacidade do mercado comprador.

As glebas urbanizáveis classificam-se:

I – Em função da localização no contexto urbano:

a) urbanas;

– as que se situam dentro do perímetro urbano e se dividem em:

- inseridas no contexto urbanizado;
- contíguas à malha urbana; e
- afastadas da malha urbana;

b) não urbanas:

– as que se situam fora do perímetro urbano, porém, em áreas de expansão urbana;

II – em função da destinação legal prevista:

a) residenciais;

b) industriais e/ou comerciais; e

c) mistas.

A avaliação de glebas urbanizáveis é feita geralmente utilizando dois métodos: o comparativo, que se apoia no valor de outras glebas semelhantes à avalianda, e o involutivo, que se baseia no valor que se obteria se a gleba fosse subdividida em lotes e estes vendidos a preços de mercado. Ocorre que, principalmente para áreas inseridas nos grandes centros urbanos, dificilmente o avaliador consegue compor uma amostragem de glebas que lhe permita utilizar o método comparativo, sendo o involutivo o mais usualmente aplicado.

Contudo, a avaliação pelo método comparativo segue os mesmos passos apresentados nos Capítulos 5 a 8, isto é, identificam-se as principais variáveis responsáveis pela formação dos preços no mercado e, em seguida, ajusta-se um modelo de regressão dos preços sobre as variáveis independentes escolhidas.

Neste capítulo, desenvolve-se uma metodologia para avaliação de glebas inseridas na malha urbana, com destinação residencial, utilizando-se o método involutivo. Em princípio, esta metodologia pode ser aplicada para outros tipos de imóveis, desde que se façam as adaptações necessárias.

9.2 A AVALIAÇÃO PELO MÉTODO INVOLUTIVO

A norma brasileira para avaliação de glebas urbanizáveis NBR-8951, da ABNT, assim define o método involutivo no seu subitem 6.1.2.1:

> "Método indireto em que o valor de uma gleba é definido a partir da consideração de que o melhor aproveitamento da gleba avalianda seria obtido com o seu parcelamento em lotes. Seu conceito principal é o de que, se for reproduzida na gleba avalianda a situação observada em assentamento urbano próximo, o valor médio dos lotes que a gleba comporta deverá equivaler ao valor médio dos lotes existentes e obtidos em pesquisa. A avaliação por este processo considera a receita provável da comercialização destes lotes com base nos valores obtidos em pesquisa; considera todas as despesas inerentes à transformação da gleba bruta em loteamento, inclusive o lucro do empreendedor e as despesas financeiras; e define



APRESENTAÇÃO DE LAUDOS

10.1 INTRODUÇÃO

Apresentação de laudos é uma das etapas importantes da avaliação. O laudo avaliatório é a etapa final de uma pesquisa, devendo conter todos os elementos relevantes considerados no seu desenvolvimento, desde a caracterização do objeto da avaliação, a metodologia de coleta de dados, a modelagem dos dados até as devidas interpretações e conclusões fundamentadas.

A NBR-14.652-1:2001 prevê uma itemização padrão. Serão dadas a seguir algumas sugestões tentando-se acompanhar o que preconiza a referida norma sobre o tema. Deve-se ressaltar que se trata de um roteiro básico, mas não inflexível. Aliás, é fundamental que cada avaliador tenha o seu próprio estilo.

A primeira parte do trabalho é a capa. Nela devem conter a identificação, a finalidade da avaliação e a data de referência. Em seguida, vem o sumário com todos os itens abordados no trabalho, que deve dar a ideia mais fiel possível do trabalho realizado. A terceira parte é o corpo do laudo, que contém toda a descrição detalhada do bem, do mercado, da metodologia adotada e as respectivas conclusões fundamentadas. Na última parte, vêm os anexos, nos quais devem constar: a memória de cálculo, as fotografias, a identificação dos dados de referência, as plantas, as escrituras, os memoriais descritivos e demais documentos utilizados.

Para a redação do conteúdo, existem algumas regras básicas sugeridas por Richardson (1989):

1. variar a extensão das frases. Dar preferência às orações curtas e simples;

2. eliminar toda palavra supérflua;
3. usar um tom impessoal na redação. Cultivar um estilo formal, sem se mostrar pedante;
4. empregar corretamente o idioma;
5. familiarizar-se com os sinais de pontuação e a função que desempenham;
6. dar a devida importância a cada palavra. Conhecer o significado delas, antes de usá-las. Evitar os falsos sinônimos, o nome vulgar ou familiar das coisas. Nunca empregar a gíria;
7. não empregar a terminologia com significado subjetivo;
8. abster-se do uso de aumentativos, superlativos e diminutivos;
9. usar de preferência expressões e termos castiços e não vocábulos vulgares ou malformados;
10. ler bons autores. Aproveitar o melhor dessas leituras para desenvolver seu próprio estilo, que deve ser o reflexo da personalidade culta de um bom profissional.

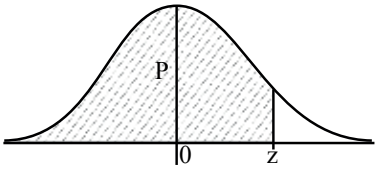
Deve-se sempre procurar exatidão, sobriedade e clareza. Uma característica importante dos bons relatórios é fazer o leitor se sentir conduzido, quase como participante ao longo dos diferentes momentos da pesquisa acompanhando, assim, a linha de raciocínio do avaliador, os fatos, as evidências, os dados e as informações que conduziram às conclusões atingidas. Quanto à inserção de quadros, gráficos e tabelas no corpo de um relatório, é necessário observar que:

a) devem estar, ao mesmo tempo, precedidos e seguidos do texto que a eles se refere;
b) devem ser comentados antes da sua apresentação;
c) devem merecer um comentário depois de sua figuração.

TABELA I.1

ÁREAS DELIMITADAS PELA CURVA NORMAL PADRONIZADA

de $-\infty$ até z



z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,6359
0,1	0,5378	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5754
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6700	0,6772	0,6803	0,6344	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7054	0,7088	0,7123	0,7190	0,7224
0,6	0,7258	0,7291	0,7324	0,7357	0,7359	0,7422	0,7454	0,7486	0,7518	0,7549
0,7	0,7550	0,7612	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7996	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8259	0,8315	0,8340	0,8165	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8506	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,621
1,1	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8990	0,8997	0,9015
1,2	0,8613	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9605	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9713	0,9719	0,9738	0,9744	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9895	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9933	0,9934	0,9936
2,5	0,9918	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9970	0,9971	0,9971	0,9972	0,9973	0,9973
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0.9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9991	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,7	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,9	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

A coluna z indica os valores de z incluindo-se a parte inteira e a primeira decimal. As colunas de 0 a 9 indicam a 2ª decimal de z. Por exemplo: para z = 1,34 entra-se na linha 1,3 e na coluna 4 e encontra-se 0,9099

TABELA II.1

Depreciação Física - Heidecke

Estado	Condições Físicas	Coefiente C
Estado 1	Novo	0,00%
Estado 1,5	Entre novo e regular	0,32%
Estado 2,0	Regular	2,52%
Estado 2,5	Entre regular e reparos simples	8,09%
Estado 3	Reparos simples	18,10%
Estado 3,5	Entre reparos simples e importantes	33,20%
Estado 4	Reparos importantes	52,60%
Estado 4,5	Entre reparos importantes e sem valor	75,20%
Estado 5	Sem valor	100,00%

Depreciação Física - Ross/Heidecke

Idade em %	Estado de conservação							
de duração	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
2	1,02	1,05	3,51	9,03	18,9	33,9	53,1	75,4
4	2,08	2,11	4,55	10,0	19,8	34,6	53,6	75,7
6	3,18	3,21	5,62	11,10	20,7	35,3	54,1	76,0
8	4,32	4,35	6,73	12,1	21,6	36,1	54,6	76,3
10	5,50	5,53	7,88	13,2	22,6	36,9	55,2	76,6
12	6,72	6,75	9,07	14,3	23,6	37,7	55,8	76,9
14	7,98	8,01	10,3	15,4	24,6	38,5	56,4	77,2
16	9,28	9,31	11,6	16,6	25,7	39,4	57,0	77,5
18	10,6	10,6	12,9	17,8	26,8	40,3	57,6	77,8
20	12,0	12,0	14,2	19,1	27,9	41,2	58,3	78,2
22	13,4	13,4	15,6	20,4	29,1	42,2	59,0	78,5
24	14,9	14,9	17,0	21,8	30,3	43,1	59,6	78,9
26	16,4	16,4	18,5	23,1	31,5	44,1	60,4	79,3
28	17,9	17,9	20,0	24,6	32,8	45,2	61,1	79,6
30	19,5	19,5	21,5	26,0	34,1	46,2	61,8	80,0
32	21,1	21,1	23,1	27,5	35,4	47,3	62,5	80,4
34	22,8	22,8	24,7	29,0	36,8	48,4	63,4	80,8
36	24,5	24,5	26,4	30,6	38,1	49,5	64,2	81,3
38	26,2	26,2	28,1	32,2	39,6	50,7	65,0	81,7
40	28,0	28,0	29,9	33,8	41,0	51,9	65,9	82,1
42	29,9	29,8	31,6	35,5	42,5	53,1	66,7	82,6
44	31,7	31,7	33,4	37,2	44,0	54,4	67,5	83,1
46	33,6	33,6	35,2	38,9	45,6	55,6	68,5	83,5
48	35,5	35,5	37,01	40,7	47,2	56,9	69,4	84,0
50	37,5	37,5	39,1	42,6	48,8	58,2	70,4	84,5
52	39,5	39,5	41,0	44,4	50,5	59,6	71,3	85,0
54	41,6	41,6	43,0	46,3	52,1	61,0	72,3	85,5
56	43,7	43,7	45,1	48,2	53,9	62,4	73,3	86,0
58	45,8	45,8	47,2	50,2	55,6	63,8	74,3	86,6
60	48,0	48,0	49,3	52,2	57,4	56,3	75,3	87,1
62	50,2	50,2	51,5	54,2	59,2	66,7	76,4	87,7
64	52,5	52,5	53,7	56,3	61,1	68,3	77,6	88,2
66	54,8	54,8	55,9	58,4	63,0	59,8	78,6	88,8
68	57,1	57,1	58,2	60,5	54,9	71,4	79,7	89,6
70	59,5	59,5	60,5	62,8	66,8	72,9	80,8	90,0
72	61,2	61,9	62,9	65,0	68,8	74,6	81,9	90,6
74	64,4	64,4	65,3	67,3	70,8	76,2	83,1	91,2
76	66,9	66,9	67,7	69,6	72,9	77,9	84,3	91,8
78	69,4	69,4	70,2	71,9	74,9	79,6	85,5	92,4
80	72,0	72,0	72,7	74,3	77,1	81,3	86,7	93,1
82	74,6	74,6	75,3	76,7	79,2	83,0	88,0	93,7
84	77,3	77,3	77,8	79,1	81,4	84,8	89,2	94,4
85	80,0	80,0	80,5	81,6	83,6	86,6	90,5	95,0
88	82,7	82,7	83,3	84,1	85,8	88,5	91,8	95,7
90	85,5	85,5	85,9	86,7	88,1	90,3	93,5	97,1
92	88,3	88,3	88,6	89,3	90,4	92,2	94,5	97,1
94	91,2	91,2	91,4	91,9	92,8	94,1	95,8	97,8
96	94,1	94,1	94,2	94,6	95,1	96,0	97,2	98,5
98	97,0	97,0	97,1	97,3	97,6	98,0	98,6	99,3
100	100	100	100	100	100	100	100	100

```
10 DIM X(200), A(200), RLB(200)
12 DATA 31857, 140, 508, 0.1014, 0.0642, 0.0942, 0.02, 0.05, 0.0008, 0.01, 14, 18, 46
20 XX=2**19 + 1
22 A(0) = 0 : RB = 0
30 I1 = 1
40 GET IA, IDU, IVL, P, V, C, DC, DV, AL, PL, PG, AN, AK, T, Z
80 XV=0 : XC=0 : XN=0 : XT=0 : XY=0 : XAL=0 : XPG=0 : XK=0 : XDC=0 : XPL=0 : XDV=0 : XP=0 :
XVL = 0
220 P1 = ( 1 + XP )*P
230 V1 = ( 1 + XV )*V
240 C1 = ( 1+ XC )*C
250 IF P1 = C1 THEN R=0 : GOTO 290
260 U = ( 1 + C1 )/(1+P1) -1
270 S2 = ((1+U)**((1 + XK )*AK) -1 ) / U
280 R = (( 1 + XK )*AK - (1+U)*S2)* ((1+XY)*IDU/((1+XK)*AK))* (1+ (1+XP)*P)** ((1+XT)*T)
281 IF I1=1 THEN 290
282 FOR I = 1 TO Z
283 X(I) = RND(XX)
284 A(I) = A(I-1) + AN*(1- (1 - X(I))**(1/Z)
285 RLB(I) = IVL / Z * (1 + V) **(T - AN + A(I))*(1 + P )**(AN - A(I) - 1) * (1 - DV - PL*(Z - 1) / Z*AN)
286 RB = RB + RLB( I )
287 NEXT
288 GOTO 370
290 IF P1 = V1 THEN 366
320 W = ( 1 + P1 ) / ( 1 + V1 ) - 1
330 S1 = (( 1 + W )**(( 1 + XN ) * AN ) - 1 ) / W
340 A1 = ( 1 - ( 1 + XDV )*DV - ( 1 + XN ) * AN * ( 1 + XPL ) * PL ) * S1
350 A2 = (( 1 + XPL )*PL / W) * ((1+XN)*AN*(1+W)**((1+XN)*AN) - S1)
360 RB = ( A1 + A2 )*((1 + XVL)*IVL / ((1 + XN )*AN ))*(1 + ( 1+XV)*V)**((1+XT)*T - 1 )
364 GOTO 370
366 RB = ( 1 + XLV)*IVL*(1+V1)**((1+XT)*T-1)*(1-(1+XDV)*DV+(1+XPL)*PL*(1-(1+XN)*AN)/2)
370 Q = ((RB+R)/((1+XAL)*AL)*(1+(1+XP)*P)**((1+XT)*T))-((1+XY)*IDU))/(1+(XDC)* DC+
(1+XPG)*PG)
375 LPRINT : LPRINT : LPRINT
380 LPRINT " DADOS DE ENTRADA "
390 LPRINT
400 LPRINT IA, IDU, IVL, P, V, C, DC, DV, AL, PL, PG, AN, AK, T, Z
410 LPRINT : LPRINT
420 LPRINT " DADOS DE SAIDA "
430 LPRINT
467 LPRINT RB ; R ; Q : LPRINT : LPRINT
469 IF I1 < > 2 THEN 543
470 LPRINT " GERACAO DE NUMEROS ALEATORIOS "
480 FOR I = 1 TO Z
490 LPRINT X( I )
500 NEXT
510 LPRINT : LPRINT : LPRINT " VARIAVEIS ALEATORIAS CORRESPONDENTES "
520 FOR I = 1 TO Z
530 LPRINT A( I )
540 I1 = I1 + 1 : RB = 0
543 IF I1 < > 3 THEN 281
550 STOP
```

A introdução da Metodologia Científica na Engenharia de Avaliações tem como objetivo orientar o avaliador, desde a escolha das informações de interesse, a forma como coletá-las, analisá-las e tratá-las, na busca de modelos que expliquem, de maneira satisfatória, a variabilidade dos preços observada no mercado em estudo. Este livro mostra todos os passos para a aplicação desta metodologia, utilizando a estatística inferencial, através de modelos de regressão linear múltipla, introduzindo a teoria dos Modelos Lineares Generalizados, uma das técnicas mais modernas da atualidade, disponível para o tratamento e análise de dados. Aborda os assuntos numa sequência lógica, didaticamente organizada, com exercícios resolvidos e propostos. Dedica um capítulo à avaliação de Glebas Urbanizáveis, tema de grande interesse, onde desenvolve um modelo sob a ótica da Análise de Investimentos, considerando-se técnicas de simulação, análise de custo/benefício e de sensibilidade. É indicado para iniciantes, como também para profissionais que militam no ramo, seja em universidades ou no âmbito empresarial ou governamental.

www.editoraleud.com.br

Livraria e Editora
Universitária de Direito

ISBN: 978-85-7456-497-5