

AVALIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS UTILIZANDO ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR

JACKSON CARVALHO GUEDES
Eng. Civil, M.Sc. Eng.^a. Produção

PAULO CÉSAR VIDAL MORATO
Eng. Mecânico

PETROBRAS - Serviço de Engenharia

Rua Gen. Canabarro nº 500, 8º andar, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20271-900

Resumo. Este trabalho apresenta os passos necessários para o emprego da análise de regressão linear na avaliação de máquinas e equipamentos. O procedimento descrito, além de permitir a redução de prazos e custos, conduz a uma avaliação mais rigorosa e fundamentada, principalmente nas valorações de complexos industriais com grande quantidade de itens. Um caso real é apresentado para exemplificar o método.

Abstract. This paper presents the required steps to use linear regression analysis to appraise machines and equipments. The described method, besides allows costs and time reduction, leads to an a more fundamented and rigorous evaluation. A real case is presented to exemplify the method.

1. INTRODUÇÃO

O emprego da análise de regressão linear já está bastante difundido na Engenharia de Avaliações. Porém a utilização da inferência estatística tem se restringido às avaliações imobiliárias, pelo método comparativo direto e às projeções de séries históricas para fundamentar avaliações pelo método da renda. Entretanto a inferência estatística constitui-se em instrumento bastante útil na valoração de máquinas e equipamentos.

Em complexos industriais, é comum a existência de uns poucos equipamentos de grande porte, os quais concentram grande parte do valor de todo o conjunto, acompanhados de equipamentos de porte médio, em maior número, e uma grande quantidade de pequenos equipamentos e acessórios, que embora muitas vezes representem, em termos de valor, pequeno percentual de todo o complexo, não devem ser desprezados.

É prática usual entre os avaliadores orçar no mercado os equipamentos de grande e médio porte, e estimar os pequenos equipamentos e acessórios de forma expedita, incluindo-os em um item com a rubrica "outros equipamentos", "verba", "acessórios", etc.

Esse procedimento tem a desvantagem de obrigar ao avaliador pesquisar no mercado o preço de grande quantidade de equipamentos de médio porte, ao mesmo tempo que joga em vala comum todos os pequenos equipamentos.

O presente trabalho tem por finalidade oferecer uma opção ao referido procedimento, buscando baratear o custo e reduzir o prazo de execução dos serviços avaliatórios, sem comprometer sua qualidade.

Alertamos aos que se inicia na Engenharia de Avaliações que o presente texto aborda somente uma

faceta da avaliação de máquinas e equipamentos, para uma abordagem mais completa existe farta literatura, infelizmente, a maior parte em língua estrangeira, mas recomendamos sem embargo a leitura da NB-901/85 e do excelente texto do Eng. Fillingger publicado pelo IBAPE.

A metodologia descrita a seguir tem sido usada com sucesso há alguns anos, e a bem da verdade, esclarecemos que não é nossa criação, tendo sido passada há mais de uma década à equipe de avaliadores da Petrobrás pelo Engenheiro Domingos Saboya.

Seu uso não se aplica em estimativas de custos de indústrias a serem construídas, ainda em fase de estudos preliminares, onde não existem o projeto definitivo e nem a listagem de todas as máquinas e equipamentos.

Sua aplicação é restrita aos casos em que se tem uma contabilidade razoavelmente organizada, onde contam os registros dos valores originais de aquisição dos equipamentos e respectivas datas de aquisição.

2. ETAPAS A SEGUIR PARA AVALIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O procedimento passo-a-passo

O procedimento proposto é composto pelas seguintes etapas: 1 - obtenção da listagem dos equipamentos registrados no ativo imobilizado do complexo industrial; 2 - ordenamentos dos respectivos equipamentos por ordem de valor; 3 - seleção dos equipamentos de maiores valores para serem cotados um a um; 4 - sorteio de parte dos itens restantes para gerar uma amostra; 5 - cotação no mercado dos itens sorteados; 6 - construção do modelo ou modelos de regressão.

Obtenção da listagem dos equipamentos

O primeiro passo consiste em obter a listagem de todas as máquinas e equipamentos constantes do ativo imobilizado da empresa, registrando seus valores de compra e respectivas datas de aquisição.

O rol do inventário deve ser conferido no campo, quando o avaliador terá também a oportunidade de marcar em planta as localizações das máquinas e equipamentos, verificar as informações técnicas, estado de conservação, regime de trabalho, etc.

Ordenamento das máquinas e equipamentos

Normalmente as anotações contábeis seguem a ordem cronológica. Eventualmente pode haver outra

organização, como a ordem alfabética ou pelo número do registro do bem patrimonial.

- Para o emprego da metodologia proposta faz-se necessário ordenar os bens por valor em ordem crescente ou decrescente, de forma a permitir a separação dos itens mais significativos em termos de custo.

Atualmente tal trabalho tem sido facilitado grandemente pelos recursos da informática e é comum obter-se os dados já em meio magnético, com os registros compatíveis com gerenciadores de base de dados voltados para microcomputadores.

Seleção dos equipamentos de maior valor

A menos de um dramático desenvolvimento tecnológico, as máquinas e equipamentos mais caros à época de construção da indústria pesquisada deverão representar o maior peso no custo de reprodução no momento da avaliação.

Destaca-se então os itens de maior peso nos custos para serem cotados no mercado. Se estes não forem excessivamente especializados deve-se cotá-los em diversos fabricantes, garantindo-se, pela diversidade das fontes de informações, maior rigor à pesquisa.

Sorteio dos demais equipamentos

Os itens restantes, que representam máquinas e equipamentos de valores médios e pequenos, também poderiam ser cotados um a um, ou para economia de tempo e dinheiro, serem avaliados por inferência, cotando-se apenas os elementos que compõem uma amostra selecionada.

Algumas técnicas podem ser empregadas de modo a garantir uma amostra que represente com fidelidade o universo pesquisado.

Uma amostra casual simples poderia ser formada pelo sorteio simples dos itens a pesquisar. Esse sorteio pode ser feito registrando-se os itens em fichas colocadas em uma urna ou, para evitar-se o trabalho em fazer uma ficha para cada equipamento, utilizar fichas ou bolas com números de zero a 9, recolocando-se sempre na urna as pedras sorteadas, de modo a compor números com a quantidade de algarismos suficientes para representar até o último bem.

Assim, se tivéssemos uma listagem com 900 itens representando máquinas e equipamentos e quiséssemos obter uma amostra casual simples faríamos o seguinte:

- a - atribuímos um número a cada item, como por exemplo:

- 1 - Bomba centrífuga etc etc
- 2 - Motor elétrico trifásico etc etc
- 3 - Transformador Trafo etc etc

-
-
-

- 900 - Transportador de correia etc etc

- b - colocamos bolas ou fichas com números de 0 a 9 em uma urna

- c - retiramos uma bola e registramos seu número, por exemplo suponhamos que tenha sido o número 5

- d - recolocamos a bola sorteadas na urna e fazemos mais dois sorteios com reposição, continuando o exemplo imaginemos que sejam os números 1 e 8

- e - assim o item sorteado seria aquele formado pelos algarismos 5, 1 e 8, isto é, o item 518.

Outra maneira simples de sorteio é o emprego de uma tabela de números ao acaso. Tal tabela é simplesmente constituída por inúmeros dígitos que foram obtidos por algum processo equivalente a um sorteio equiprovável.

Para ilustrar sua utilização, consideremos uma população de 1360 equipamentos, da qual desejamos tirar uma amostra aleatória de 50 equipamentos. Assim numeramos a população de 0001 a 1360. A seguir sorteamos um dígito qualquer na tabela, a partir do qual iremos considerar grupos de quatro algarismos subsequentemente formados, os quais irão indicar os elementos da amostra. Assim, se, a partir do ponto sorteado para início do processo, os dígitos observados na tabela forem:109803411724125360987..... os equipamentos sorteados para a amostra serão os de ordem 1098, 0341, 1253, etc.

Naturalmente os números de ordem acima de 1360 ou repetidos deverão ser abandonados.

Com o uso do computador a tarefa mais fácil ainda: além dos inúmeros programas ou rotinas existentes, as planilhas de cálculo normalmente embutem uma função geradora de números aleatórios. Por exemplo no Excel 5.0, na versão em português, há a função **aleatório()** que gera números aleatórios entre 0 e 1. Para sortear, por exemplo, itens entre 1 e 1.360, basta registrar nas células da referida planilha eletrônica a fórmula **aleatório()*1360+0,5**.

Em alguns casos é mais adequado o emprego de uma amostra estratificada.

Esta estratificação pode ser feita por classes ou estratos de valores, ou por tipo de equipamentos.

O número de elementos das amostras de cada estrato deve traduzir o mesmo percentual em relação ao total de dados do estrato, de forma a garantir a representatividade da amostra, evitando-se que elementos de um determinado estrato tenham maior probabilidade de pertencerem a amostra.

Cotação do mercado dos itens sorteados

Após o sorteio, pesquisa-se nos diversos fornecedores os valores dos itens selecionados.

Se preciso, complementa-se as informações técnicas específicas dos itens sorteados de modo a ter-se dados suficientes para se fazer cotações com precisão, pesquisando-se inclusive quais foram os antigos fornecedores, os códigos e números dados aos equipamentos pelos próprios fabricantes, etc.

Construção do modelo inferencial

Após a obtenção, no mercado, dos valores dos itens que compõem a amostra, parte-se para a construção do modelo inferencial.

Nos casos em que o material do complexo industrial tenha sido comprado em uma mesma época constrói-se um modelo de regressão linear simples, correlacionando-se os valores originais de cada item com os valores pesquisados à época da avaliação.

Assim o modelo obtido será do tipo: $Y = a + b.X$, onde Y será o valor atual do equipamento e X o valor original de compra à época de construção do complexo industrial.

Na hipótese de que tenha havido expansão ou expansões da indústria, a regressão linear múltipla será mais adequada, correlacionando-se os valores originais de compra e a data de aquisição com os valores atuais.

O modelo inferido será do tipo: $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$, onde Y será o valor atual do equipamento, X_1 será o valor original de compra à época da construção ou expansão e X_2 a data da compra.

Na construção do modelo inferencial pode-se verificar que determinado grupo de equipamentos tem comportamento diferenciado dos demais, perturbando a modelagem; nesse caso, deve-se separá-los e montar modelos distintos ou utilizar variáveis dicotômicas para considerá-los na mesma equação.

3. APLICAÇÃO

Para exemplificar o emprego do método relatamos os resultados de um caso real, de uma avaliação de uma fábrica de fertilizantes fosfatados feita em 1989.

Deixaremos de lado os registros da avaliação das edificações e terreno, concentrando nossa atenção somente na valoração das máquinas e equipamentos.

Após a obtenção da listagem de todas as máquinas e equipamentos do ativo imobilizado, que apresentava os valores registrados em OTN, que, pelo menos a médio prazo, pode ser considerada moeda constante, organizou-se o arquivo em ordem decrescente de valores para uma primeira análise.

O rol era constituído de 1.360 itens, sendo que os 10 primeiros e maiores itens concentravam, sozinhos, 45,4% do valor de todas as máquinas e equipamentos.

Eram máquinas e equipamentos que tinham de ser fabricados sob encomenda, com projetos específicos, como as torres e conjuntos para fabricar ácido sulfúrico, ácido fosfórico, superfosfato triplo, fosfato de monoamônio e a esfera para estocagem de amônia.

Os 20 itens seguintes representavam 23,3% do total, os 80 que se seguiam representavam 12,5%, os próximos 90 itens correspondiam a 5,1%, continuando a análise do rol, verificou-se que os próximos 100 itens representavam 2,9% do total e os 100 itens seguintes representavam 1,5%, a partir daí, os grupos de 100 itens correspondiam, cada um deles, menos de 1% do total.

Diante do contexto decidiu-se cotar junto aos fornecedores os 30 maiores itens, um a um, e avaliar os restantes por inferência.

Após o sorteio dos itens a pesquisar, inferiu-se um modelo com 54 eventos, tendo o valor histórico de aquisição como variável explicativa e o valor atual pesquisado como variável resposta.

O modelo do tipo $Y = A.X^B$ foi o que apresentou maior correlação ($r=0,93$), sendo a equação na forma transformada logarítmica a seguinte: $\ln Y = 2,047214 + 0,9122048 \ln X$, onde Y é o valor atual do equipamento e X seu valor histórico.

Testadas as hipóteses nulas para o regressor e para a regressão, ambas foram rejeitadas com significância máxima de 1%.

A análise dos resíduos também permitiu verificar que os mesmos eram aleatórios, sem "outliers".

Caso houvesse pontos que se configurassem como discrepantes do conjunto, uma análise de que equipamentos representavam poderia indicar que os mesmos deveriam ser retirados e estudados a parte.

Doutra feita, em uma avaliação de uma fábrica de barrilha verificamos que os pontos discrepantes, que apresentavam maiores resíduos na equação de regressão, eram todos referentes a conjuntos de motobombas. Ao serem retirados da equação, obtivemos um modelo mais ajustado para os equipamentos em geral e conseguimos inferir uma equação exclusiva para as bombas.

4. CONCLUSÃO

A simples organização da lista de máquinas e equipamentos por ordem de valor de aquisição permite que se identifique os itens mais significativos, os quais deverão merecer cuidados especiais, já que erros nesses valores terão maior influência no resultado da avaliação.

A prática tradicional de se pesquisar todos os itens importantes, ou seja, os de maior custo, deve ser preservada.

Cotar todos os demais itens junto aos fabricantes e revendedores pode resultar em um trabalho preciso e bem fundamentado, entretanto custo e prazo podem ser comprometidos.

A prática comum de se corrigir os valores dos referidos itens por índices tais como o IGP, IPC, dólar, ou por índices de segmentos específicos não traz resultados tão bons como o emprego da análise de regressão.

Recomenda-se que, ao invés de se estimar expeditamente o valor dos pequenos equipamentos e acessórios, utilize-se a inferência estatística.

Espera-se que este trabalho estimule a discussão do método, e que novos textos sobre avaliação de máquinas e equipamentos sejam produzidos e divulgados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Norma NB-502 — Avaliações de Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro, ABNT, 1989.

— Norma NB-901 — Avaliação de máquinas, equipamentos, instalações e complexos industriais, Rio de Janeiro, ABNT, 1985.

Fillinger, V.C. - Avaliação de Máquinas, Equipamentos, Instalações Industriais e Indústrias - em Engenharia de Avaliações - IBAPE, São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1982.

Kasmier, Leonard J. Estatística Aplicada à Economia e Administração, São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1982.

Marston, A., Winfrey R & Hempestead, J. C. - Engenning Valuation and Depreciation - McGraw Hill Book Co. Inc., New York - 2nd Ed., 1953.

Moreira, Alberto Lélío. Princípios de Engenharia de Avaliações, São Paulo, PINI, 1994.