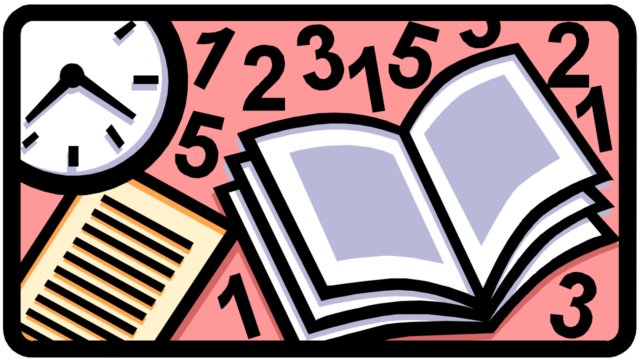
Métodos Quantitativos Aplicados a Custos

Análise Estatística como um auxiliar valioso nas decisões



- ✓ Que métodos estatísticos podem auxiliar as análises de custos?
- ✓ Qual a relação entre regressão e correlação?
- ✓ Como podemos analisar uma análise de regressão e sua correlação?
- ✓ Quantas variáveis podemos atribuir a uma regressão linear simples?
- ✓ Que modelos não lineares podem explicar a tendência de uma reta de projeção de um determinado custo?
- ✓ Como escolher a melhor forma de projeção de custos pela estatística?

Afonso Celso B. Tobias (afonso@fcavalcante.com.br)

- Consultor da Cavalcante Consultores, responsável na área de treinamento e consultoria financeira.
- Administrador de Empresas e Contador pela Universidade Mackenzie.
- Atuou durante 10 anos como consultor financeiro pela Coopers & Lybrand nas áreas de Corporate Finance e Planejamento e Análise de Negócios e 3 anos como gerente de fusões e aquisições pelo Banco Real de Investimento e Banco Alfa de Investimento
- Mestrando pela Universidade Mackenzie em Administração de Empresas com ênfase em Gestão Econômico-financeira.
- Pós-graduado em Economia pela Universidade Mackenzie e Planejamento e Controle Empresarial pela Fundação Armando Álvares Penteado – FAAP.
- Professor de pós-graduação em Planejamento e Controle Empresarial e Administração Contábil e Financeira pela Fundação Armando Álvares Penteado – FAAP.

ÍNDICE

1. Introdução

Muitos dos procedimentos empregados nos processos de gestão de custos e formação de preços são compreendidos de melhor forma mediante a aplicação de técnicas de métodos quantitativos, especialmente de estatística e de pesquisa operacional.

A estatística aplicada a custos, permite, por exemplo, analisar as magnitudes dos gastos fixos e variáveis.

Este Up-to-Date tem como objetivo discutir os principais tópicos da estatística relacionados aos processos de compreensão dos custos, especialmente as análises de regressão e correlação, com ênfase no uso do método dos mínimos quadrados.

2. Uma breve revisão sobre o conceito de estatística

Imagine-se às voltas com um conjunto de números (uma porção de dados), como os que aparecem na tabela da Fig. 1, e que podem ser importantes para uma decisão que você está prestes a tomar, como por exemplo, a decisão por custos maiores ou menores.

Fig. 01: **Conjunto de dados estatísticos**

A) 102 154 253 267 423 069 236 175 184 392 271 259

B) 467 432 245 202 256 301 649 305 682 549 379 500

C) 409 375 653 468 598 974 743 608 549 705 830 552

Esses números poderiam representar qualquer coisa (custos de um produto nas últimas 36 semanas; vezes em que um certo tipo de equipamento falhou, em horas; médias de rejeição do departamento B, e assim por diante) – não importa.

O importante mesmo é saber o que significam.

A menos que você saiba, de que maneira eles podem ajudá-lo a tomar uma decisão consistente?

Bem, a verdade é que esses números não significam nada de nada, a menos que sejam devidamente analisados.

E é aí que ciência da análise estatística entre em cena.

Ela procura dizer-nos o que esses conjuntos de dados numéricos significam, de modo que possamos tomar decisões racionais.

No processo de simplesmente reunir os números acima (ou qualquer outro conjunto de dados numéricos que se reúna) você estará dando o passo inicial de uma análise estatística.

Outros passos são:

- Organizar e analisar dados
- Avaliar os dados
- Avaliar as conclusões
- Procurar encontrar a relação de causa-e-efeito, e
- Ficar de olho em qualquer tendência ou processo.

A estatística nos fornece os meios de se atingir tais objetivos.

Por exemplo, você pode querer estabelecer a reta da equação da reta de regressão e projeção de alguns custos, determinando ainda a sua correlação entre os valores., e determinar a tendência da reta de projeção dos valores futuros.

Isto tornaria os valores mais úteis e confiáveis em uma projeção.

Este Up-to-Date vai simplesmente explorar com um pouco mais de profundidade alguns termos e técnicas estatísticas que são de grande importância para decisão empresarial.

São importantes, é claro, porque ajudam a quantificar as informações na quais as decisões da ciência da administração se fundamentam.

Porém, o conhecimento de estatística ajudará você a dar mais valor à necessidade de dados mais exatos e confiáveis possíveis, ajudando-o a tomar qualquer tipo de decisão.

Ela em si não é uma ciência absoluta e não pode, de forma alguma, tomar as decisões por você, pois indica apenas uma tendência.

Raramente temos à mão todos os dados de que necessitamos para tomar uma decisão, e num certo sentido a estatística é a ciência que nos ensina a lidar com o desconhecido ou a tirar deduções baseadas em dados limitados.

Toda esta possível análise estatística pode culminar em um conceito mais aprofundado de análise de regressão e correlação.

É isto o que veremos agora!

3. Conceitos iniciais de Regressão e Correlação

A análise de regressão e correlação tem como objetivo estimar numericamente o grau de relação que possa ser identificado entre populações de duas ou mais variáveis, a partir da determinação obtida com base em amostras selecionadas dessas populações focalizadas.

A regressão e correlação possibilitam comprovar numericamente se é adequada a postulação lógica realizada sobre a existência de relação entre as populações de duas ou mais variáveis.

A análise de regressão ocupa-se do estudo da dependência de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, explicativas ou variável independente, com o objetivo de estimar ou prever a média (da população) ou o valor médio da dependente em função dos valores conhecidos ou fixos (em amostragem repetida) das explicativas.

Podemos, por exemplo, analisar o comportamento da quantidade de custos – identificando custos fixos e variáveis – sem, necessariamente, ser preciso efetuar uma decisão de cada gasto.

Outra aplicação interessante consiste na utilização conjunta das técnicas de regressão e correlação nas análises relativas aos orçamentos, como, por exemplo, a estimativa de vendas, custos e preços futuros.

4. Análise de Regressão

A análise de regressão fornece uma função matemática que descreve a relação entre duas ou mais variáveis.

A natureza da relação é caracterizada por essa função ou equação de regressão.

Essa equação pode ser usada para estimar ou predizer valores futuros de variáveis, com base em valores conhecidos ou supostos, de uma ou mais variáveis relacionadas.

A análise de regressão é útil em administração, economia, agricultura, pesquisa médica, etc.

Regressão Linear Simples

A análise de regressão linear simples tem por objetivo obter a equação matemática da reta que representa o melhor relacionamento numérico linear entre o conjunto de pares de dados, em amostras selecionadas dos dois conjuntos variáveis.

A equação da reta obtida pode ser apresentada como:

$$\boxed{y = a \cdot x + b}$$

De modo geral, as variáveis x e y, por convenção, são definidas do seguinte modo:

- y = variável dependente (explicada);
- x = variável independente (explicativa)
- a = coeficiente angular
- b = constante

É importante destacar que a análise simples de regressão linear apenas se preocupa em determinar a forma numérica de associação entre x e y.

Não estabelece nenhuma relação de causa.

Os cuidados associados à análise de regressão e correlação serão apresentados com maior profundidade a seguir.

O modelo linear obtido caracteriza a relação entre o conjunto de pares de valores, na amostra analisada.

Este modelo consiste em uma estimativa da reta de ajuste para as duas populações.

Ou seja, a tendência da reta de uma variável "explica" a tendência da variação de outra variável, com uma certa margem de erro entre as mesmas.

As duas constantes da reta apresentam as seguintes características:

b = o valor de y_i, quando $x_i = 0$, ou intercepto da reta do eixo y

a = o valor do coeficiente angular, que indica a inclinação da reta

y = valor calculado na reta de regressão para os valores de x

Para ilustrar a aplicação deste método, vamos analisar a relação entre gastos com matéria-prima e custos variáveis nos últimos seis anos para a empresa ABC.

Os dados coletados (todos em mil reais) estão relacionados da seguinte forma:

Gastos com Matéria-Prima (x) (em mil reais)	**Custos Variáveis (y) (em mil reais)**
3	7
4	14
8	15
12	28
14	32
41	96

Quando representado em um gráfico, a relação entre x e y, nota-se a inexistência de uma relação linear exata, pois nem todos os pontos passam pela mesma reta.

A disposição dos pontos, porém sugere o fato de se aceitar a construção de uma estimativa linear, que **minimize** os erros dos ajustes necessários.

Para ajustar uma reta aos pontos, obtiveram-se os valores de a e b, na equação do tipo

$y = a.x + b$, ou mesmo através da função PROJLIN e também do gráfico de dispersão da planilha Excel.

Com base nos valores obtidos para a e b, é possível determinar que a reta que melhor ajusta os pontos é do tipo: $y = 2{,}3177.x + 0{,}3245$.

A reta de ajuste pode ser vista no diagrama de dispersão apresentado a seguir:

O valor do R^2 apresentado junto ao gráfico determina a correlação entre as variáveis. É o que explicaremos a seguir.

5. Análise de Correlação

A análise de correlação determina um número que expressa uma medida numérica do grau da relação encontrada.

Esse tipo de análise é muito útil em trabalhos exploratórios na determinação de variáveis em relação a projeção de custos e receitas.

Denomina-se simples a análise de correlação ou de regressão linear que envolve apenas duas variáveis, como visto no capítulo anterior.

O resultado da análise de correlação ou de regressão linear é expresso na forma de um coeficiente de correlação: número que quantifica o grau de relação linear obtido para os pares de valores de duas variáveis que formam a amostra analisada.

O grau de relação numérica linear entre duas variáveis contínuas é feito por um coeficiente de correlação linear simples denominado “r de Pearson”.

São hipóteses fundamentais para a obtenção do coeficiente seja válida:

- As duas variáveis envolvidas são aleatórias e contínuas, demonstradas de forma crescente.
- A distribuição de freqüência conjunta para os pares de valores das duas variáveis é uma distribuição normal.
- Seu sinal pode ser positivo ou negativo e sua faixa de variação está compreendida entre –1 e 1.

O coeficiente de correlação indica o grau da relação numérica obtida, ou o grau de ajuste de uma reta ao conjunto dos pontos da amostra.

Faixa de variação de r: -1<= r <= 1

- Quanto mais próximo r estiver de +1, mais próximo estarão os pontos de ajuste integral a uma reta crescente;

- Quanto mais próximo r estiver de –1, mais próximos estarão os pontos de ajustes integral a uma reta crescente;

- Se r = 0, na foi identificada relação numérica linear para os pares de valores analisados.

O coeficiente de determinação R^2 (ou r^2)

O coeficiente de determinação, ou simplesmente $R^{2.}$ além de expressar o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson, representa, também a relação entre a variação explicada pelo modelo e a variação total.

Algebricamente, o valor de R^2 pode ser apresentado como:

$$R^2 = \frac{\text{Variação Explicada}}{\text{Variação Total}}$$

Quanto maior o valor de R, maior o percentual da variação explicada em relação à variação total.

O coeficiente de determinação expressa quanto da variação em relação à média é explicado pelo modelo linear construído.

Os valores de R^2 podem variar de 0 (zero) a 1.

Quando a medida de R^2 é exatamente igual a 1, tal fato significa que a qualidade do ajuste é excelente – toda a variação em relação à média (ou reta) é explicada pelo modelo, todos os pontos analisados da amostra estão exatamente sobre a reta de regressão (ajuste integral).

Quando o valor de R^2 é igual a zero, tal fato indica que a qualidade do ajuste linear é péssima, não havendo relação numérica linear para os pontos da amostra analisada.

Como o valor calculado em nosso exemplo para R^2 foi muito próximo de 1, significa que o grau de ajuste das retas ao ponto pode ser considerado muito bom pois, conforme calculado para este caso, a variável (x) explica em aproximadamente 99,34% a variável y.

De modo geral, para valores de R^2 iguais ou superiores a 0,60, diz-se que o ajuste linear apresenta boa qualidade.

6. Modelos não lineares

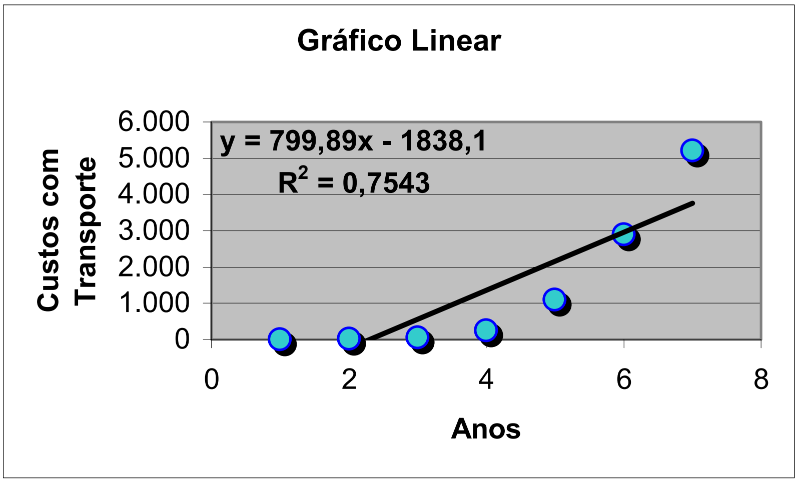
A maior parte dos modelos construídos para análise de regressão e correlação dos custos são modelos estritamente **lineares**.

Porém, em muitas situações existem a necessidade de construção de modelos **não lineares**.

Vejamos os exemplos dados a seguir:

Custos com Transporte no Brasil	
Ano	**Vendas**
1	3
2	17
3	60
4	250
5	1.100
6	2.900
7	5.200

Caso se desejasse ajustar um modelo linear, a equação de ajuste e o diagrama de dispersão dos pontos e da equação poderiam ser vistos na figura seguinte:

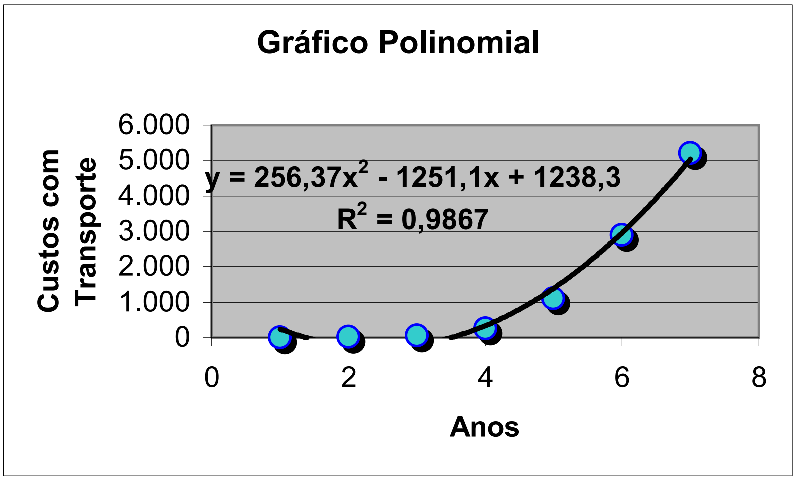


Note que os pontos não se situam próximo de uma reta e, à medida que os valores de anos e vendas aumentam, maior o afastamento em relação à reta.

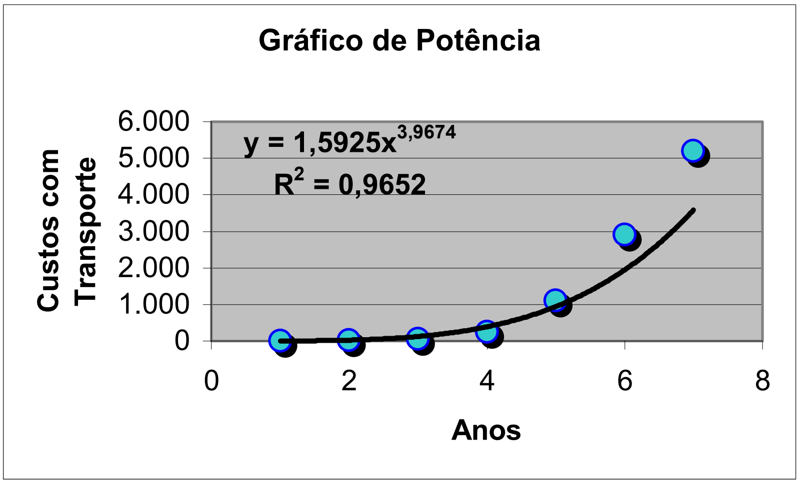
Possivelmente, o melhor ajuste linear ao pontos não ocorre sob a forma de reta, mas por um modelo de potência ou polinômio.

É necessário a visualização do comportamento dos pontos para se analisar qual a melhor "reta" de tendência a ser projetada.

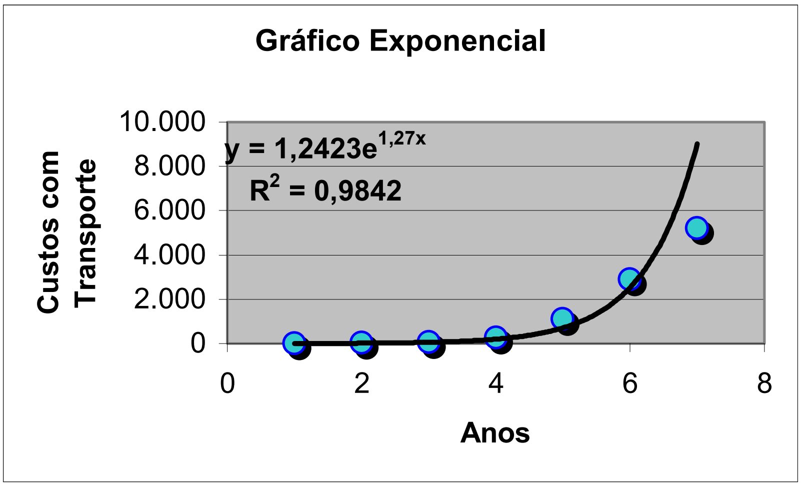
Vejamos como ficariam a reta projetada de forma polinomial:



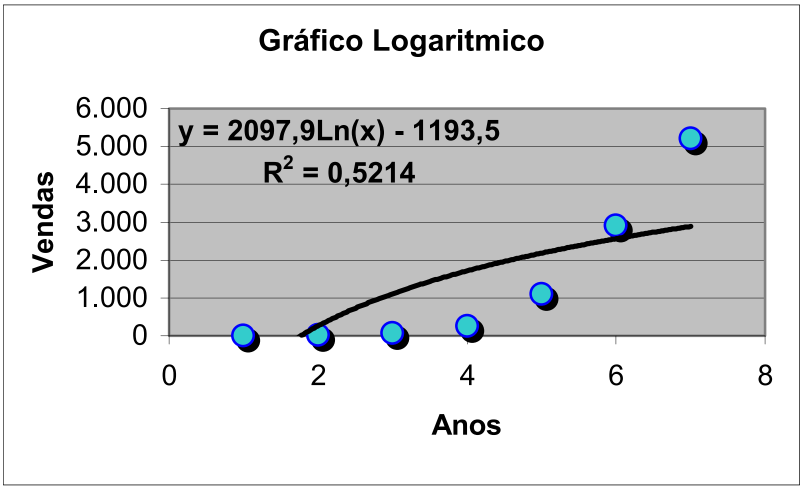
Vejamos agora a reta determinada de forma de potência:



Agora então de forma exponencial:



De formato logarítmico teremos:



Comparando os gráficos com as suas respectivas funções, teremos:

Tendência	Função	R^2
Polinomial	y = 256,37x2 - 1251,1x + 1238,3	**0,9867**
Exponencial	$y = 1,2423e^{1,27x}$	0.9842
Potência	$y = 1,5925x^{3,9674}$	0,9652
Linear	y = 799,89x - 1838,1	0,7543

Obs.: o "e" demonstrado na fórmula do gráfico exponencial é conhecido matematicamente como uma constante denominada de *e-neperiano.*

Note que os vários modelos de retas apresentados tentam, de certa forma, se ajustar aos pontos apresentados. Porém nem todos conseguem coma mesma eficiência.

Note também que, embora o modelo de potência tenha fornecido melhor ajuste que o modelo linear, o primeiro ainda não é o ideal: à medida que os pontos afastam-se da origem, maior o distanciamento entre o modelo de potencia do ajuste e os pontos do diagrama.

Por meio de transformações algébricas, outros modelos não lineares podem ser empregados com melhor precisão.

Porém é muito importante a visualização e a análise da disposição da distribuição dos pontos junto à “reta”.

De modo geral, o melhor modelo é o que consegue apresentar o maior valor de R^2, o que classifica em primeiro lugar o Modelo Polinomial para os pontos apresentados.

Em um próximo Up-to-Date apresentaremos alguns casos práticos para melhor entendimento desta metodologia.