

Engenharia da Qualidade I

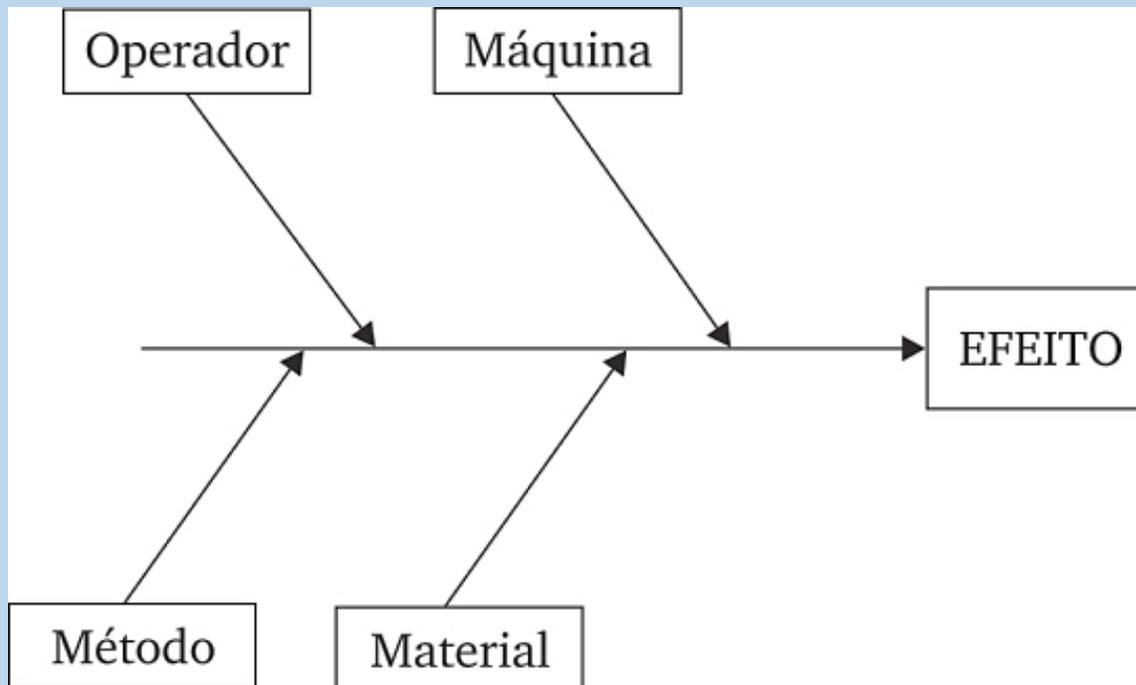
Aula 5

Ferramentas para o Controle e Melhoria da Qualidade

Prof. Geronimo Virginio Tagliaferro

4 – Diagrama de causa e efeito (diagrama de Ishikawa)

- ✓ O diagrama de causa e efeito foi desenvolvido para representar as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema.
- ✓ Atua como um guia para a identificação da causa fundamental desse problema e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas.

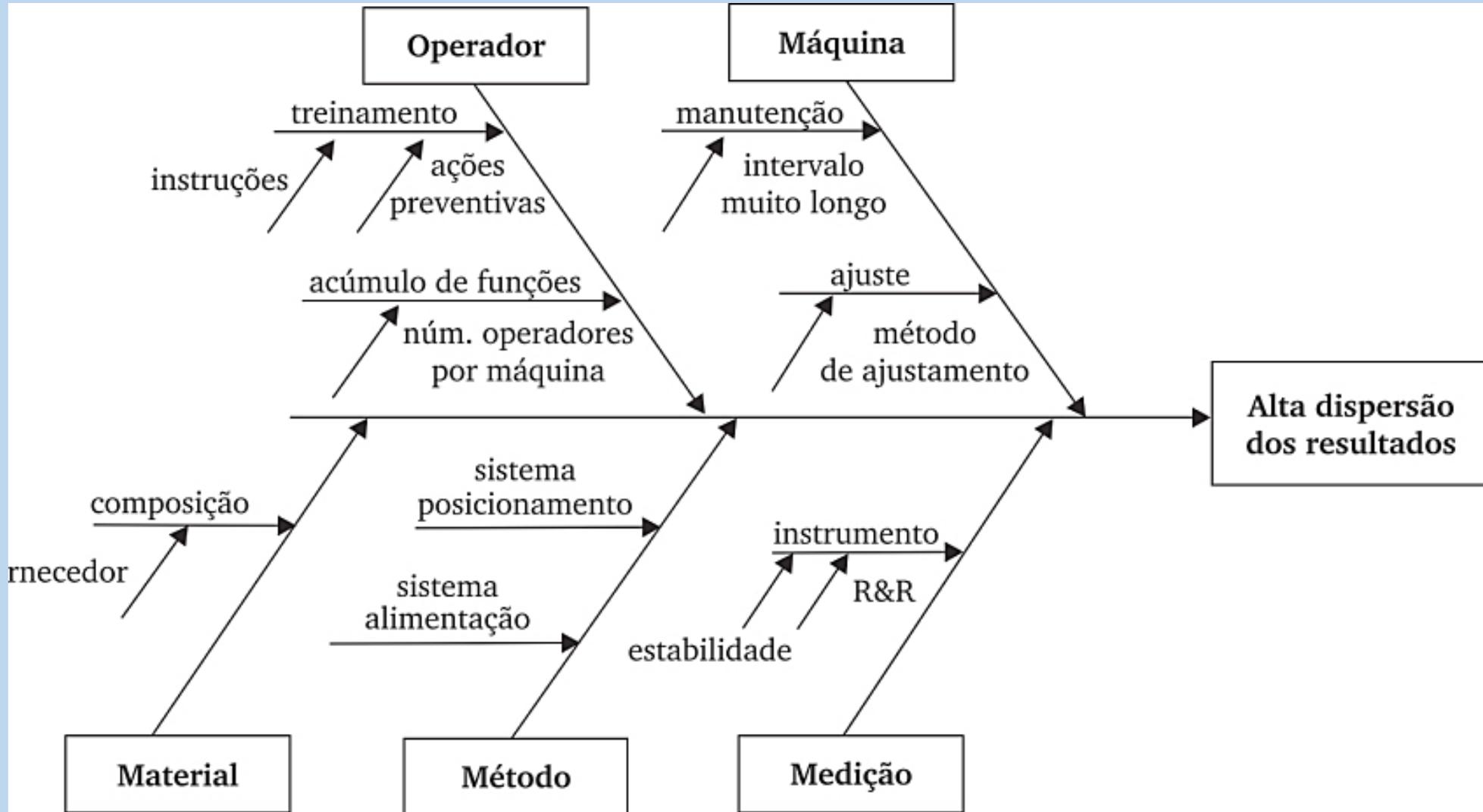


Estrutura básica de um diagrama de causa e efeito

- ❑ A construção de um diagrama de causa e efeito deve ser realizada por um grupo de pessoas envolvidas com o processo considerado.
- ❑ A participação do maior número possível de pessoas envolvidas com o processo é muito importante para que se possa construir um diagrama completo, que não omita causas relevantes.
- ❑ Para a condução do trabalho em equipe, é aconselhável que sejam realizadas sessões de ***brainstorming***.
- ❑ O brainstorming tem o objetivo de auxiliar um grupo de pessoas a produzir o máximo possível de ideias em um curto período de tempo.
- ❑ Uma vez definido o problema a ser considerado, a equipe deve se concentrar na identificação de todas as possíveis causas.

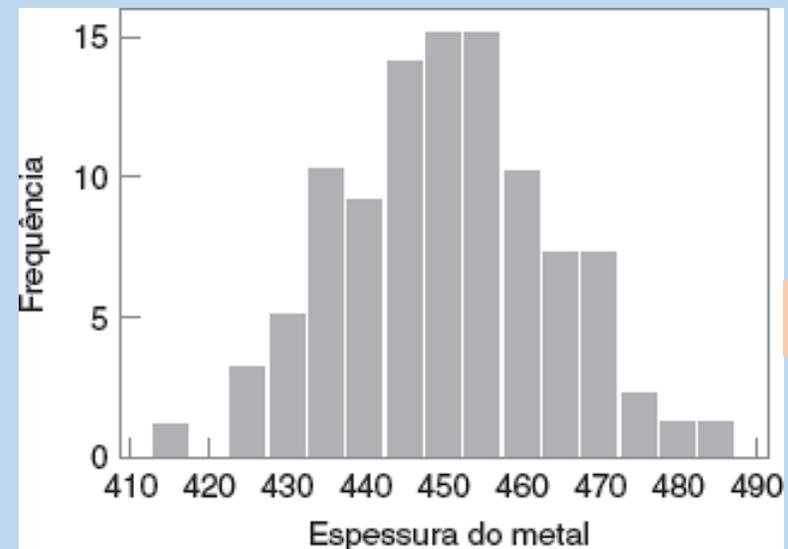
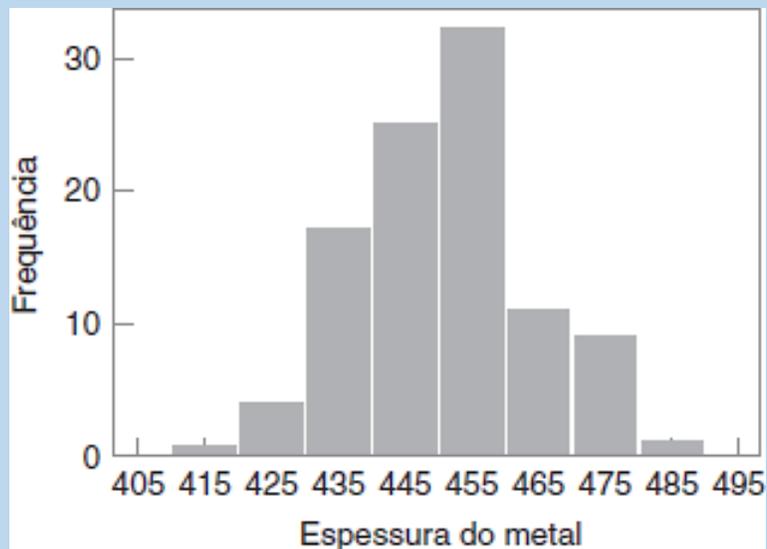
- ❑ Nessa fase, a equipe deve repetidamente formular e responder à pergunta: Que tipo de variabilidade (nas causas) poderia afetar a característica da qualidade de interesse ou resultar no problema considerado?
- ❑ As causas assim identificadas pela equipe podem ser classificadas nas categorias anteriormente identificadas e em tantas outras quanto necessário para caracterizar as causas básicas. Por exemplo, em processos administrativos, poderíamos considerar como causas básicas política, procedimentos, pessoas e equipamento.
- ❑ Em seguida, para cada causa identificada, deve-se proceder à seguinte pergunta: Por que isso acontece? A resposta a essa pergunta levará a possíveis causas que se ramificam a partir da causa anterior. O objetivo desse procedimento é tentar identificar as causas fundamentais para a ocorrência de problemas.
- ❑ Como o grau de importância de cada causa relacionada no diagrama deve ser estabelecido com base em dados, tanto as causas quanto o efeito devem ser mensuráveis. Quando isso não for possível, é importante tentar encontrar variáveis alternativas substitutivas que sejam mensuráveis.

Diagrama de causa e efeito: causas para a alta dispersão do resultado de um processo de fabricação



5 - Histograma

- ❑ O histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um desses intervalos, é construída uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente.
- ❑ Assim, o histograma dispõe as informações de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados e também a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno desse valor central.



15 classes

- ❑ O histograma dispõe as informações de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados e também a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno desse valor central.
- ❑ A comparação de dados resultantes de um processo, para uma característica de qualidade de interesse, organizados na forma de histograma com os limites de especificação estabelecidos para aquela característica, nos permite responder às seguintes perguntas que podem surgir quando o desempenho de um processo está sendo estudado:
 - ❑ O processo é capaz de atender às especificações?
 - ❑ A média da distribuição das medidas da característica da qualidade está próxima do centro da faixa de especificação (valor nominal)?
 - ❑ É necessário adotar alguma medida para reduzir a variabilidade do processo?

A construção de um histograma segue basicamente os seguintes passos:

1. Colete **n** dados referentes à variável cuja distribuição será analisada. É aconselhável que **n** seja superior a **50** para que se possa obter um padrão representativo da distribuição.
2. Escolha o número de intervalos ou classes (**k**). Não existe uma única regra universal para a escolha de **k**. A regra apresentada na abaixo é bastante comum.

Número de intervalos em função do tamanho da amostra.

Tamanho da amostra (<i>n</i>)	Número de intervalos (<i>k</i>)
< 50	5 – 7
50 – 100	6 – 10
100 – 250	7 – 12
> 250	10 – 20

3. Calcule a amplitude total dos dados, dada por:

$$R = Valor_{Max} - Valor_{Min}$$

onde MIN e MAX representam respectivamente o menor e o maior valor da amostra.

4. Calcule o comprimento de cada intervalo, dado por:

$$h = \frac{R}{k}$$

O valor de h deve ser arredondado de forma que seja obtido um número conveniente. Esse número deve ser um múltiplo da unidade de medida dos dados da amostra.

5. Calcule os limites de cada intervalo: o limite inferior do primeiro intervalo corresponde ao menor valor da amostra; o limite inferior do segundo intervalo corresponde ao menor valor (MIN) mais a largura do intervalo, h .

Isso significa que o primeiro intervalo está entre:

$$Valor_{\min} \leq k_1 \leq (Valor_{\min} + h)$$

o segundo intervalo entre:

$$(Valor_{\min} + h) \leq k_2 \leq (Valor_{\min} + 2h)$$

e assim sucessivamente, até que seja obtido um intervalo que contenha o maior valor da amostra (MAX) entre os seus limites.

6. Construa uma tabela de distribuição de frequências, constituída pelas seguintes colunas:

- número de ordem de cada intervalo (i);
- limites de cada intervalo;
- ponto médio de cada intervalo;

7. Construa uma escala no eixo horizontal para representar os limites dos intervalos e uma escala no eixo vertical para representar as frequências de ocorrências dentro de cada intervalo. Desenhe um retângulo em cada intervalo, com base igual ao comprimento (h) e altura igual à frequência (f_i) do intervalo.

Exemplo: Construir um histograma a partir dos dados apresentados na Tabela abaixo, seguindo os passos definidos na aula.

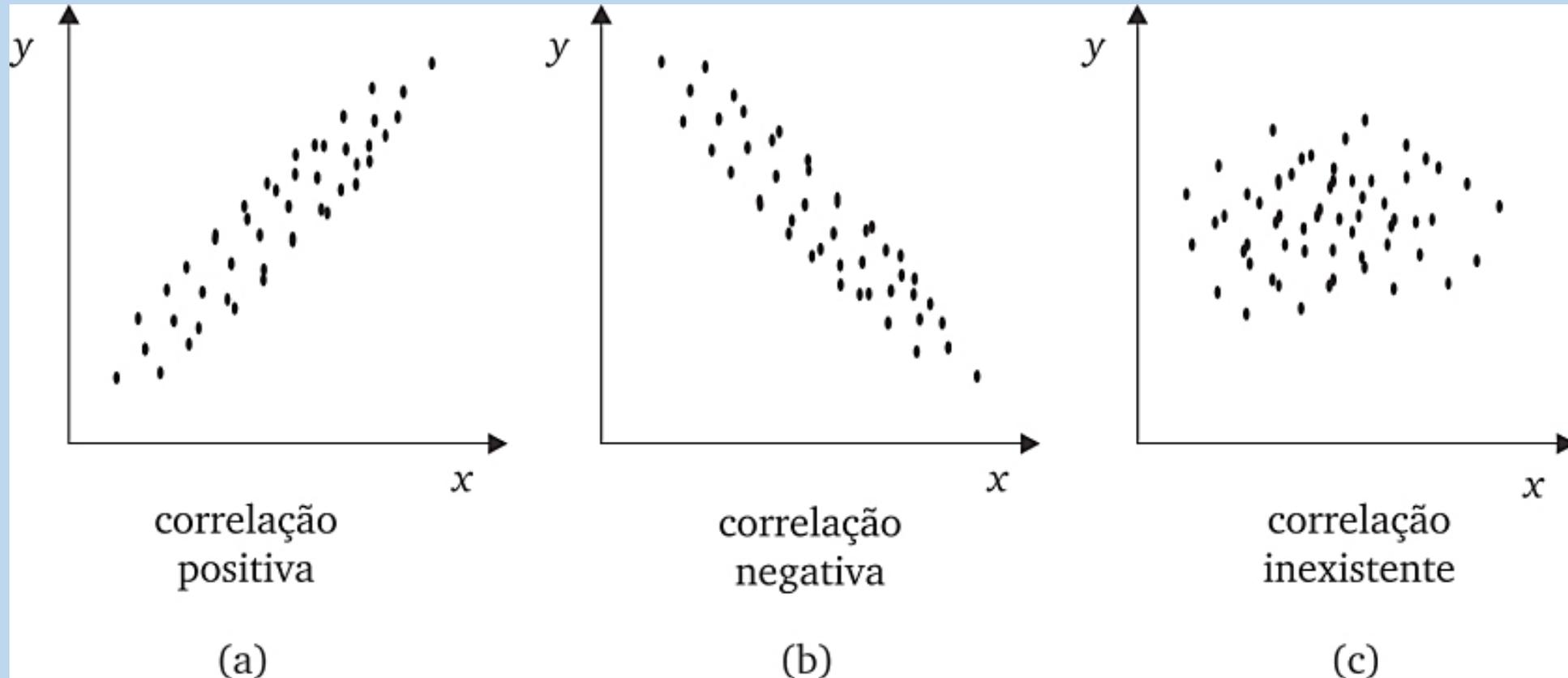
Conjunto de dados para o exemplo.

Dados					
9.9	10.1	9.8	10.2	9.9	10.5
9.3	9.9	9.9	9.8	9.8	10.6
10.2	9.7	10.1	10.7	10.3	9.8
9.4	9.8	10.4	9.9	9.5	9.5
10.1	9.9	10	10.7	9.9	9.4
9.6	10	10.2	9.3	9.3	9.6
9.9	9.6	10.1	10.3	10.2	10.3
10.1	9.7	9.8	9.9	9.2	10.2
9.8	9.4	10.1	10.5	9.9	
9.8	9.6	10.3	9.8	9.7	
9.8	10	10	10.3	9.9	

6 – Diagrama de dispersão

- O diagrama de dispersão é um gráfico utilizado para a visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis.
- De modo geral, gráficos de dispersão são usados para relacionar causa e efeito, como, por exemplo,
 - o relacionamento entre velocidade de corte e rugosidade superficial em um processo de usinagem, composição de material e dureza, intensidade de iluminação de um ambiente e erros em inspeção visual etc.
- Alguns padrões de relacionamento entre duas variáveis são:
 - **Relação positiva:** o aumento de uma variável leva a um aumento da outra (Figura a);
 - **Relação negativa:** o aumento de uma variável leva à diminuição da outra variável (Figura b);
 - **Relação inexistente:** a variação de uma variável não leva a uma variação sistemática da outra variável (Figura c).

Diagrama de dispersão: correlação positiva (a), negativa (b) e inexistente (c).



Após a construção do diagrama de dispersão, se uma relação linear se configura, estaremos interessados em conhecer a intensidade da relação linear entre essas variáveis em termos quantitativos. Para isso, o coeficiente de correlação linear, r

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \times S_{yy}}},$$

O valor de r varia dentro do intervalo $-1 \leq r \leq 1$. Valores de r próximos de 1 indicam uma forte correlação linear positiva entre x e y .

Quando $|r| = 1$, os pontos estarão sobre uma linha reta. Valores de r próximos de 0 indicam uma fraca correlação

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)$$

Exemplo: É esperado que a massa muscular de uma pessoa diminua com a idade. Para estudar essa relação, uma nutricionista selecionou 18 mulheres, com idade entre 40 e 79 anos, e observou em cada uma delas a idade (X) e a massa muscular (Y).

Massa muscular (Y)	Idade (X)
82.0	71.0
91.0	64.0
100.0	43.0
68.0	67.0
87.0	56.0
73.0	73.0
78.0	68.0
80.0	56.0
65.0	76.0
84.0	65.0
116.0	45.0
76.0	58.0
97.0	45.0
100.0	53.0
105.0	49.0
77.0	78.0
73.0	73.0
78.0	68.0

- Construa o diagrama de dispersão e interprete-o.
- Calcule o coeficiente de correlação linear.

Exercícios:

1. A Abaixo apresenta o número de defeitos de acabamento de superfície na pintura de primer por inspeção visual de capotas de automóveis que foram pintadas por um novo processo experimental de pintura.
 - a) Construa um histograma para esses dados.
 - b) Determine qual os defeitos que apresentaram a maior frequência?

6	1	5	7	8	6	0	2	4	2
5	2	4	4	1	4	1	7	2	3
4	3	3	3	6	3	2	3	4	5
5	2	3	4	4	4	2	3	5	7
5	4	5	5	4	5	3	3	3	12

Exercícios:

2. Os dados a seguir correspondem à variável renda familiar e gasto com alimentação (em unidades monetárias) para uma amostra de 25 famílias..

- a) Construa um diagrama de dispersão para esses dados e interpreta-o
- b) Calcular o coeficiente de correlação entre essas variáveis.

Renda Familiar (X)	Gasto com Alimentação (Y)
3	1,5
5	2,0
10	6,0
10	7,0
20	10,0
20	12,0
20	15,0
30	8,0
40	10,0
50	20,0
60	20,0
70	25,0
70	30,0
80	25,0
100	40,0
100	35,0
100	40,0
120	30,0
120	40,0
140	40,0
150	50,0
180	40,0
180	50,0
200	60,0
200	50,0

Exercícios 3:

- a) Construa o diagrama de causa – efeito que possa explicar a derrota de uma equipe num jogo de futebol.
- b) Construa o diagrama de causa – efeito que possa explicar o atraso para um encontro.
- c) Construa o diagrama de causa – efeito que possa explicar a variação de dimensão das peças que saem de uma mesma linha de produção.