Engenharia da Qualidade 3

Prof. Dr. Fabrício Maciel Gomes

SISTEMA → Conjunto de componentes, equipamentos e/ou itens interconectados.

O que interfere no desempenho e confiabilidade de um sistema?

→

O tipo e a qualidade dos componentes

Forma como estão arranjados

Se conheço a confiabilidade dos componentes consigo determinar a confiabilidade do sistema!

Engenharia da Qualidade III

O que precisamos definir antes de representar um sistema?

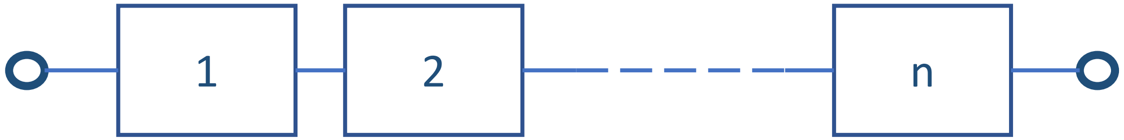
Quais componentes serão incluídos na análise

Nível de detalhamento dos componentes

Como representamos estruturalmente a **função** de um sistema? **DIAGRAMA DE BLOCOS**

Não há redundância entre componentes

Possuem um menor custo



$$R_s(t) = P(x_1(t) \cap x_2(t) \cap \cdots \cap x_n(t))$$

Se considerarmos que os modos de falha de cada componente são independentes entre si, então:

$$R_s = P(x_1(t)) \times P(x_2(t)) \ldots \times P(x_n(t))$$

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^{n} R_i(t)$$ (Regra do produto)

Engenharia da Qualidade III

Exemplo:

Em um sistema em série constituído por 30 componentes idênticos, qual deveria ser a confiabilidade mínima necessária em cada um desses componentes para que se obtenha uma confiabilidade total de 92%?

Resolução:

Aplicando a equação $R_s(t) = \prod_{i=1}^{n} R_i(t)$, temos:

$$0{,}92 = R_i(t)^{30} \rightarrow R_i(t) = 0{,}92^{1/30}$$

Ou seja,0

$$R_i(t) = 99{,}72\%$$

Exemplo:

Um sistema é composto por 11 componentes cuja confiabilidade é de 0,95 e por quatro componentes cuja confiabilidade é de 0,99. Sabendo que esse sistema está em série, determine a confiabilidade total do sistema.

Resolução:

$R_a(t) = 0{,}95$ e $R_b(t) = 0{,}99$

Aplicando a equação $R_s(t) = \prod_{i=1}^{n} R_i(t)$, temos:

$$R_s(t) = R_a(t)^{11} \times R_b(t)^4 = 0{,}95^{11} \times 0{,}99^4$$

Ou seja,0

$$R_s(t) = 0{,}5464 \text{ ou } 54{,}64\%$$

O limite superior da confiabilidade do sistema é ditado pelo componente menos confiável

$$R_s(t) \leq \min_i R_i(t)$$

Quando a confiabilidade dos componentes for muito alta e, consequentemente, a probabilidade de falha for muito pequena, podemos considerar as seguintes aproximações:

$$R_s(t) = 1 - n.F(t)$$ (Componentes iguais)

$$R_s(t) = 1 - \sum_{i=1}^{n} F(t)$$ (Componentes diferentes)

Exemplo:

Em um sistema em série constituído por 30 componentes idênticos, qual deveria ser a confiabilidade mínima necessária em cada um desses componentes para que se obtenha uma confiabilidade total de 92%?

Resolução:

Aplicando a equação $R_s(t) = 1 - n.F(t)$, temos:

$$0{,}92 = 1 - 30.F(t) \rightarrow F(t) = 0{,}002667$$

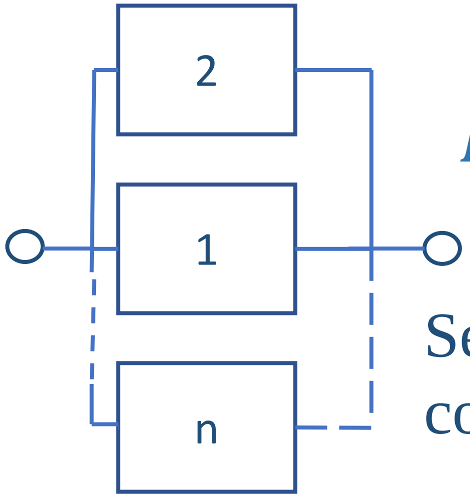
Ou seja,

$$R_i(t) = 1 - F(t) \rightarrow R_i(t) = 0{,}9973 \; ou \; 99{,}73\%$$

Engenharia da Qualidade III

Há redundância entre componentes

Possuem um maior custo



$$R_s = P(\bar{x}_1(t) \cap \bar{x}_2(t) \cap \cdots \cap \bar{x}_n(t))$$

Se considerarmos que os modos de falha de cada componente são independentes entre si, então:

$$R_s = P(\bar{x}_1(t)) \times P(\bar{x}_1(t)) \ldots \times P(\bar{x}_1(t))$$

$$R_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - R_i(t))$$

Exemplo:

Calcule a confiabilidade de um sistema constituído por cinco componentes arranjados em paralelo cuja confiabilidade é 50%

Resolução:

Aplicando a equação $R_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - R_i(t))$, temos:

$$R_s(t) = 1 - (1 - 0{,}5)^5$$

Ou seja,0

$$R_i(t) = 0{,}9688 \text{ ou } 96{,}88\%$$

Sistema em paralelo com carga compartilhada → (Exemplo) Turbinas de uma avião

Sistema em paralelo com redundância em *standby* (sistemas dinâmicos) → (Exemplo) Geração de energia em um hospital

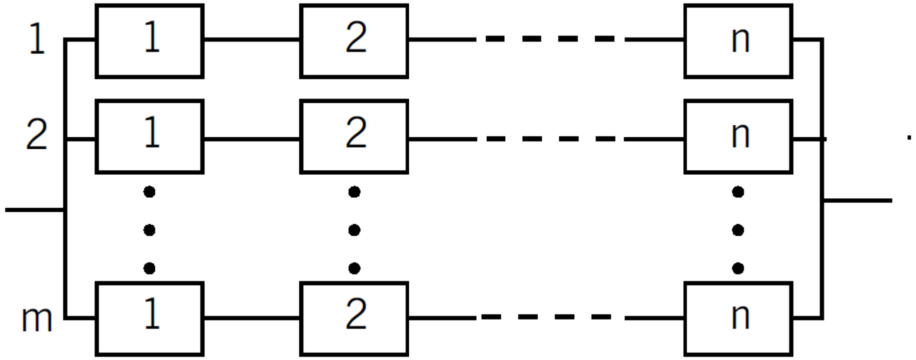
Saibam que existe! Não aprofundaremos nesses casos!

Sistemas Paralelo-Série

Apresentam redundância de alto nível, ou seja, ao nível do sistema.

São sistemas constituídos por *m* subsistemas em paralelo. Cada um com *n* componentes em série.

$$R_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^{m}\left[1 - \prod_{j=1}^{n} R_{ij}(t)\right]$$

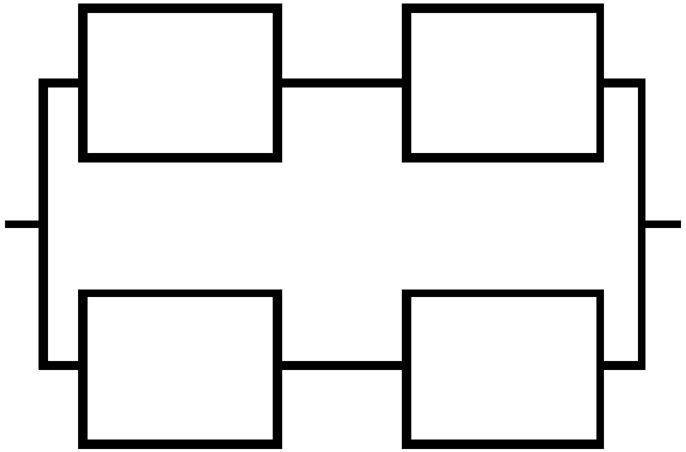


Se todos os componentes foram idênticos, então:

$$R_s(t) = 1 - (1 - R(t)^n)^m$$

Exemplo:

Determine a confiabilidade do sistema abaixo. Cada componente tem confiabilidade igual a 75%



Resolução:

Aplicando a equação
$R_s(t) = 1 - (1 - R(t)^n)^m$, temos:

$$R_s(t) = 1 - (1 - 0{,}75^2)^2$$

$$R_s(t) = 80{,}86\%$$

Sistemas Série-Paralelo

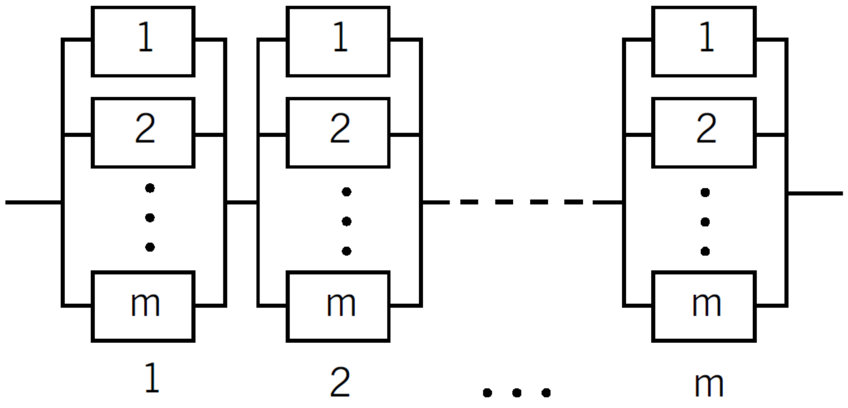
Apresentam redundância de baixo nível, ou seja, ao nível dos sub-sistemas.

São sistemas constituídos por *n* subsistemas em série. Cada um com *m* componentes em paralelo.

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^{n}\left[1 - \prod_{j=1}^{m}(1 - R_{ij}(t))\right]$$

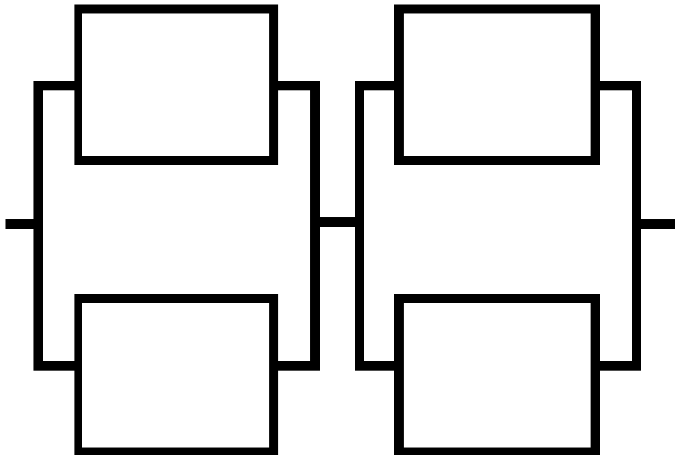
Se todos os componentes foram idênticos, então:

$$R_s(t) = [1 - (1 - R(t))^m]^n$$



Exemplo:

Determine a confiabilidade do sistema abaixo. Cada componente tem confiabilidade igual a 75%



Resolução:

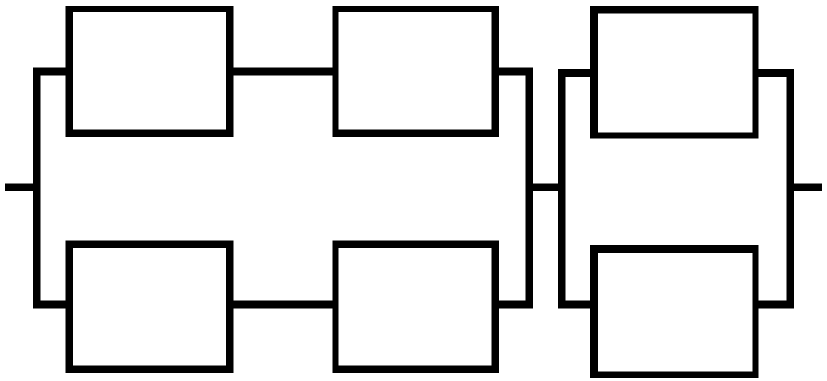
Aplicando a equação
$R_s(t) = [1 - (1 - R(t))^m]^n$, temos:

$$R_s(t) = [1 - (1 - 0{,}75)^2]^2$$

$$R_s(t) = 87{,}89\%$$

Exemplo:

Determine a confiabilidade do sistema abaixo. Cada componente tem confiabilidade igual a 75%



Resolução:

Combinando as equações anteriores

$R_s(t) =) = \{1 - (1 - R(t)^n)^m\}\,[1 - (1 - R(t))^m]^n$, temos:

$$R_s(t) = [1 - (1 - 0{,}75^2)^2][1 - (1 - 0{,}75)^2] = 75{,}81\%$$

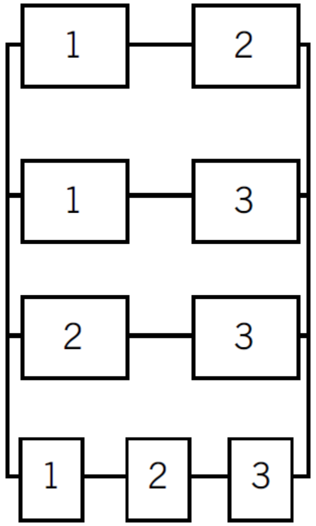
Sistemas k-em-n

São sistemas onde k componentes, de um total de n, precisam estar operantes para que o sistema funcione.

Um sistema em série é do tipo n-em-n.

Um sistema em paralelo é do tipo 1-em-n.

$$R_s(t) = \sum_{i=k}^{n} \binom{n}{i} R^i(t)(1 - R(t))^{n-i}$$



Sistema 2-em-3

Exemplo:

Um avião com 4 turbinas precisa de pelo menos 3 para continuar operando. Sabendo que cada turbina tem confiabilidade de 99% em período de tempo t, qual a confiabilidade do sistema?

Resolução:

Pela equação k-em-n, temos: $R_s(t) = \sum_{i=k}^{n} \binom{n}{i} R(t)^i (1 - R(t))^{n-i}$,

então: $R_s(t) = \left(\frac{4!}{4!1!}\right) 0{,}99^4 (1 - 0{,}99)^0 + \left(\frac{4!}{3!1!}\right) 0{,}99^3 (1 - 0{,}99)^1$

Que resulta em: $R_s(t) = 0{,}9606 + 4 \times 0{,}9703(0{,}01)$

$$R_s(t) = 0{,}9994 \; ou \; 99{,}94\%$$