

Inspeção de Qualidade

Roteiro

1. Inspeção para Aceitação
2. Planos de Amostragem Simples
3. Determinação Plano de Amostragem
4. Inspeção Retificadora
5. Plano de Amostragem Dupla
6. Planos de Amostragem da NBR 5426
7. Referências

Inspeção para Aceitação

Inspeção por Amostragem

- Avaliação de característica de qualidade de unidades selecionadas aleatoriamente;
 - √ Alternativa para inspeção 100%;
 - √ Obrigatória quando a avaliação de qualidade requer teste destrutivo.

Inspeção para Aceitação

- Inspeção por amostragem de itens de lote de entrega
- Dependendo da quantidade de defeituosos da amostra, o lote é aceito ou rejeitado
- O lote rejeitado é devolvido ao fornecedor
- A tendência é substituí-la por trabalho com os fornecedores visando assegurar a qualidade de seus produtos

Teste de Hipóteses

- Associado à inspeção para aceitação:
 $H_0: p = p_0$
 $H_1: p > p_0$
- P: proporção de defeituosos do processo
- Risco α : Risco do produtor
√ Não aceitação de lote de boa qualidade
- Risco β : Risco do consumidor
√ Aceitação de lote de má qualidade

- d: quantidade de defeituosos na amostra:

d ~ hipergeométrica

$$P\{d = d_0\} = \frac{\binom{D}{d_0} \binom{m-D}{n-d_0}}{\binom{m}{n}}$$



LOTE

AMOSTRA

- Exemplo: Probabilidade de 2 itens amostrais defeituosos

- √ Lote de 200 itens com 10 itens defeituosos;
- √ Amostra de 20 unidades
- √ $m = 200$; $D = 10$; $n = 20$; $d = 2$.

$$P\{d = 2\} = \frac{\binom{10}{2} \binom{200-10}{20-2}}{\binom{200}{20}} = 0,198$$

- D: número de defeituosos no lote
 $D \sim \text{binomial}(m, p)$
 p : proporção de defeituosos no processo

$$P\{D = D_0\} = \binom{m}{D_0} p^{D_0} (1-p)^{m-D_0}$$

- Probabilidade de um lote de 200 itens conter 10 itens defeituosos com $p = 0,1$.

$$P\{D = 10\} = \binom{200}{10} 0,1^{10} (1-0,1)^{200-10} = 0,0045$$

- Probabilidade de d_0 defeituosos na amostra

$$P\{d = d_0\} = \sum_{D_0=0}^{200} P\{d = d_0 | D = D_0\} P\{D = D_0\}$$

$Pr\{d = 2 | D = D_0\}$ e $Pr\{D = D_0\}$

D_0	$Pr\{D = D_0\}$	$Pr\{d = 2 D = D_0\}$	D_0	$Pr\{D = D_0\}$	$Pr\{d = 2 D = D_0\}$
10	0,0045	0,1975	21	0,0892	0,2989
11	0,0087	0,2186	22	0,0806	0,2957
12	0,0153	0,2373	23	0,0693	0,2911
13	0,0245	0,2536	24	0,0568	0,2853
14	0,0364	0,2674	25	0,0444	0,2784
15	0,0501	0,2787	26	0,0332	0,2706
16	0,0644	0,2875	27	0,0238	0,2620
17	0,0775	0,2939	28	0,0163	0,2528
18	0,0875	0,2982	29	0,0108	0,2431
19	0,0931	0,3003	30	0,0068	0,2330
20	0,0936	0,3005			

$$P\{d = 2\} = \sum_{D_0=0}^{200} P\{d = 2 | D = D_0\} P\{D = D_0\} = 0,285$$

Aproximação

- Se $n/m \leq 0,10$ então $P\{d = d_0\}$ pode ser obtido com boa precisão considerando:

$$d \sim \text{binomial}(n, p)$$

$$P\{d = 2\} = \binom{n}{d} p^{d_0} (1-p)^{n-d_0} = \binom{20}{2} 0,10^2 (1-0,10)^{20-2} = 0,285$$

Amostragem de Aceitação

- Lote com 200 itens
√ $H_0: p = 0,01$ vs. $H_1: p > 0,01$
- Plano Amostral
√ amostra de 5 itens
√ Critério de aceitação: todos os itens amostrais considerados não defeituosos
- Risco do fabricante:

$$\alpha = 1 - P\{d = 0\} = 1 - 0,99^5 = 0,049$$
$$\alpha \approx 5\%$$

- Risco do consumidor

p_1	β
0,02	0,90
0,04	0,82
0,06	0,73
0,10	0,59

$$\beta_{0,02} = P\{d = 0 | p_1 = 0,02\} = 0,98^5 = 0,904$$
$$\alpha \approx 5\%$$

Comentários

- Para aproximar os riscos α e β pela binomial, deve-se considerar constante a probabilidade de um item ser defeituoso;
- Na realidade, a probabilidade de um item defeituoso na amostra ser defeituoso depende da proporção de defeituosos no lote;
- Se $n/m \leq 0,10$ a aproximação é satisfatória

Planos de Amostragem Simples

Amostragem Simples por Atributos

- Parâmetros do plano amostral:
 - √ Tamanho da amostra: n
 - √ Número de aceitação: Ac
- Critério de aceitação do lote:
 - √ Número de defeituosos $\leq Ac$
- Cada plano amostral está associado a uma única curva característica de operação (CCO)
 - √ P_{ac} vs. p
 - P_{ac} : probabilidade de aceitação do lote
 - p : proporção de defeituosos

- Plano Amostral:

$$\sqrt{n} = 200 \text{ e } Ac = 5$$

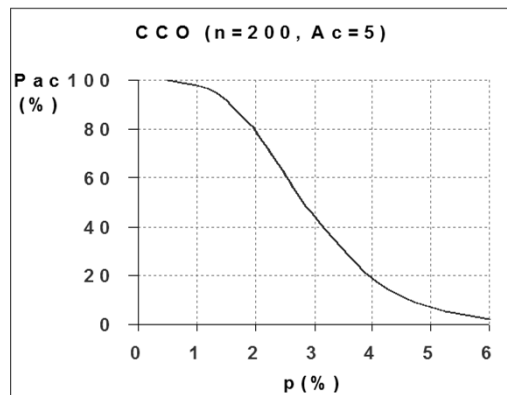
Valores de p e P_{ac} do Plano de Amostragem

$p(\%)$	$\lambda = np$	$P_{ac}(\%)$
0,5	1,0	99,9
1,0	2,0	98
1,4	2,8	93
1,8	3,6	84
2,0	4,0	79
2,6	5,2	58
3,0	6,0	44
4,0	8,0	19
5,0	10,0	7
6,0	12,0	2

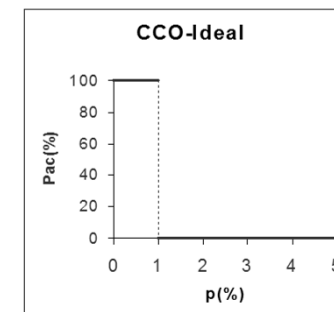
$$P_{ac}(0,02) = P\{d \leq 5 | p = 0,02\} = \sum_{i=0}^5 \binom{200}{i} 0,02^i (1 - 0,02)^{200-i} = 0,787$$

- Curva característica de operação do plano amostral

$$\sqrt{n} = 200 \text{ e } Ac = 5$$

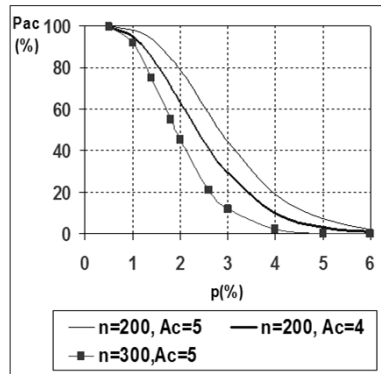


- Curva característica de operação ideal para $p_0=0,01$



Todos os lotes com $p \leq 0,01$ seriam aceitos e aqueles com $p > 0,01$ seriam rejeitados

- Efeito de n e Ac na probabilidade de aceitação de lote



- Aumento de n ou redução de Ac :
 - aumento do *risco* α : ruim para fabricante
 - diminuição do *risco* β : bom para consumidor

- É necessária mais informação para a redução simultânea de α e β
 - √ Aumento de n e Ac

Determinação do Plano de Amostragem

Parâmetros de Entrada

- NQA – Nível de qualidade aceitável
 - √ p_0 : máxima proporção de defeituosos que o consumidor considera satisfatória como média do processo
- NQI – Nível de qualidade inaceitável
 - √ p_1 : proporção de defeituosos que o consumidor considera totalmente insatisfatória como média do processo

- α : risco que o fabricante está disposto a aceitar
 √ rejeição de lote de boa qualidade
- β : risco que o comparador está disposto a aceitar
 √ aceitação de lote de má qualidade
- Deseja-se determinar:
 - √ tamanho da amostra (n)
 - √ número de aceitação (Ac)
- Mesmo problema de determinação de parâmetros de carta np

Exemplo

- Determinação de plano amostral com:
 - √ $\alpha = 0,02$
 - √ $\beta = 0,10$
 - √ $NQA = 1\%$
 - √ $NQI = 5\%$
- Solução ótima:
 - √ $n = 184$
 - √ $Ac = 5$

- Solução Boa:
 - √ Algoritmo da Seção 8.3.1

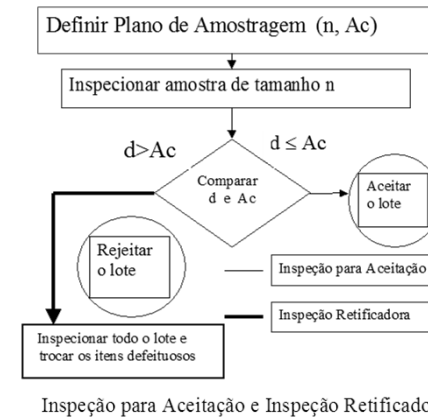
Determinação do Plano de Amostragem					
d	$P_{ac}^0 (= \alpha)$	λ_0	n	$\lambda_1 = np_1$	$P_{ac}^1 (= \beta)$
3	0,9810	1,00	100	5	0,27
4	0,9814	1,50	150	7,5	0,13
5	0,9834	2,00	200	10	0,07 (<0,10 ⇒ solução)

Em geral a solução boa apresenta um n ligeiramente maior que aquele da solução ótima

Inspeção Retificadora

Inspeção Retificadora

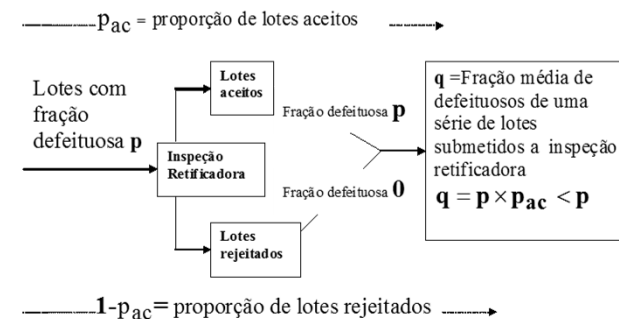
- Lotes rejeitados são submetidos à inspeção 100%
- Todos os itens defeituosos do lote são substituídos por itens bons
- Na inspeção para aceitação:
 - √ Os lotes rejeitados são devolvidos para o fornecedor



Vantagem

- Após a comercialização de uma série de lotes
 - √ proporção média de defeituosos (q) que o **comprador** é menor que p (proporção média de defeituosos do **processo de fabricação**)

- Após a comercialização de uma série de lotes

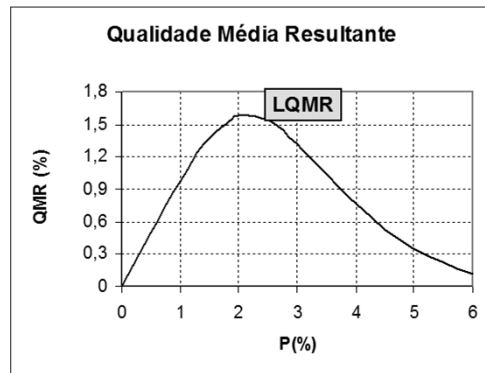


- proporção média de defeituosos (q) que o comprador adquire é menor que a proporção média de defeituosos do processo de fabricação (p)
- QMR – Qualidade média resultante:
 - √ Proporção média de defeituosos (q) que o comprador adquire com a inspeção retificadora

$$QMR = p \times P_{ac} + 0 \times (1 - P_{ac}) = p \times P_{ac}$$

- Para o plano amostral com $n = 200$ e $Ac = 5$:

$p(\%)$	$\lambda = np$	$P_{ac}(\%)$	QMR
0,0	0	100	0
0,5	1,0	99,9	0,50
1,0	2,0	98	0,98
1,4	2,8	94	1,32
1,8	3,6	84	1,51
2,0	4,0	79	1,58
2,4	4,8	65	1,56
2,6	5,2	58	1,51
3,0	6,0	44	1,32
4,0	8,0	19	0,76
5,0	10,0	7	0,35
6,0	12,0	2	0,12



- LQMR – Limite da Qualidade Média Resultante:
 - √ Máxima proporção média de defeituosos que o consumidor adquire com a inspeção retificadora

Comentários

- Para valores pequenos de p a maioria dos lotes é aceita e $QMR \approx p$;
- À medida que p cresce, diminui a probabilidade de o lote ser aceito
 - √ maior quantidade de lotes submetidos à inspeção 100%
 - √ diminuição da QMR

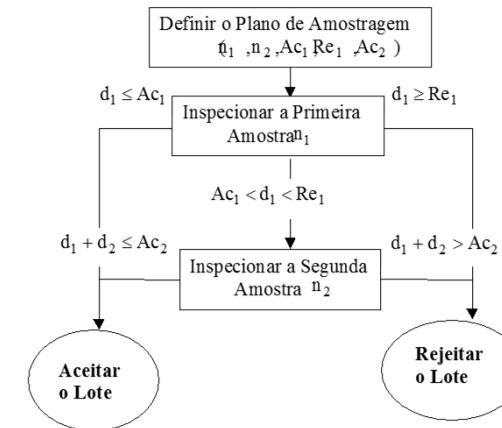
Plano de Amostragem Dupla

Planos de Amostragem Dupla

- Objetivo:
 - √ Reduzir a quantidade de itens do lote a inspecionar
- Parâmetros:
 - √ n_1 e n_2 : tamanhos de amostra
 - √ Ac_1 e Ac_2 : números de aceitação
 - √ Re_1 : número de rejeição

- Critério:

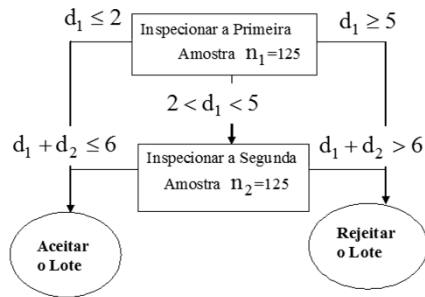
- √ Retira-se amostra de tamanho n_1
- √ Se $d_1 \leq Ac_1$, aceita-se o lote
- √ Se $d_1 \geq Re_1$, rejeita-se o lote;
- √ Se $Ac_1 < d_1 < Re_1$: retira-se 2ª. Amostra
 - Se $d_1 + d_2 \leq Ac_2$: aceita-se o lote
 - Em caso contrário ele é rejeitado



- Amostragem dupla com plano:

$$\sqrt{n_1 = n_2 = 125};$$

$$\sqrt{Ac_1 = 2; Re_1 = 5 \text{ e } Ac_2 = 6}$$



- Probabilidade de aceitação do lote na 1ª amostragem:

$$P_{ac}^1 = P\{d_1 \leq 2\}$$

- Probabilidade de aceitação do lote na 2ª amostragem:

$$P_{ac}^2 = P\{d_2 \leq 3 | d_1 = 3\} \times P\{d_1 = 3\} + P\{d_2 \leq 2 | d_1 = 4\} \times P\{d_1 = 4\}$$

- Probabilidade de o lote ser aceito:

$$P_{ac} = P_{ac}^1 + P_{ac}^2$$

Valores de p e P_{ac} (amostragem dupla)

p(%)	$\lambda = n_1 p$	p_{ac}^1	$\Pr\{d_1=3\}$	$\Pr\{d_1=4\}$	$\Pr\{d_2 \leq 3\}$	$\Pr\{d_2 \leq 2\}$	p_{ac}^2	P_{ac}
0,5	0,625	0,97	0,02	0,00	1,00	0,97	0,02	1,00
1,0	1,25	0,87	0,09	0,03	0,96	0,87	0,11	0,98
1,4	1,75	0,74	0,16	0,07	0,90	0,74	0,19	0,94
1,8	2,25	0,61	0,20	0,11	0,81	0,61	0,23	0,84
2,0	2,50	0,54	0,22	0,13	0,76	0,54	0,24	0,78
2,6	3,25	0,37	0,22	0,18	0,59	0,37	0,20	0,57
3,0	3,75	0,27	0,21	0,20	0,48	0,27	0,15	0,43
4,0	5,00	0,12	0,14	0,18	0,26	0,12	0,06	0,18
5,0	6,25	0,05	0,08	0,12	0,12	0,05	0,02	0,06
6,0	7,50	0,02	0,04	0,07	0,05	0,02	0,00	0,02

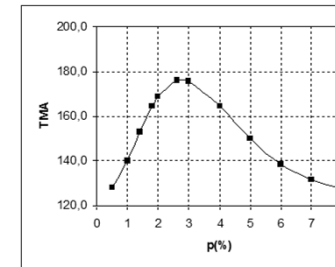
Comentários

- As probabilidades de aceitação são semelhantes àquelas obtidas com o plano de amostragem simples ($n = 200; Ac = 5$);

TMA – Tamanho Médio das Amostras

- Número de itens inspecionados:
 - √ $n = 125$ se não for necessária 2ª. amostragem;
 - √ $N = 250$ caso ela seja necessária
- Probabilidade da 2ª. amostragem:
 - √ $P\{d_1 = 3 \text{ ou } d_1 = 4\}$
- TMA – Tamanho médio das amostras

$$\text{TMA} = 125 + 125 \times [P\{d_1 = 3\} + P\{d_1 = 4\}]$$



P(%)	TMA	P(%)	TMA	P(%)	TMA
0,5	128,1	2	168,8	5	149,8
1	140,2	2,6	175,9	6	138,3
1,4	153,0	3	175,7	7	131,4
1,8	164,4	4	164,7	8	127,8

O TMA não ultrapassa 180 itens

NBR 5426 – Plano de Amostragem

NBR 5426

- Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos
 - √ Baseada na norma militar americana MIL-STD-105D
- Planos de inspeção da norma:
 - √ Tabelas em função do tamanho dos lotes e do NQA
 - √ Nível de inspeção que pretende trabalhar

Terminologia

Nível de Inspeção	Gerais: I, II e III
relação entre tamanhos lote e amostra	Especiais: S1, S2, S3 e S4
Regime de Inspeção	Normal
Severidade de realização inspeção	Atenuado
(função desempenho do fornecedor)	Severo
Plano de retirada das amostras	Simple
Forma de retirada de amostras	Dupla
	Múltipla

Nível de Inspeção

- Relação entre o tamanho do lote e o tamanho da amostra
- Nível I:
 - √ Quando for necessário diminuir tamanho da amostra
 - √ Preço: aumentar o risco β do consumidor
- Nível II:
 - √ Em geral, adota-se esse nível
- Nível III:
 - √ Quando for necessário reduzir o risco do consumidor
 - √ Preço: aumentar o tamanho da amostra

Níveis Especiais

- Para os casos em que:
 - √ só os tamanhos de amostra muito pequenos podem ser usados
 - Ex. Ensaios destrutivos muito caros
 - √ Possam e devam ser tolerados grandes riscos de amostragem
- Níveis:
 - √ S1, S2, S3 e S4

Utilização da Norma

- Verificar o tamanho do lote (N) recebido
- Determinar o código de amostragem, em função do tamanho do lote recebido e do nível de inspeção (Tabela F1)
- Determinar o tamanho da amostra a ser examinada (n), em função do plano de amostragem e do regime de inspeção adotados (Tabelas F2, F3, F4, F5, F6 e F7);

Utilização da Norma

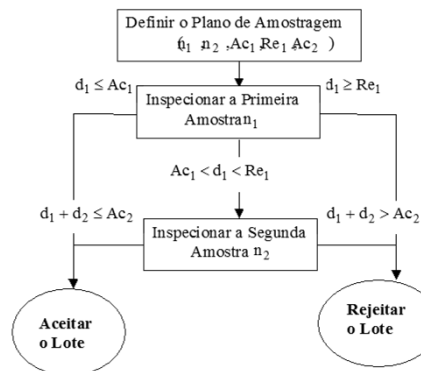
- Coletar a amostra e contar o número de defeituosos encontrados (d)
- Em função do NQA estabelecido para a característica da qualidade, determinar o número de aceitação (Ac) e de rejeição (Re) (Tabelas F2, F3, F4, F5, F6 e F7)
- Comparar d com Ac e Re e decidir pela aceitação ou rejeição do lote

Planos de Amostragem

- Simple
- Dupla
- Múltipla

Plano de Amostragem Dupla

- Trabalham com duas amostras
- Critério de aceitação/rejeição:



Uso da Tabela

- Entrada:
 - √ Nível II
 - √ Lote: 5.000 itens
- Saída:
 - √ Código de amostra: L



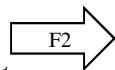
Tamanho do lote	Níveis Especiais de Inspeção				Níveis Gerais de Insp.		
	S1	S2	S3	S4	I	II	III
3.201 a 10.000	C	D	F	G	J	L	M

Plano de Amostragem Simples

- Entrada:

√ NQA: 1,0

√ Código de Amostra: L



- Saída:

√ $n = 200$

√ $Ac = 5$

√ $Re = 6$

Código da amostra	Tamanho da amostra	NQA			
		0,65	1,0	1,5	
			Ac	Re	
K					
L	200		5	6	
M					

Plano de Amostragem Dupla

- Entrada:

√ NQA: 1,0

√ Código de Amostra: L



- Saída:

√ $n_1 = n_2 = 125$

√ $Ac_1 = 2$ e $Ac_2 = 6$

√ $Re_1 = 5$

Código da amostra	Seqüência	Tamanho da amostra	NQA		
			0,65	1,0	1,5
			Ac	Re	
K					
L	1ª.	125	2	5	
	2ª.	125	6	7	
M					

Modos de Inspeção

- Atenuado:

√ Se o histórico do fornecedor gera confiança (10 lotes consecutivos aceitos) o consumidor pode substituir inspeção normal pela atenuada

√ Redução do tamanho da amostra

√ Se a quantidade de defeituosos (d) for maior que Ac e menor que Re :

- aceita-se o lote
- retorna-se à inspeção normal nas inspeções subseqüentes

Inspeção Normal

- Entrada:

√ Nível de inspeção: II

√ NQA: 1,0

√ Código de Amostra: L



- Saída:

√ $n = 200$

√ $Ac = 5$

√ $Re = 6$

Inspeção Atenuada

- Saída:

√ $n = 80$

√ $Ac = 2$

√ $Re = 5$

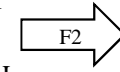


Código da amostra	Tamanho da amostra	NQA			
		0,65	1,0	1,5	
			Ac	Re	
K					
L	80		2	5	
M					

- Severo:
 - √ Histórico do fornecedor não gera confiança (2 em 5 lotes consecutivos rejeitados)
 - √ Redução do número de aceitação (critério mais rigoroso para aceitação do lote)

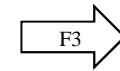
Inspeção Normal

- Entrada:
 - √ Nível de inspeção: II
 - √ NQA: 1,0
 - √ Código de Amostra: L



- Saída:
 - √ $n = 200$
 - √ $Ac = 5$
 - √ $Re = 6$

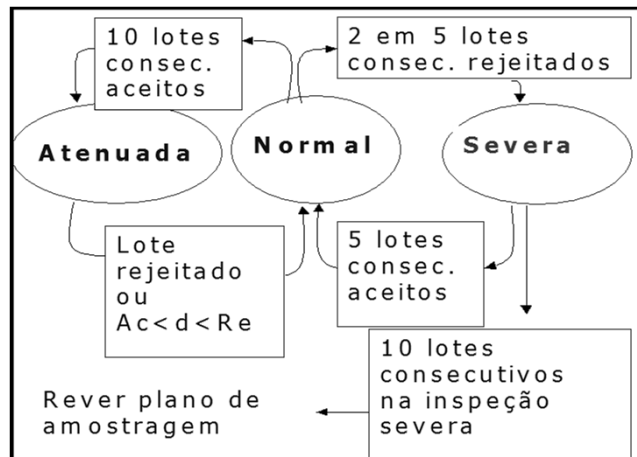
Inspeção Severa



- Saída:
 - √ $n = 200$
 - √ $Ac = 3$
 - √ $Re = 4$

Código da amostra	Tamanho da amostra	NQA		
		0,65	1,0	1,5
K			Ac	Re
L	80		2	5
M				

Regras para Comutação Modos de Inspeção



Referências

Bibliografia Recomendada

- Costa, A. F. B., Epprecht, E. K., Carpinetti, L. C. R. (Atlas)
Controle Estatístico de Qualidade
- Montgomery, D. C. (LTC)
Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade