

## INTRODUÇÃO AOS ARRANJOS ORTOGONAIS DE TAGUCHI

- PARA UM NÚMERO  $> 5$  DE FATORES, O FATORIAL COMPLETO FICA QUASE SEMPRE INVIÁVEL.
- ALÉM DISSO, MUITAS VEZES OS EFEITOS COMBINADOS SÃO DESPREZÍVEIS NA RESPOSTA.
- POR ISSO, REALIZA-SE APENAS UMA PARTE (UMA FRAÇÃO!) DO PLANEJAMENTO FATORIAL COMPLETO.
- A TÉCNICA DO FATORIAL FRACIONADO - E OS ARRANJOS ORTOGONAIS DE TAGUCHI - É ÚTIL NO INÍCIO DE UMA PESQUISA, QUANDO HÁ UM NÚMERO GRANDE DE FATORES E NÃO SE SABE QUAIS SÃO OS FATORES REALMENTE SIGNIFICATIVOS.
- COM O FATORIAL FRACIONADO, CONSEGUE-SE DIMINUIR O NÚMERO DE EXPERIÊNCIAS A REALIZAR SEM PERDER INFORMAÇÕES SOBRE OS EFEITOS DE VARIÁVEIS QUE PODEM SER SIGNIFICATIVOS.
- OS ARRANJOS ORTOGONAIS DE TAGUCHI SÃO OUTRA FORMA DE APRESENTAR O PLANEJAMENTO FATORIAL FRACIONADO.

## ARRANJOS ORTOGONAIS DE TAGUCHI: ETAPAS NO PROJETO, EXECUÇÃO E ANÁLISE DA EXPERIMENTAÇÃO

---

1. SELEÇÃO DE FATORES E/OU INTERAÇÕES PARA AVALIAÇÃO;
2. SELEÇÃO DO NÚMERO DE NÍVEIS PARA OS FATORES;
3. SELEÇÃO DO ARRANJO ORTOGONAL ADEQUADO;
4. ATRIBUIÇÃO DE FATORES E/OU INTERAÇÕES ÀS COLUNAS;
5. EXECUÇÃO DOS ENSAIOS;
6. ANALISAR OS RESULTADOS;
7. REALIZAR NOVO EXPERIMENTO PARA CONFIRMAÇÃO.

## 1. SELEÇÃO DE FATORES E/OU INTERAÇÕES PARA AVALIAÇÃO:

- CONSISTE EM INVESTIGAR QUAIS FATORES E/OU QUAIS EFEITOS AGEM SOBRE A(S) CARACTERÍSTICA(S) DE DESEMPENHO DO PRODUTO OU PROCESSO, OU SOBRE A(S) CARACTERÍSTICA-RESPOSTA DE INTERESSE.

### . MECANISMOS:

- . LIVRE ASSOCIAÇÃO DE IDEIAS (BRAINSTORMING, ETC.);
- . FLUXOGRAMAS (MÉTODOS, PROCESSOS, ETC.);
- . DIAGRAMAS DE CAUSA-EFEITO (ESPINHA DE PEIXE, CAUSAS PRIMÁRIAS, SECUNDÁRIAS E TERCIÁRIAS RAMIFICADAS NO TRONCO PRINCIPAL).

## 2. SELEÇÃO DO NÚMERO DE NÍVEIS:

- . NA ETAPA INICIAL DA EXPERIMENTAÇÃO, PODEM APARECER MUITOS FATORES.
- . POR ISSO, RECOMENDAM-SE 2 NÍVEIS PARA MINIMIZAR A DIMENSÃO INICIAL DO EXPERIMENTO.
- . APÓS, MUITOS FATORES SERÃO ELIMINADOS DA DISCUSSÃO.
- . OS FATORES RESTANTES PODERÃO SER INVESTIGADOS COM MAIS NÍVEIS;
- . ASSIM, NÃO HAVERÁ CRESCIMENTO EXCESSIVO NO ~~TEMPO~~ TEMPO DO EXPERIMENTO.

### 3. SELEÇÃO DO ARRANJO ORTOGONAL

#### a) GRAUS DE LIBERDADE

• O A.O. DEVE TER NÚMERO DE GL  $\geq$  O NÚMERO DE GL PARA FATORES E INTERAÇÕES DO EXPERIMENTO

• PARA CADA FATOR, OS GL CONSISTEM NO NÚMERO DE NÍVEIS MENOS UM.

• ASSIM:  $V_A = k_A - 1$   $\left\{ \begin{array}{l} V_A: \text{N}^\circ \text{ GL A} \\ k_A: \text{N}^\circ \text{ NÍVEIS DE A} \end{array} \right.$

• PARA A INTERAÇÃO, O N.º DE GL É O PRODUTO DOS GL DOS FATORES NA INTERAÇÃO

$$V_{AB} = (V_A)(V_B)$$

• O NÚMERO MÍNIMO DE GL EXIGIDOS EM UMA SÉRIE DE EXPERIMENTOS CONSISTE NA SOMATÓRIA DE TODOS OS GL DE FATORES E DE INTERAÇÕES A SEREM EXAMINADOS NO EXPERIMENTO.

#### b) ARRANJOS ORTOGONAIS TABELADOS

ESTÃO TABELADOS AO COM 2 E COM 3 NÍVEIS

2 NÍVEIS: L4; L8; L16; L32;

3 NÍVEIS: L9; L18; L27.



e)

POR EXEMPLO, PARA EXAMINAR 4 FATORES (A, B, C, D) E 2 INTERAÇÕES (AB, CD), UM L<sub>8</sub> NÃO SERÁ ADEQUADO, POIS CAUSARÁ CONFUNDIMENTO ENTRE AB E CD:

$$L^8 = 2^{4-1} \quad (4 \text{ FATORES, 2 NÍVEIS CADA, } p=1 \text{ GERADOR DE CON})$$

$$D = ABC \Rightarrow I = ABCD \quad (\text{RELAÇÃO DE DEFINIÇÃO DOS CONTRASTES})$$

CONFUNDIMENTOS:

A = BCD	C = ABD	AB = CD	AD = BC
B = ACD	D = ABC	AC = BD	I = ABCD

DEVE-SE TOMAR O L<sub>16</sub> (TIPO "2"  
POR EXEMPLO)

## ATRIBUIÇÃO DE FATORES E INTERAÇÕES ÀS COLUNAS:

EXEMPLO XIV.4 UMA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO FABRICA PISTÃO PARA MOTORES. PARA ATINGIR A DUREZA...

ADOS:

$A_1 B_1$	$A_1 B_2$	$A_2 B_1$	$A_2 B_2$
6;8	7;8	3;4	9;10

SOLUÇÃO

	$A_1$	$A_2$	TOTALS
$B_1$	6;8	3;4	21
$B_2$	7;8	9;10	34
TOTALS	29	29	55

1) G.L.:  
 TOTAL:  $8-1=7$       gl B:  $2-1=1$       gl RES:  $7-(1+1)=4$   
 gl A:  $2-1=1$       AB:  $1 \times 1=1$

2) QUADRADOS:  
 $SQT = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} = 40,875$        $SQB = \frac{\sum B_i^2}{k \times m} - C = 21,925$   
 $SQA = \frac{\sum A_i^2}{r \times m} - C = 1,125$        $SQAB = \frac{\sum AB^2}{m} - C - SQA - SQB = 15,925$

$SQR = SQT - SQA - SQB - SQAB = 3,5$

### 3) ANÁLISE DE VARIÂNCIA:

FV	GL	SQ	QM	Fcrit	F <sub>tab</sub> (5%)
A	1	1,125	1,125	1,286	7,71
B	1	21,925	21,925	24,1430	7,71
A.B	1	15,925	15,925	17,2860	7,71
RESÍDUO	4	3,5	0,875		
TOTAL	7	40,875			

CONCLUSÕES: O TEOR DE COBRE NÃO INTERFERE COM A DUREZA.

- O TEOR DE MAGNÉSIO INTERFERE COM A DUREZA.

- HÁ INTERAÇÃO ENTRE COBRE E MAGNÉSIO.

GRÁFICOS LINEARES PARA AO COM 2 NÍVEIS:

AO LY

COLUNA ENSINO	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

TABELA TRIANGULAR LY

COLUNA ENSINO	2	3
1	3	2
2	-	1

GRÁFICO LINEAR LY



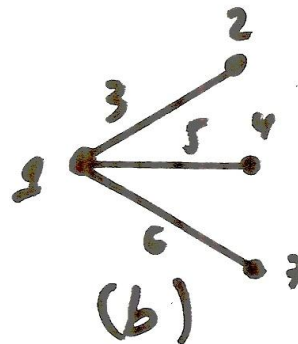
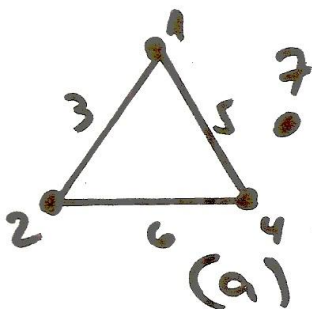
AO L8:

COLUN ENSINO	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

TABELA TRIANGULAR L8  
(INTERAÇÕES)

COLUNA ENSINO	2	3	4	5	6	7
1	3	2	5	4	7	6
2	.	1	6	7	4	5
3	.	.	7	6	5	4
4	.	.	.	1	2	3
5	.	.	.	.	3	2
6	.	.	.	.	.	1

GRÁFICOS LINEARES L8:



OBS.: AS "VERDADES ABSOLUTAS" ESTÃO NA TABELA TRIANGULAR: OS GRÁFICOS LINEARES SÃO MERAS INTERPRETAÇÕES DAS TABELAS.



EXEMPLO XIV.5 RESOLVER O PROBLEMA XIV.4 COM AO

SOLUÇÃO:

a) ESCOLHA DO AO:

GL COBRE = 2-1=1

GL MAGNÉSIO = 2-1=1

GL COBRE x MAGNÉSIO = 4-1=3

NOMÍN. GL = 1+1+1=3

PODE-SE UTILIZAR O LY: TEM 3 GL E É ADEQUADO PARA 2 NÍVEIS.

b) UTILIZAÇÃO DO LY (V. TABELA):

COLUNA ENSaIO	A	B	AB	RESPOSTAS	
	1	2	3		
1	1	1	1	6	8
2	1	2	2	7	8
3	2	1	2	3	4
4	2	2	1	9	10

A

INDICA AS INTERAÇÕES POSSÍVEIS:

COLUNA	2	3
1	3	2
2	-	1

O GRÁFICO LINEAR INDICA ESSAS RELAÇÕES:



• EFEITO PRINCIPAL (FATOR)

— INTERAÇÃO

ANÁLISE DE VARIÂNCIA



CÁLCULOS PARA A ANÁLISE DE VARIÂNCIA:

$$SQ_{TOTAL} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 40,875$$

$$SQ_A = \frac{(\sum \hat{a}_i)^2}{D} = \frac{(T_{A_2} - T_{A_1})^2}{r \times \sum a_i^2} = \frac{[(T_{A_2 B_1} + T_{A_2 B_2}) - (T_{A_1 B_1} + T_{A_1 B_2})]}{2 \times (1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2)}$$

$$= \frac{[(7+19) - (14+15)]^2}{8} = 1,125$$

$$SQ_B = \frac{(\sum \hat{b}_i)^2}{D} = \frac{(T_{B_2} - T_{B_1})^2}{r \times \sum a_i^2} = 21,125$$

$$SQ_{A \times B} = \frac{(\sum \hat{a}_i \hat{b}_i)^2}{D} = \frac{(T_{AB_2} - T_{AB_1})^2}{r \times \sum a_i^2} = \frac{[(T_{A_1 B_1} + T_{A_2 B_1}) - (T_{A_1 B_2} + T_{A_2 B_2})]}{2 \times (1^2 + 1^2 + 1^2)}$$

$$= \frac{[(15+7) - (14+19)]^2}{8} = 15,125$$

$$SQ_{Residuo} = SQT - SQ_A - SQ_B - SQ_{AB} = 3,5$$

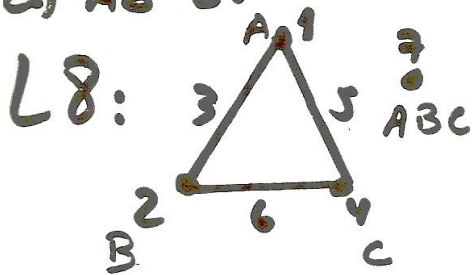
EM SEGUIDA, A ANOVA É REALIZADA DA MANEIRA JÁ CONHECIDA.

## CONFUNDIMENTO ENTRE EFEITOS PRINCIPAIS E INTERAÇÕES (MASCARAMENTO) UTILIZANDO AS TABELAS TRIANGULARES

EX. XIV.6 MOSTRE OS CONFUNDIMENTOS QUE SURTEM QUANDO SE ATRIBUEM 4 FATORES AO L<sub>8</sub>.

SOLUÇÃO:

a) No L<sub>8</sub> com 3 FATORES, TEM-SE O FAT. SATURADO

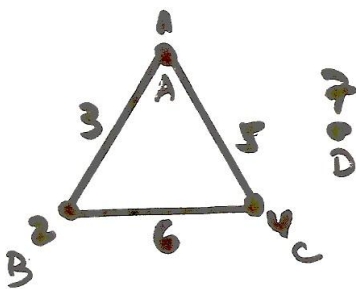


COLUNA Nº						
1	2	3	4	5	6	7
A	B	AB	C	AC	BC	ABC

b) No L<sub>8</sub> com 4 FATORES: DE ABC

TAB. TRIANGULAR L<sub>8</sub>:

GRAF. ADAPTADO L<sub>8</sub>



	2	3	4	5	6	7
1	3	2	5	4	7	6
2	-	4	6	7	4	5
3	-	-	7	6	5	4
4	-	-	-	1	2	3
5	-	-	-	-	3	2
6	-	-	-	-	-	1

COLUNA Nº						
1	2	3	4	5	6	7
A	B	AB	C	AC	BC	ABC
						D

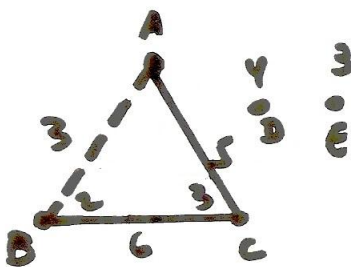
EX. XIV.7 MOSTRE OS CONFUNDIMENTOS QUE SURTEM QUANDO SE ATRIBUEM 5 FATORES A, B, C, D, E AO LI.

SOLUÇÃO:

O 5º FATOR UTILIZARÁ UMA DAS COLUNAS DA INTERAÇÃO - 3, 5 OU 6 - E ESTARÁ SENDO CONFUNDIDO COM UMA INTERAÇÃO DUPLA.

POR EXEMPLO, O FATOR E NA COLUNA 3 FA-LO CONFUNDIR-SE COM AB E CD.

AS INTERAÇÕES TRIPLAS AB E CD NÃO PODERÃO SER ANALISADAS.



	2	3	4	5	6	7
1	3	2	5	4	7	6
2	-	4	6	7	4	5
3	-	-	7	6	5	4
4	-	-	-	4	2	3
5	-	-	-	-	3	2
6	-	-	-	-	-	1

COLUNA Nº:						
1	2	3	4	5	6	7
A	B	AB	C	AC	BC	ABC
BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	D
BE	AE	E	DE	BCE	ACE	CE
ACDE	BCDE		ABCE	ADE	BDE	ABDE



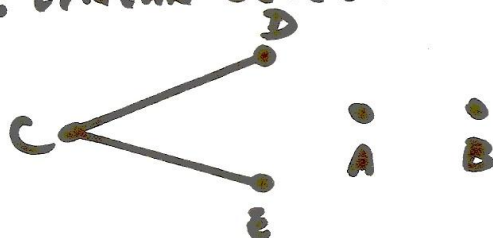
EX. XIV.8 DEFINA A ESTRUTURA DO EXPERIMENTO PARA SE CALCULAR OS EFEITOS DAS VARIÁVEIS ABCDE (2 NÍVEIS) E DAS INTERAÇÕES CD E CE.

SOLUÇÃO: ESSES EFEITOS E ESSAS INTERAÇÕES DEVEM SER ATRIBUÍDOS A COLUNAS DISTINTAS.

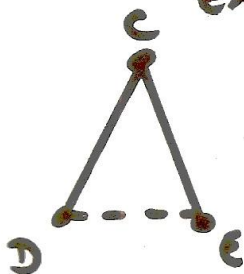
TÊM-SE: 5 EF. PRINC. (A, B, C, D, E): 5 GL } MÍNIMO DE  
2 INTERAÇ (CE, CD): 2 GL } 7 GL

∴ SÃO NECESSÁRIAS 7 COLUNAS. O L8 SERVIRÁ?

PASSO 1: GRÁF. LINEAR DESEJADO:



PASSO 2: AJUSTAR O L8, PARA ADAPTÁ-LO AO EXPERIMENTO ESPECÍFICO:



B A

COLUNAS						
1	2	3	4	5	6	7
C	D	CD	E	CE	B	A

OBS.: NO AJUSTE DO GRÁFICO LINEAR PARA ADAPTÁ-LO AO PROBLEMA ESPECÍFICO, A TABELA TRIANGULAR DAQUELE ARRANJO NÃO PODE SER VIOLADA.



Ex. XIV-9 DEFINA UMA ESTRUTURA PARA CALCULAR OS EFEITOS DAS VARIÁVEIS A, B, C, D (2 NÍVEIS) E AS INTERAÇÕES BC E BD.

SOLUÇÃO:

EF. PRINCIPAIS: A, B, C, D: 4 GL } No mínimo  
 INTERAÇÕES: BC, BD: 2 GL } 6 GL

GRÁFICO ESCOLHIDO: L8

(SOBRAM 1 GL, SEM RÉPLICA)

GRÁFICO DESEJADO:

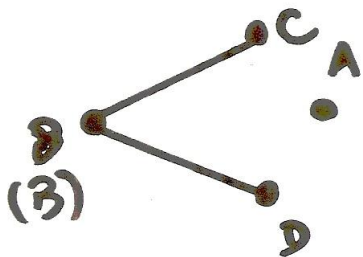


GRÁFICO ADAPTADO:



A (SEM USO)  
 3  
 6  
 (PARA O ERRO)

COLUNAS						
1	2	3	4	5	6	7
B	C	BC	D	BD	(SF)	A

(SF): SEM FUNÇÃO (PARA O ERRO)

X. XIV.10 DETERMINAR A ESTRUTURA DO DESEJADO PARA 9 VARIÁVEIS (2 NÍVEIS): A, B, C, D, E, F, G, H, I E AS INTERAÇÕES AG, AH, GH, AC.

SOLUÇÃO:

F. PRINC.: A B C D E F G H I: 9 GL } NO MÍNIMO  
 F. INTERAÇÕES: AG AH GH AC: 4 GL } 3 GL

AO L16 (SOBRARÃO  $15 - 13 = 2$  GL)

GRÁF. DESEJADO:

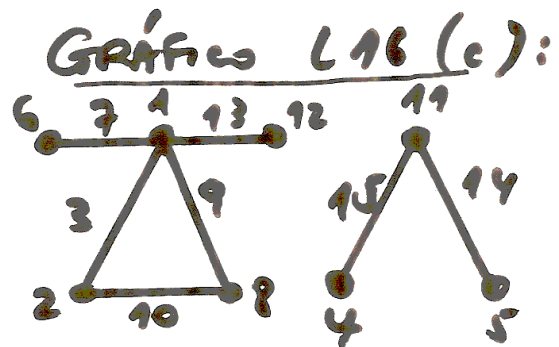
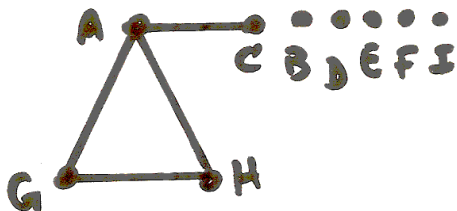
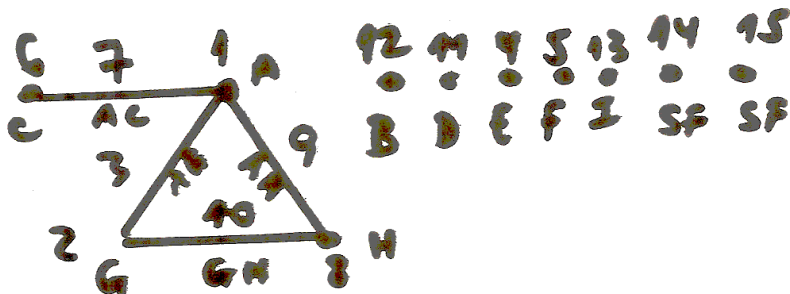


GRÁFICO MODIFICADO L16:



COLUNA Nº														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	G	H	E	F	C	AC	H	AH	GH	D	B	I	SF	SF

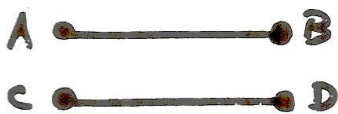
SF: SEM FUNÇÃO (PARA O ERRO)

EX. XIV.41 TENDO 4 VARIÁVEIS A, B, C, D (2 NÍVEIS CADA) SE SE DESEJAR VERIFICAR 4 EFEITOS E AS INTERAÇÕES AB E CD, PODE-SE UTILIZAR UM L8? POR QUÊ?

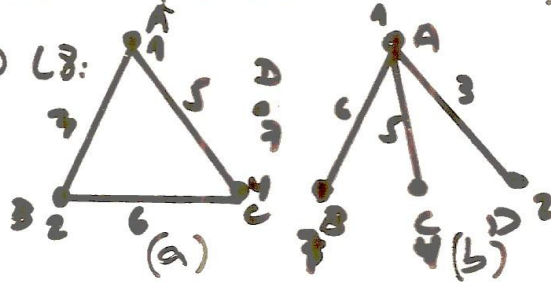
SOLUÇÃO:

EF. PRINC.: A, B, C, D : 4 GL } No mínimo 6 GL  
 INTERAÇÕES: AB, CD : 2 GL } (o L8 TEM 7 GL)

GRÁFICO DESEJADO:



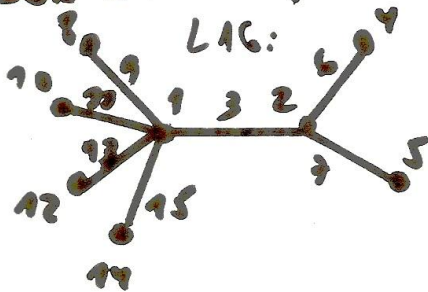
AO L8:



CONCLUSÃO: AS INTERAÇÕES AB E CD NÃO PODEM SER AVALIADAS NO AO L8 PORQUE ELAS ESTÃO CONFUNDIDAS ENTRE SI.

• DEVE-SE OPTAR POR UM L16.

• POR EXEMPLO, O AO L16 NA FORMA (2):



GRÁF. MODIFICADO:



COLONAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	C	SF	D	SF	CD	SF	B	AB	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF

(SF) COLUNA SEM FUNÇÃO (PARA O ERRO)

EX. XIV.12 Uma fundição de alumínio fabrica pistão para motores... (AO L8)

FATOR ENSAIAS	COLUNA NÚMERO							RESPOSTA
	1	2	3	4	5	6	7	
1	A	B	AxB	(SF)	(SF)	(SF)	(SF)	6
2	1	1	1	1	1	1	1	8
3	1	2	2	2	2	2	2	7
4	1	2	2	2	2	1	1	8
5	2	1	2	1	2	1	2	3
6	2	1	2	2	1	2	1	4
7	2	2	1	1	2	2	1	9
8	2	2	1	2	1	1	2	10

SOLUÇÃO:

COMO NÃO HÁ RÉPLICAS, O ERRO EXPERIMENTAL SERÁ ESTIMADO A PARTIR DAS COLUNAS NÃO ATRIBUÍDAS.

G.L.:  $gl A = 2 - 1 = 1$        $gl TOTAL = 8 - 1 = 7$   
 $gl B = 2 - 1 = 1$        $gl RESÍDUO = 7 - (1 + 1 + 1) = 4$   
 $gl AB = 1 \times 1 = 1$

2) QUADRADOS:  $SQ_{TOTAL} = 6^2 + 8^2 + \dots + 10^2 - \frac{(57)^2}{8} = 40,875$

$SQA = \frac{(\sum A_1 - \sum A_2)^2}{n}$  (LÊ-SE: SOMATÓRIA DOS VALORES DE A NO NÍVEL 1 MENOS SOMATÓRIA DOS VALORES DE A NO NÍVEL 2)  
 $= \frac{[(6+8+7+8) - (3+4+9+10)]^2}{8} = \frac{(29-26)^2}{8} = 1,125$

$SQB = \frac{(\sum B_1 - \sum B_2)^2}{8} = \frac{[(6+8+3+4) - (7+8+9+10)]^2}{8} = 21,125$

$SQAB = \frac{(\sum AB_1 - \sum AB_2)^2}{8} = \frac{[(6+8+9+10) - (7+8+3+4)]^2}{8} = 15,125$



DO MESMO MODO:

$$SQ_4 = \frac{(\sum Y_1 - \sum Y_2)^2}{8} = \dots = 3,125$$

$$SQ_5 = \frac{(\sum J_1 - \sum J_2)^2}{8} = \dots = 0,125$$

$$SQ_6 = \frac{(\sum G_1 - \sum G_2)^2}{8} = \dots = 0,125$$

$$SQ_7 = \frac{(\sum T_1 - \sum T_2)^2}{8} = \dots = 0,125$$

NOTE-SE QUE  $SQ_{\text{e}} = SQ_4 + SQ_5 + SQ_6 + SQ_7 = 3,5$

OU SEJA,

EM UM AO, AS COLUNAS NÃO ATRIBUÍDAS REPRESENTAM UMA ESTIMATIVA DA VARIAÇÃO DO ERRO. E TEM-SE:

FV	SQ	GL	QM	F <sub>calc</sub>	F <sub>tab (5%, 1,5)</sub>
A ≠	1,125	1	1,125		
B	21,125	1	21,125	22,83*	6,61
AB	15,125	1	15,125	16,35*	6,61
col. 4 ≠	3,125	1	3,125		
col. 5 ≠	0,125	1	0,125		
col. 6 ≠	0,125	1	0,125		
col. 7 ≠	0,125	1	0,125		
RESÍDUO ≠	4,65 ≠	5 ≠	0,925		
TOTAL		7			

(≠ RESÍDUO COMBINADO)


CONCLUSÃO: SÓ AB E B SÃO SIGNIFICATIVOS A 5%.

## FATORES COM 3 NÍVEIS:

### NOS GRÁFICOS LINEARES:

- CADA PONTO REPRESENTA 1 COLUNA DISPONÍVEL COM 2 GL;
- A LINHA REPRESENTA 2 COLUNAS (COM 2 GL CADA).

EXEMPLO: A D<sub>9</sub>:

GRÁFICO L<sub>9</sub>:  


TAB. TRIANGULAR L<sub>9</sub>:



Coluna \ Coluna	2	3	4
1	3,4	2,4	2,3
2	-	1,4	1,3
3	-	-	1,2

EMBRE-SE: CADA INTERAÇÃO EXIGIRÁ 4 GL E, PORTANTO, SERÃO NECESSÁRIAS 2 COLUNAS.

ENSAIO	COLUNA Nº.			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

EX. XIV.13, DETERMINAR A ESTRUTURA PARA AS VARIÁVEIS A, B, C, D, E, F (3 NÍVEIS CADA) E A INTERAÇÕES AB, AC, BC.

SOLUÇÃO:

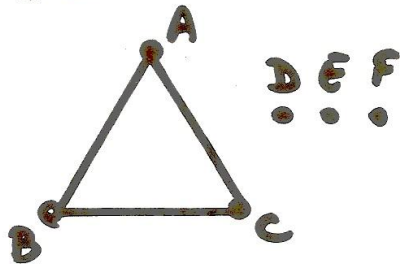
EF. PRINC.: A, B, C, D, E, F (3 NÍVEIS) (6 COLUNAS) (12 GL)  
 INTERAÇÕES: AB, AC, BC: 6 COLUNAS (12 GL)

→ MÍNIMO DE 24 GL.

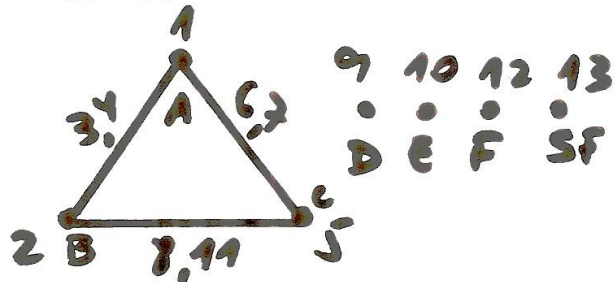
Prof. Altair A. R. Araldi  
 CEM - UFSC  
 Fones (49) 221-2247

L27 (26 GL):

GRÁF. DESEJADO



GRÁF. MODIFICADO L27:



LEMBRE-SE: CADA INTERAÇÃO DUPLA UTILIZA 2 COLUNAS (4 GL)

DESIGNAÇÃO DAS COLUNAS:

COLUNAS												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	B	AB <sub>1</sub>	AB <sub>2</sub>	C	AC <sub>1</sub>	AC <sub>2</sub>	BC <sub>1</sub>	D	E	BC <sub>2</sub>	F	SF



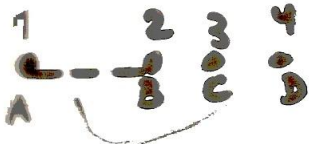
EX. XIV.14: DADO UM AO L9 PARA VERIFICAR O EFEITO DE 3 VARIÁVEIS A, B, C (COM 3 NÍVEIS CADA), OBTIVERAM-SE AS MEDIDAS ABAIXO, EM 3 REPLICACIONES. QUAL É O MELHOR NÍVEL DAS VARIÁVEIS, SE O OBJETIVO FOR MINIMIZAR A RESPOSTA?

DADOS:

es. LINEAR L9:



L9 MODIFICADO:



ENSAIO	FATORES				RESPOSTAS		
	A	B	C	D	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
1	1	1	1	1	7	6	8
2	1	2	2	2	4	5	6
3	1	3	3	3	1	2	3
4	2	1	2	3	1	2	3
5	2	2	3	1	8	7	9
6	2	3	1	2	5	7	6
7	3	1	3	2	2	2	2
8	3	2	1	3	2	2	2
9	3	3	2	1	1	2	3

SOLUÇÃO:

1) G.L.: gl A: 3-1=2      gl C: 3-1=2      gl TOTAL: 27-1=26  
 gl B: 3-1=2      gl D: 3-1=2      gl RESÍD: 26-8=18

2) SQ quadrados:

$$SQ_{TOTAL} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 8^2 + 6^2 + \dots + 2^2 + 3^2 - \frac{(108)^2}{27} = 164$$

$$SQ_A = \frac{\sum A_1^2}{3 \times 3} + \frac{\sum A_2^2}{3 \times 3} + \frac{\sum A_3^2}{3 \times 3} - \frac{(108)^2}{27} = \frac{(42)^2}{9} + \frac{(48)^2}{9} + \frac{(18)^2}{9} - 432 = 56$$

$$SQ_B = \frac{33^2}{9} + \frac{45^2}{9} + \frac{30^2}{9} - 432 = 14$$

$$SQ_C = \frac{45^2}{9} + \frac{27^2}{9} + \frac{36^2}{9} - 432 = 18$$

$$SQ_D = \frac{51^2}{9} + \frac{39^2}{9} + \frac{18^2}{9} - 432 = 62$$



$$SQ_{RESÍDUO} = SQ_{TOTAL} - SQ_A - SQ_B - SQ_C - SQ_D = 14$$

### 3) QUADRO PARA ANÁLISE DE VARIÂNCIA:

FV	GL	SQ	QM	F <sub>calc</sub>	F <sub>tab</sub> (5%, 2, 18)
A	2	56	28	35,99*	<del>2,67</del>
B	2	11	7	9,*	<del>2,67</del>
C	2	18	9	11,57*	<del>2,67</del>
D	2	62	31	39,85*	<del>2,67</del>
RESÍDUO	18	14	0,778		
TOTAL	26	164	6,31		

CONCLUSÃO PARCIAL: TODOS OS FATORES SÃO SIGNIFICATIVOS A 5%.

MÉDIAS

	A	B	C	D
MÉDIA NÍV. 1	4,67	3,67	5,00	5,67
2	5,33	5,00	3,00	4,33
3	2,00	3,33	4,00	2,00

### CONCLUSÃO:

PARA FINS DE MINIMIZAR A RESPOSTA,  
OS MELHORES NÍVEIS SÃO

$A_3, B_3, C_2$  e  $D_3$ .