

## **TEOR DE UMIDADE**

Na fabricação de comprimidos utiliza-se uma mistura de diversos componentes:

### **Fórmula da Mistura** (Base Ponderal)

Componente A (pó) .....	60%
Componente B (pó) .....	20%
Componente C (pó) .....	15%
Componente D (líquido) .....	5%

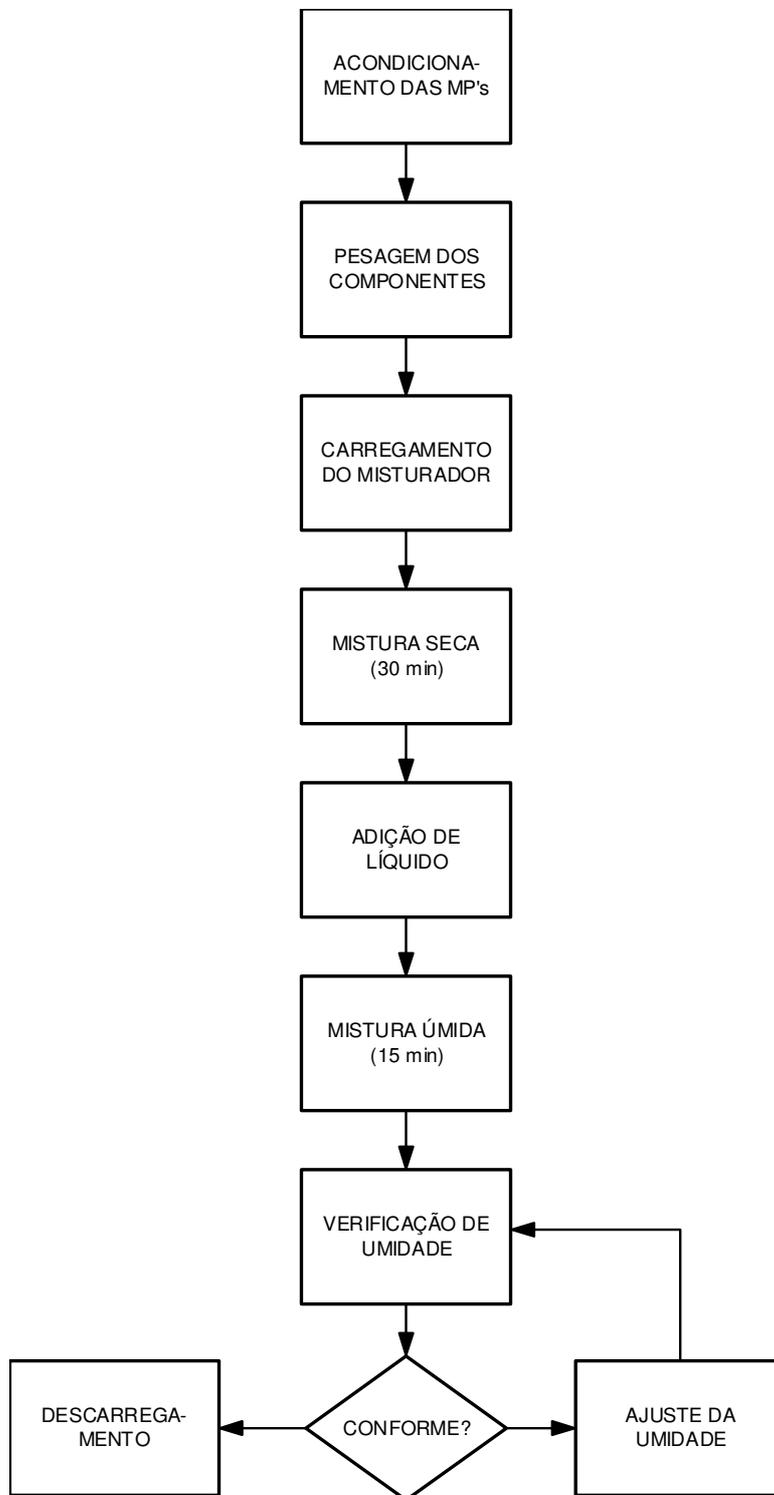
Sua característica mais importante é a umidade (especificação de 10,0% +/- 0,5%). Variações na umidade da mistura afetam a compressibilidade dos comprimidos.

A gerência decidiu criar uma equipe para estudar a fabricação de misturas, propondo e realizando melhorias neste processo.

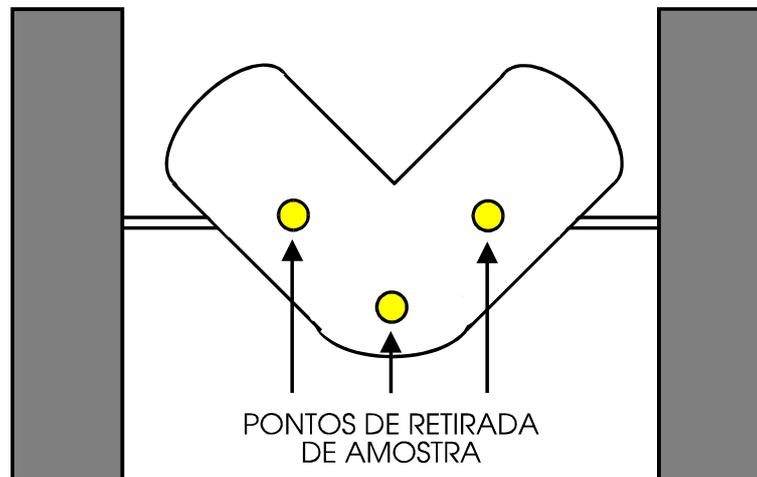
Que representantes, de que áreas, você colocaria nesta equipe  
?

## PRO 2712 – Controle da Qualidade

Numa primeira reunião, a equipe de melhoria tomou conhecimento do processo em análise:



### MISTURADOR “V” (P-K BLENDER)



#### ALGUMAS INFORMAÇÕES ADICIONAIS OBTIDAS:

- A) Todas matérias-primas são *previamente acondicionadas* em sala com temperatura e umidade controladas, por um tempo mínimo de 24 horas antes de seu uso;
- B) Existe uma *seqüência de adição* de materiais secos no misturador (do mais pesado para o mais leve) e a mesma é respeitada;
- C) Todos os tempos de mistura são controlados automaticamente através de “*timers*”;
- D) A verificação da umidade é feita através da coleta de uma amostra em três locais diferentes do misturador (*parcela*);
- E) O laboratório recebe as três parcelas, junta-as e forma uma *amostra composta* para determinar se a mistura está dentro da especificação (10,0 +/- 0,5%);
- F) É muito *comum* serem necessários *ajustes* na umidade, antes de descarregar o misturador.

## PRO 2712 – Controle da Qualidade

As seguintes *dúvidas* foram levantadas pelos membros da equipe de melhoria:

- 1) O processo de fabricação permite a obtenção de misturas homogêneas?
- 2) O tempo de mistura é suficiente? Deve ser aumentado ou pode ser diminuído?
- 3) Existem diferenças significativas na umidade de lote a lote de misturas?
- 4) A especificação da umidade pode ser atendida?
- 5) A forma de coleta de amostras deve ser alterada? Como?
- 6) A maneira pela qual o laboratório analisa as amostras está correta ? Que modificações devem ser realizadas ?
- 7) A fórmula da mistura está correta ou são necessários ajustes?
- 8) Que características afetam a umidade da mistura?
- 9) Que ações devem ser tomadas e por quem?
- 10) O misturador “V” é um equipamento adequado?

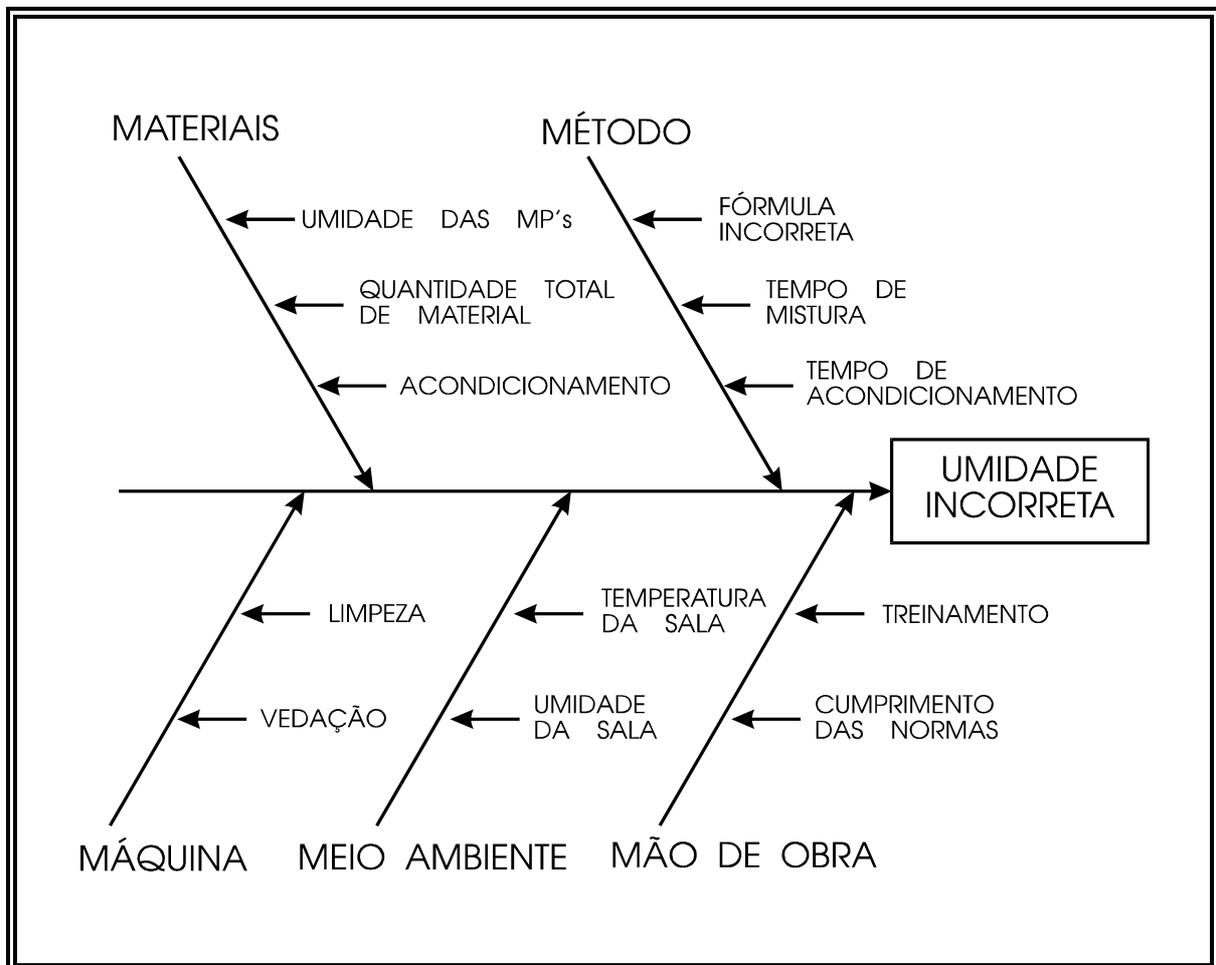
**O PROBLEMA ESSENCIAL É ENTENDER MELHOR O SIGNIFICADO DA VARIAÇÃO E, ENTÃO, EXTRAIR A INFORMAÇÃO NELA CONTIDA.**

*Lloyd Nelson*

## PRO 2712 – Controle da Qualidade

Numa nova reunião, a equipe de melhoria decidiu levantar as possíveis causas do problema com a umidade da mistura, através de um diagrama de causa & efeito:

### DIAGRAMA DE CAUSA & EFEITO



## PRO 2712 – Controle da Qualidade

A seguir, iniciou-se a coleta de dados na fabricação da mistura, para averiguar quais das possíveis causas do diagrama de causa & efeito realmente atuam no processo.

### PROCEDIMENTO ADOTADO

- A) Acompanhar 20 lotes consecutivos de mistura;
- B) De cada lote, coletar uma amostra com três parcelas, cada parcela com um total de 50g;
- C) Retirar duas parcelas das bordas do misturador (lados opostos) e outra do centro deste;
- D) Determinar a umidade de cada parcela separadamente (***não compor uma única amostra***) e anotar na tabela abaixo:

Lote	Valores		
	esquerdo	centro	direito
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

## PRO 2712 – Controle da Qualidade

Os seguintes dados sobre a umidade foram obtidos no acompanhamento da fabricação. A equipe de melhoria, após alguma discussão, decidiu avaliar a estabilidade estatística do processo e, para tanto, vai empregar os gráficos da média (x-barra) e amplitude (R).

<i>LOTE</i>	<i>VALORES</i>	<i>x-BARRA</i>	<i>R</i>
01	10,69 - 10,80 - 10,39	10,627	0,41
02	10,20 - 10,30 - 10,72	10,407	0,52
03	10,42 - 10,61 - 10,54	10,523	0,19
04	10,98 - 10,27 - 10,50	10,583	0,71
05	10,61 - 10,52 - 10,67	10,600	0,15
06	10,57 - 10,46 - 10,50	10,510	0,11
07	10,44 - 10,29 - 9,86	10,197	0,58
08	10,20 - 10,29 - 10,41	10,300	0,21
09	10,46 - 10,76 - 10,74	10,653	0,30
10	10,11 - 10,33 - 10,98	10,473	0,87
11	10,29 - 10,57 - 10,65	10,503	0,36
12	10,83 - 11,00 - 10,65	10,827	0,35
13	10,35 - 10,07 - 10,48	10,300	0,41
14	10,69 - 10,54 - 10,61	10,613	0,15
15	10,44 - 10,44 - 10,57	10,483	0,13
16	10,63 - 9,86 - 10,54		
17	10,54 - 10,82 - 10,48		
18	10,50 - 10,61 - 10,54		
19	10,29 - 10,79 - 10,74		
20	10,57 - 10,44 - 10,52		
Total	-	210,222	7,30

**GRÁFICO DA AMPLITUDE (R)**

Total de R = 7,30 e como n = 3, então D<sub>3</sub> = não há e D<sub>4</sub> = 2,574

$$\bar{R} = \frac{\text{Total de R}}{20} = \frac{\quad}{20} =$$

$$LSC_R = D_4 \cdot \bar{R} =$$

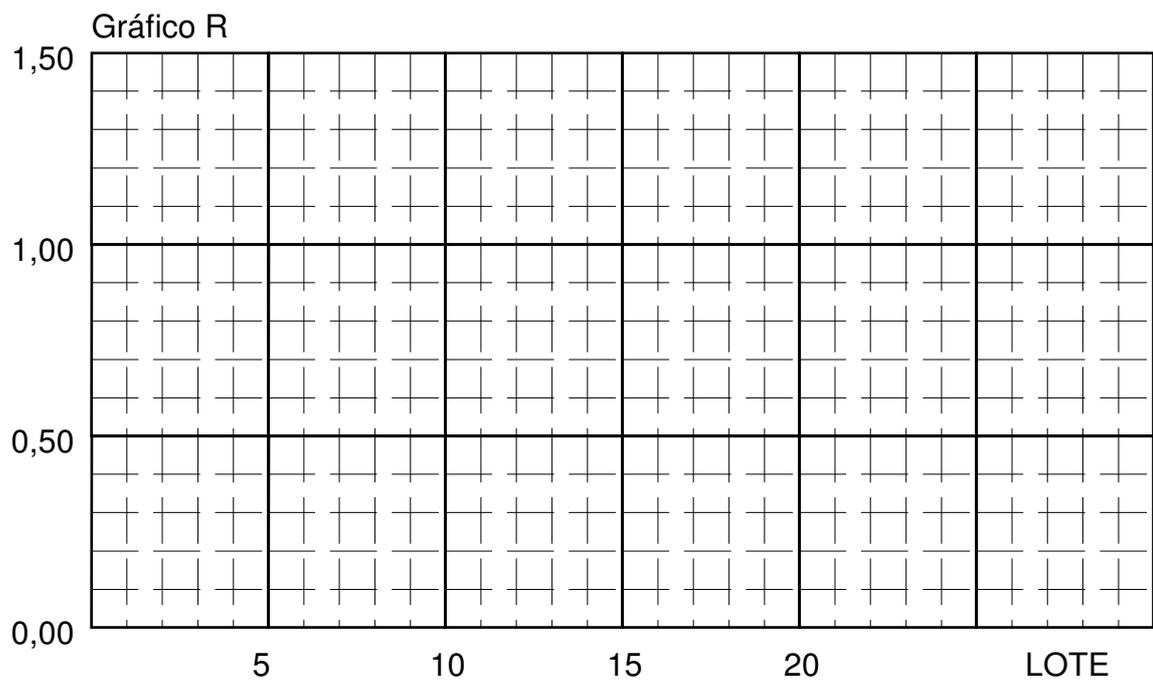
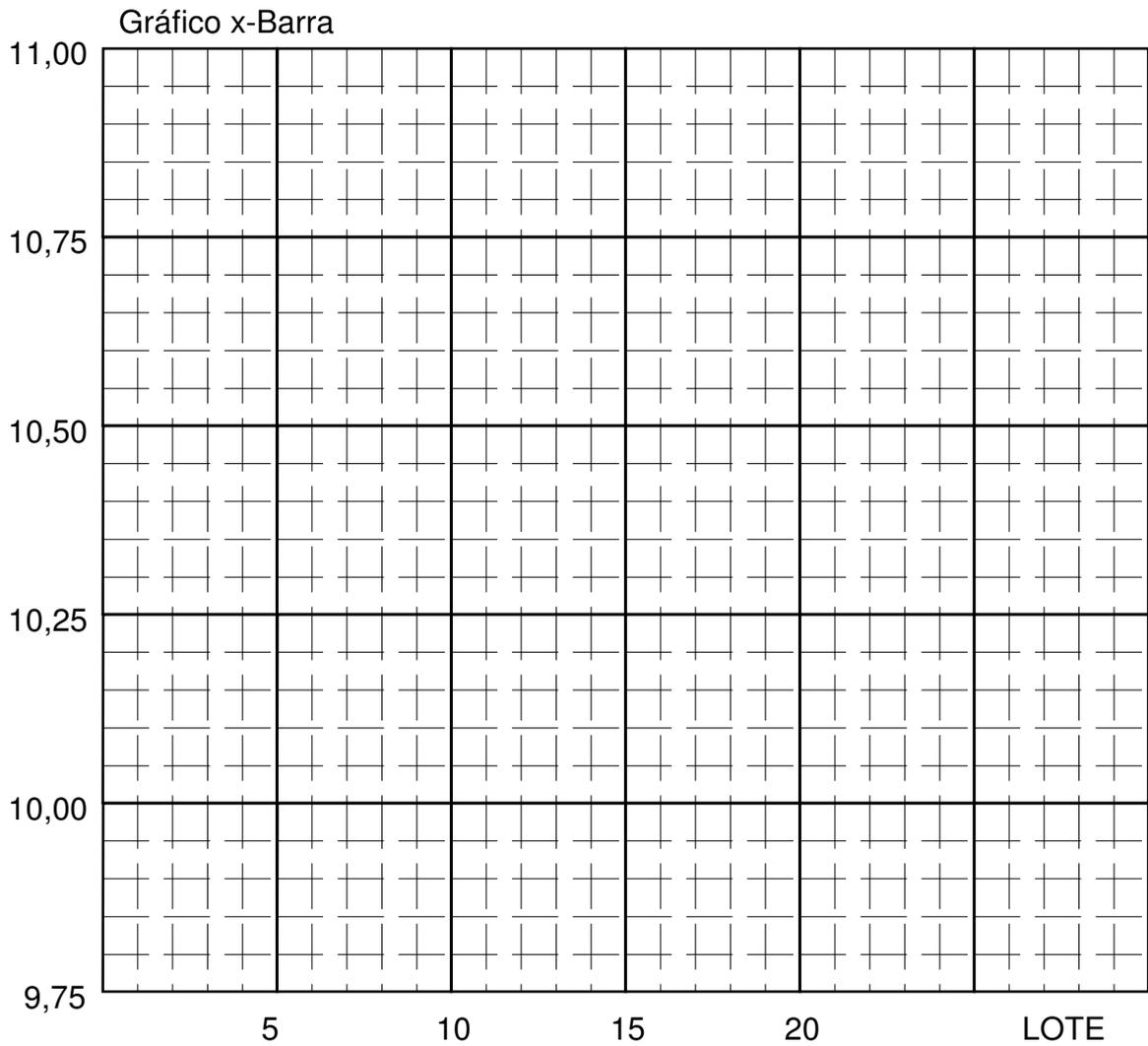
$$LM_R = \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \cdot \bar{R} =$$

Marque no gráfico R os pontos faltantes, os limites de controle e analise sua estabilidade

- 1) O processo é estável quanto a sua variabilidade?
- 2) O processo produz misturas homogêneas?
- 3) Que tipo de variação este gráfico revela?

# PRO 2712 – Controle da Qualidade



**GRÁFICO DA MÉDIA (x-BARRA)**

Total de x-barra = 210,222 e como  $n = 3$ , então  $A_2 = 1,023$

$$\bar{x} = \frac{\text{Total de x-Barra}}{20} = \frac{\quad}{20} =$$

$$LSC_x = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R} =$$

$$LM_x = \bar{x}$$

$$LIC_x = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R} =$$

Marque os pontos faltantes e os limites de controle no gráfico e analise-o

- 1) O processo é estável quanto a sua média?
- 2) Existem diferenças de lote para lote (entre lotes)?
- 3) Que tipo de variação nos revela este gráfico?

## PRO 2712 – Controle da Qualidade

Pela análise dos gráficos de controle, a equipe conclui que a umidade média das misturas estava muito alta e, portanto, foi processada uma revisão na fórmula, reduzindo-se percentualmente a quantidade do componente D (o único líquido).

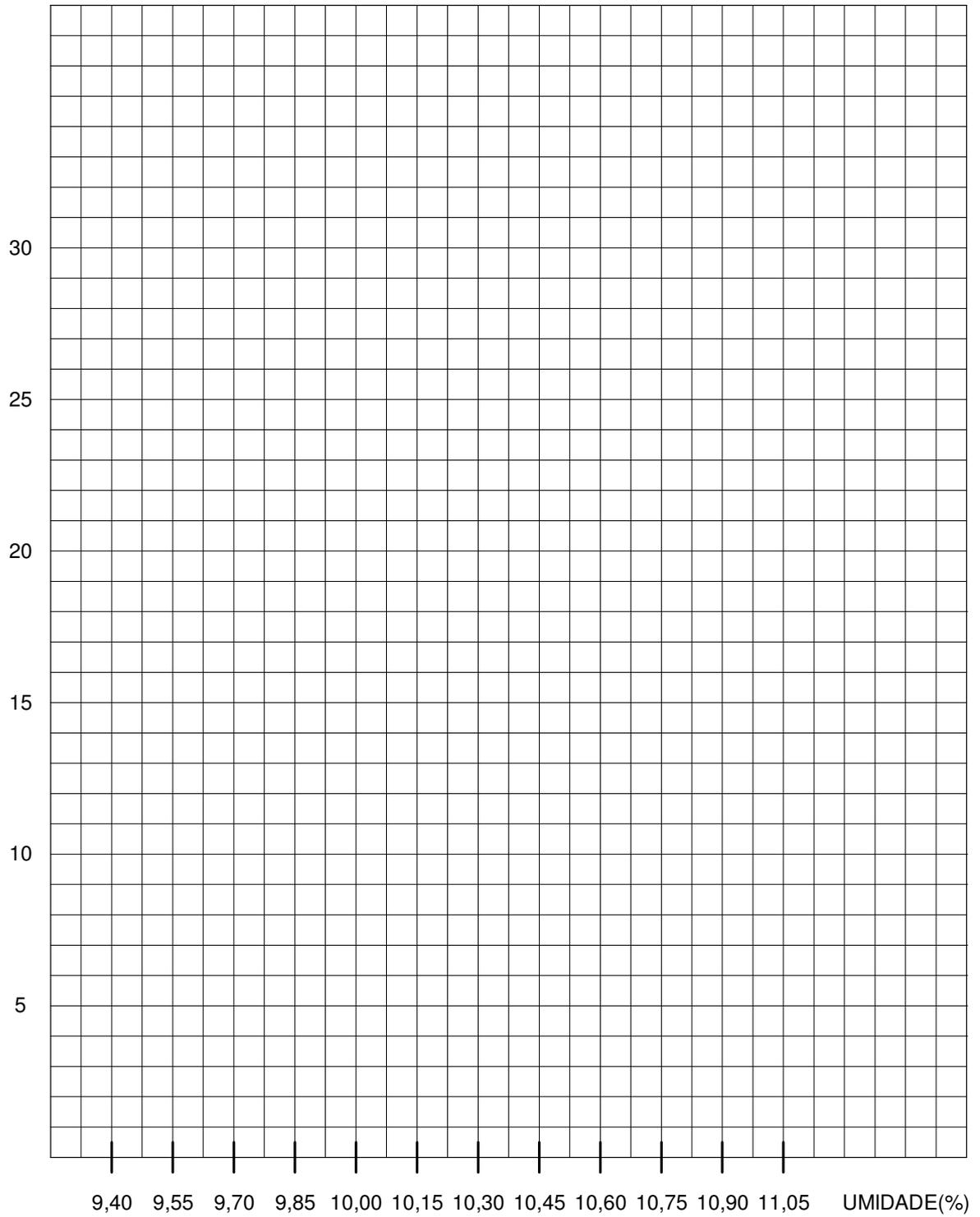
Contudo, ainda existe a dúvida se esta correção será suficiente para garantir 100% de misturas dentro da especificação. Como o processo é estável, um histograma permite esta avaliação.

### HISTOGRAMA

- Quantidade total de dados (N) =
- Maior e menor valores ( $x_{\max}$  e  $x_{\min}$ ) =
- Amplitude total ( $R_T$ ) =
- Quantidade total de classes (k) =  $\sqrt{N}$  =
- Amplitude de cada classe =  $h = R_T / k$  =

<b>Classe</b>	<b>Contagem</b>
9,85 : - 10,00	// 2
10,00 : - 10,15	// 2
10,15 : - 10,30	///// // 7
10,30 : - 10,45	///// ///// 10
10,45 : - 10,60	///// ///// ///// /// 18
10,60 : - 10,75	///// ///// /// 13
10,75 : - 10,90	///// 5
10,90 : - 11,05	/// 3

**HISTOGRAMA**



## PRO 2712 – Controle da Qualidade

Dando prosseguimento ao estudo, a equipe de melhoria buscou averiguar que possíveis fatores poderiam gerar uma variação excessiva de umidade dentro de um mesmo lote de mistura.

Durante a reunião, um membro da equipe levantou a questão de que, na fase inicial de produção, a quantidade total de componentes colocados no misturador (carga) havia sido aumentada para “*otimizar*” o processo de fabricação.

O fabricante do misturador foi contatado para esclarecer a dúvida. Este informou que uma carga excessiva de material poderia causar tal tipo de problema.

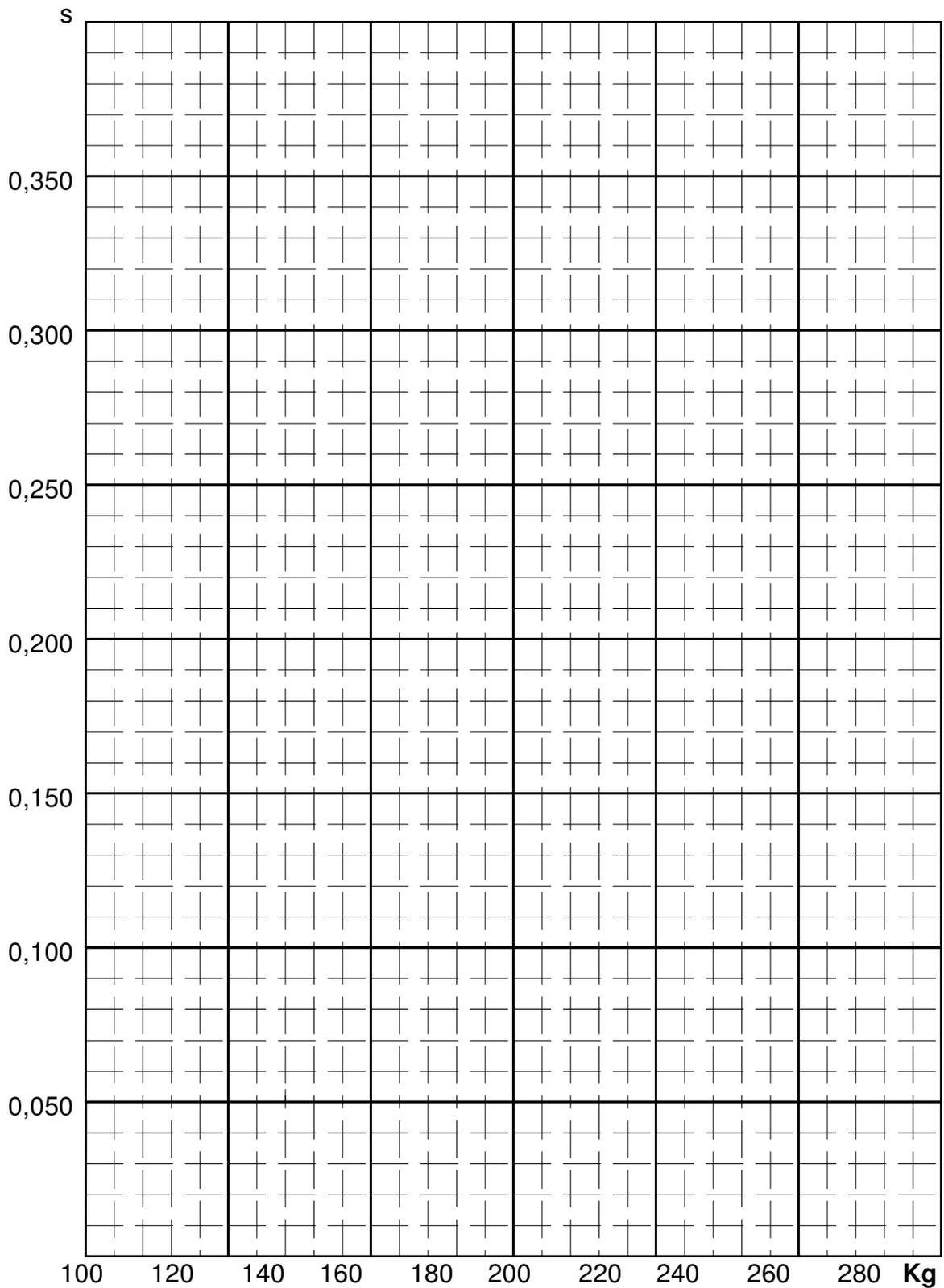
Passou-se, então, a investigar se havia uma relação direta entre a carga do misturador e a variação na umidade da mistura. Foi adotado o seguinte procedimento:

- A) Fabricar diversos lotes de mistura catódica, variando a carga total no misturador de 100 a 280 Kg, com incrementos de 20 Kg;
- B) De cada lote, tomar uma amostra de cinco parcelas, sendo duas nas bordas, uma no centro e as restantes em distâncias intermediárias;
- C) Calcular o desvio-padrão das amostras ( $s$ ) de cada carga.

Os valores obtidos foram os seguintes:

<i>CARGA (kg)</i>	<i>s</i>	<i>CARGA (kg)</i>	<i>s</i>
100	0,108	200	0,163
120	0,122	220	0,235
140	0,097	240	0,266
160	0,113	260	0,294
180	0,129	280	0,356

**DIAGRAMA DE DISPERSÃO**



**ANÁLISE DO DIAGRAMA DE DISPERSÃO**

Perguntas:

- 1) Existe relação entre a variação da umidade dentro de um lote e a carga do misturador?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 2) Até que carga do misturador a variabilidade não é afetada?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 3) Que ações você recomendaria com base na análise?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- 4) Quais as etapas seguintes do estudo?