

1. Introdução .....	3
2. Distribuição dos animais nas unidades experimentais .....	3
2.1. Distribuição de animais com pesos uniformes .....	4
2.2. Distribuição de animais com pesos desuniformes .....	4
2.3. Distribuição de poedeiras e matrizes .....	8
2.4. Distribuição de suínos .....	11
3. Animais por repetição e repetições por tratamento .....	13
3.1. Número de animais por repetição .....	14
3.2. Número de repetições por tratamento .....	14
4. Controle da variação em ensaios de desempenho .....	17
5. Controle da variação em ensaios de digestibilidade .....	19
6. Considerações sobre análises dos dados .....	22
6.1. Procedimentos para analisar os dados obtidos em experimentos ..	23
7. Correção da conversão alimentar pela mortalidade .....	30
8. Referências bibliográficas .....	36
9. Apêndice .....	38

# Planejamento dos experimentos com monogástricos

Capítulo

1

## 1. Introdução

Os ensaios de desempenho têm sido utilizados em pesquisa científica para avaliar os alimentos e determinar as exigências nutricionais. Nesses ensaios, são elaboradas dietas experimentais que são fornecidas aos animais para avaliar o seu desempenho. Com base no desempenho, podem ser definidos os níveis de inclusão dos alimentos na dieta ou as exigências nutricionais.

Neste capítulo, serão abordados os principais pontos a serem considerados no planejamento e execução dos ensaios de desempenho. A definição do delineamento experimental é um dos aspectos mais relevantes no planejamento da pesquisa, e deve ser estabelecido em função dos objetivos da mesma. O delineamento de um experimento define os tratamentos a serem testados, estabelece como os animais e tratamentos devem ser distribuídos nas unidades experimentais, levando-se em conta as características dos animais e das instalações. No delineamento também é definido o número de repetições dos tratamentos e de animais por repetição.

Outros aspectos abordados neste capítulo estão relacionados ao controle da variação experimental em ensaios de digestibilidade e a análise estatística dos dados.

## 2. Distribuição dos animais nas unidades experimentais

O delineamento experimental de um ensaio deve ser estabelecido visando isolar as possíveis fontes de variação que possam influenciar o comportamento da variável a ser estudada. A distribuição dos animais deve ser feita de forma a minimizar a variação entre as unidades experimentais. Como os experimentos com monogástricos são executados em instalações com temperatura, insolação e umidade com pequena variação entre as unidades experimentais e também é empregado o mesmo manejo, pode-se considerar que o efeito de ambiente é minimizado.

Nos ensaios com animais monogástricos, entre os fatores que devem ser considerados para controlar o erro experimental estão as instalações, o peso

inicial, sexo e origem genética dos animais. Vale ressaltar que sexo e origem genética podem ser considerados como fatores a serem estudados. Além disso, os frangos de corte, galinhas poedeiras e suínos são animais híbridos, normalmente provenientes de cruzamento de linhas genéticas, portanto, a diferença entre os valores genéticos dos mesmos é baixa. Entretanto, as variações mencionadas diferem entre as espécies e idade dos animais. Por exemplo, pintos de um dia são mais uniformes comparados com galinhas de postura ou suínos. Dessa forma, serão apresentados, a seguir, para cada categoria, os fatores a serem controlados e como os animais podem ser distribuídos nas unidades experimentais.

### 2.1. Distribuição de animais com pesos uniformes

Animais homogêneos, como os pintos de um dia provenientes de matrizes de mesma idade e linhagem, além de possuírem menor variação de peso, são disponíveis em grandes quantidades, facilitando a sua padronização e distribuição. Essas condições possibilitam o emprego de delineamentos mais simples como o inteiramente casualizado. No entanto, é importante considerar o sexo, que pode ser avaliado como um fator, ou trabalhar apenas com um dos sexos.

Na **Tabela 1**, é exemplificada a distribuição de pintos de um dia, machos Isa Label, em um experimento, para determinar a exigência nutricional de metionina, com 4 tratamentos, 3 repetições e 20 aves por repetição, sendo necessárias 240 aves. O mesmo procedimento é realizado para as fêmeas, mas não é mostrado no exemplo.

Quando o lote de pintos disponíveis para o experimento for homogêneo, podem ser feitas pesagens das aves em grupo; nesse caso, 12 grupos de 20 aves cada, e verificar o peso médio das parcelas. Nas parcelas com pesos acima ou abaixo da média, as aves devem ser trocadas e pesadas novamente, até que todas as unidades estejam com peso médio semelhante. Dessa forma, as médias de peso inicial dos tratamentos serão similares. Esse procedimento é necessário para que, inicialmente, todos os tratamentos tenham condições de igualdade de peso.

**Tabela 1** - Peso inicial médio das unidades experimentais de pintos de um dia, machos Isa Label, em experimento com 4 tratamentos, 3 repetições e 20 aves por repetição.

Repetições	Tratamentos			
	1	2	3	4
A	819	822 (819) <sup>1</sup>	820	820
B	821	822 (821)	820	821
C	820	820	821	820
media	820,0	821,3 (820,0)	820,3	820,3

<sup>1</sup> Números entre parênteses são os pesos das parcelas após trocar as aves. Distribuição das aves em um ensaio realizado na UNESP-Jaboticabal.

### 2.2. Distribuição de animais com pesos desuniformes

Um dos fatores mais comuns a ser controlado é a desuniformidade de peso dos animais, podendo ocorrer com aves, suínos, peixes ou outros animais em

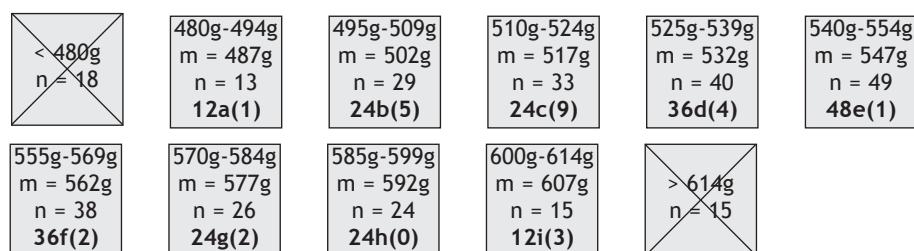
crescimento, havendo duas opções para distribuí-los. A primeira é uniformizar os pesos médios das parcelas, de forma que todas as unidades tenham pesos semelhantes. Nesse caso, o delineamento é o inteiramente casualizado (DIC). A segunda, é distribuir os animais por faixa de peso constituindo blocos para controlar as diferenças de peso, sendo esse o delineamento em blocos ao acaso (DBC).

### 1° opção: uniformizar os pesos médios das parcelas (DIC)

Para exemplificar, apresenta-se uma distribuição de aves de apenas um sexo, em 4 tratamentos, 3 repetições e 20 aves por repetição, sendo necessárias 240 aves. Para esse experimento disponibilizou-se 300 aves (25% acima do necessário).

O procedimento a ser adotado para distribuir os animais nas unidades experimentais é pesá-los individualmente e separá-los por faixa de peso, descartando-se a faixa dos mais leves e dos mais pesados.

A **Figura 1** ilustra a separação das aves Isa Label fêmeas com 28 dias de idade em faixas de peso, em que (n) é o número de aves presentes em cada categoria e (m) é o peso médio da categoria.



**Figura 1** - Classificação das aves com 28 dias de idade em faixas de peso, em que (m) é o peso médio e (n) é o número de aves presentes em cada categoria.

A distribuição pode ser feita de duas maneiras. Na primeira, as aves são distribuídas individualmente nas unidades, iniciando-se pelas mais leves, seguindo-se a seqüência das faixas de peso, culminando com as da última faixa, segundo distribuição apresentada na **Tabela 2**.

Outra maneira de distribuir as aves é constituir todas as parcelas com o mesmo número e peso, de forma que o peso médio delas seja semelhante. Para exemplificar, será utilizada a separação das aves, apresentada na **Figura 1**. Para calcular o número de aves de cada faixa de peso a serem colocadas em cada parcela, divide-se o número de aves disponíveis em cada faixa de peso pelo número de unidades experimentais. Por exemplo, 38 aves na faixa (f) cujo peso médio é 562g, dividido por 12 unidades ( $38:12=3$ ). Dessa forma, são colocadas 3 aves com peso médio de 562g por unidade experimental, sobrando 2 aves (**Figura 1**). Para completar as 20 aves por repetição, serão usadas 12 aves da

faixa de peso entre 600 e 614g (peso médio de 607g) que não foram utilizadas no exemplo da **Tabela 2**. A distribuição é mostrada na **Tabela 3**. Nesse tipo de distribuição, a variação do peso entre as parcelas é pequena, e deve ser preferida ao exemplo anterior; entretanto, a quantidade inicial das aves deve ser maior para poder alojar o mesmo número de aves de cada faixa de peso em cada repetição.

**Tabela 2** - Distribuição das aves nas parcelas conforme separação das aves, mostrada na **Figura 1**.

Repetições											
1				2				3			
Tratamentos											
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
487	487	487	487	487	487	487	487	487	487	487	487
502	502	502	502	502	502	502	502	502	502	502	487
502	502	502	502	502	502	502	502	502	502	502	502
517	517	517	517	517	517	502	502	502	502	502	502
517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517
517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517
517	517	517	532	532	532	532	532	532	532	532	532
532	532	532	532	532	532	532	532	532	532	532	532
532	532	532	532	532	532	532	532	532	532	532	532
547	547	547	547	547	532	532	532	532	532	532	532
547	547	547	547	547	547	547	547	547	547	547	547
547	547	547	547	547	547	547	547	547	547	547	547
547	547	547	547	547	547	547	547	547	547	547	547
562	562	562	562	547	547	547	547	547	547	547	547
562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562
562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562
562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	577	577
577	577	577	577	577	577	577	577	577	577	577	577
577	577	577	577	577	577	577	577	577	577	577	577
592	592	592	592	592	592	592	592	592	592	592	592
540,3	540,3	540,3	541,0	540,3	539,5	538,8	538,8	538,8	538,8	539,5	538,8
<sup>2</sup> Médias Tratamentos: A= 539,8; B= 539,5; C= 539,5; D= 539,5.											

<sup>1</sup>Médias para cada repetição. <sup>2</sup>Médias para cada tratamento. Distribuição das aves em um ensaio realizado na UNESP-Jaboticabal.

**Tabela 3** - Distribuição das aves nas parcelas conforme sua separação, mostrada na **Figura 1**.

Repetições	Tratamentos			
	A	B	C	D
1	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i
2	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i
3	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i	1a;2b;2c;3d; 4e;3f;2g;2h;1i

Os n<sup>os</sup> correspondem ao n<sup>o</sup> de aves de cada faixa de peso e as letras o peso médio das aves que compõem a parcela, onde: a=487g; b=502g; c=517g; d=532g; e=547g; f=562g; g=577g ; h=592g e i= 607g. Em teoria o peso médio de cada repetição seria de 547g.

## 2ª opção: separar as aves por faixa de peso (DBC)

As aves são distribuídas em grupos de acordo com a faixa de peso, constituindo blocos para controlar essas diferenças. Nesse caso, o delineamento experimental é em blocos casualizados (DBC), o qual tem a vantagem de uniformizar o peso das aves dentro das unidades experimentais, mas, por outro lado, há a desvantagem de reduzir o grau de liberdade do resíduo.

O procedimento a ser adotado para distribuir os animais nas unidades experimentais seria pesá-los individualmente e separá-los por faixa de peso, constituindo dois blocos, um de aves leves e outro de pesadas.

A **Figura 2** ilustra a separação das aves com 28 dias de idade em faixas de peso, em que (n) é o número de aves presentes em cada categoria; (m) é o peso médio da categoria e as letras caracterizam as faixas de peso.

Bloco 1 (pesadas)	555g-569g m = 562g n = 48 48a	570g-584g m = 577g n = 36 36b	585g-599g m = 592g n = 36 36c	> 599g n = 19
Bloco 2 (leves)	< 456g n = 21	456g-470g m = 463g n = 36 36d	471g-485g m = 478 n = 36 36e	486g-500g m = 493g n = 48 48f

**Figura 2** - Separação das aves em dois blocos de peso, leves e pesadas.

De acordo com a **Tabela 4**, as aves são distribuídas em 3 tratamentos, 4 repetições de 20 aves por repetição, em dois blocos de aves pesadas e leves (Bloco1 e 2). As parcelas são compostas pelo mesmo número e peso de aves representados pelas letras, *por exemplo* (8a, 6b, 6c), tendo, portanto, o mesmo peso médio (575,5g).

**Tabela 4** - Distribuição das aves em 3 tratamentos, 4 repetições de 20 aves cada uma, em dois blocos de aves pesadas e leves

Blocos	Repetições	Tratamentos		
		A	B	C
1 (Pesados)	1	8a;6b;6c(575,5g)	8a;6b;6c(575,5g)	8a;6b;6c(575,5g)
	2	8a;6b;6c(575,5g)	8a;6b;6c(575,5g)	8a;6b;6c(575,5g)
2 (Leves)	3	6d;6e;8f(479,5g)	6d;6e;8f(479,5g)	6d;6e;8f(479,5g)
	4	6d;6e;8f(479,5g)	6d;6e;8f(479,5g)	6d;6e;8f(479,5g)

Como os experimentos com frangos de corte são executados em instalações com temperatura, insolação e umidade com pequena variação e idênticas para todas as unidades experimentais e também o manejo empregado é o mesmo, pode-se considerar que o efeito de ambiente é minimizado. Entretanto, para aumentar a segurança e evitar que a localização dos tratamentos no galpão

experimental afete os resultados de desempenho dos animais, é recomendado distribuir as unidades experimentais em diferentes locais, como mostrado na **Tabela 5**.

**Tabela 5** - Distribuição de frangos de corte em blocos para controlar as diferenças de peso e o efeito de localização no galpão experimental.

Blocos	Repetição	Tratamentos / Localização		
1 (Pesadas)	1	B	C	A
1 (Pesadas)	2	A	B	C
2 (Leves)	3	C	A	B
2 (Leves)	4	A	B	C

As diferenças de peso entre os animais devem ser consideradas, porque a variação no peso entre as unidades experimentais proporcionam diferenças nas variáveis avaliadas (consumo de ração, produção e peso dos ovos), aumentando o erro experimental (resíduo), reduzindo o valor de F calculado, e dificultando detectar diferenças significativas entre os tratamentos. Comparando-se os dois delineamentos, no DIC, a morte de aves leves, em algumas unidades experimentais e pesadas em outras, aumenta a desuniformidade de cada repetição, o que provoca maior variação e aumento da SQ do resíduo. Isso é evitado no DBC, pois o mesmo número de mortes afetará pouco a variação, pelo fato das aves serem mais uniformes dentro de cada repetição. Deve-se considerar que, com o aumento do número de aves dentro de cada unidade experimental, esse efeito tende a ser menor, e as diferenças entre o DIC e o DBC praticamente desaparecem.

Para exemplificar a escolha do delineamento quando há variação a ser controlada, nas **Tabelas 6 e 7** são apresentadas duas análises estatísticas de um mesmo conjunto de dados, uma de um DIC e a outra de um DBC. Na análise em DIC, a SQ total é desdobrada apenas para duas fontes de variação, tratamento e resíduo. No DBC, o bloco também é considerado como uma fonte de variação, ocorrendo uma redução na SQ do resíduo e, conseqüentemente, no quadrado médio (QM) do resíduo. Dessa forma, quando as variações de peso são controladas por meio dos blocos, há redução no erro experimental e um aumento nos valores de F, o que melhora a possibilidade de detectar diferenças entre os tratamentos. Portanto, ao instalar o experimento, a definição prévia do delineamento experimental é importante para reduzir a variação e evitar conclusões erradas. Nesse caso, devido à grande variação do DIC, a conclusão seria que os tratamentos são iguais; entretanto, com a menor variação do DBC, a conclusão é que os dois tratamentos são significativamente diferentes.

### 2.3. Distribuição de poedeiras e matrizes

Além das diferenças dos pesos corporais para poedeiras e matrizes, existem outros fatores a serem controlados, como linhagem e produção de ovos.

Ao definir o delineamento experimental em ensaios com poedeiras ou matrizes, é preciso usar aves da mesma linhagem, salvo em situações que são avaliadas linhagens. As diferenças de peso e produção de ovos podem ser controladas.

Para controlar as diferenças de peso, as aves são pesadas individualmente, eliminam-se as mais pesadas e as mais leves, e utilizam-se aquelas com variação de 10% do peso médio. Para o controle das diferenças na produção, é realizado um controle individual da produção de ovos durante 10 a 14 dias.

**Tabela 6** - Exemplo de análise estatística de dados de um DIC.

	GL	SQ	QM	F
Tratamento	2	5.624,000	2.812,000	0,946 (ns)
Resíduo	9	26.759,000	2.973,222	
Total	11	32.383,000		

CV = 4,57% F = QM trat / QM res ns = não significativo.

**Tabela 7** - Exemplo de análise de dados de um DBC.

	GL	SQ	QM	F
Tratamento	2	5.624,0	2.812,0	5,552 (sig)
Bloco	1	22.707,0	22.707,0	44,831 (sig)
Resíduo	8	4.052,0	506,50	
Total	11	32.383,0		

CV = 1,89% sig = significativo.

Há duas opções para distribuir as aves nas unidades experimentais. A primeira é uniformizar as parcelas com pesos e produções semelhantes; e a segunda é controlar esses fatores por meio de blocos. Uma vez eliminado o efeito de peso, a distribuição das galinhas poedeiras pode ser feita seguindo os exemplos de frangos de corte, sendo, nesse caso, a produção de ovos o fator a ser considerado para uniformizar as repetições e tratamento. Será simulado o exemplo de um experimento com 4 tratamentos e 3 repetições de 8 galinhas poedeiras por repetição (2 por gaiola), num total de 96 aves.

#### **1ª Opção: uniformizar peso e produção de ovos**

O primeiro passo é padronizar o peso usando os procedimentos já mencionados e, depois, distribuir as aves nas parcelas de acordo com a produção, de forma que as médias das parcelas sejam semelhantes, como apresentado na **Tabela 8**. Vide exemplo DIC de frangos de corte apresentado na **Tabela 3**.

#### **2ª opção: blocos para controlar as influências de peso, produção ou local**

No exemplo a seguir, após a uniformização dos pesos, as aves são distribuídas em três blocos, conforme a produção (baixa, média e alta produção). Cada bloco deve conter pelo menos uma repetição de cada tratamento, conforme apresentado na **Tabela 9**. Vide exemplo de frangos de corte DBC mostrado na **Tabela 4**. A vantagem de se usar blocos é que, caso ocorra morte de aves, esse fato não alterará as médias das parcelas, porque estas são constituídas de aves de peso e produção semelhantes. Por outro lado, se, nas parcelas, as aves têm diferentes produções, a mortalidade de uma ave com menor produção poderia elevar a média de produção da parcela.

**Tabela 8** - Distribuição de poedeiras mantendo peso e produção similares nas unidades experimentais.

Tratamento A (Médias: Peso= 1515g; Produção= 79,6%)												
Repetições	1			2			3					
Peso médio	1.510			1.520			1.515					
Produção (%)	72 <sup>1</sup>	79	82	85	73	78	83	84	74	78	83	84
Médias	79,5			79,5			79,8					
Tratamento B (Médias: Peso= 1515g; Produção= 79,6%)												
Repetições	1			2			3					
Peso médio	1.508			1.518			1.520					
Produção (%)	72	79	82	85	73	78	83	84	74	77	84	84
Médias	79,5			79,5			79,8					
Tratamento C (Médias: Peso= 1516g; Produção= 79,7%)												
Repetições	1			2			3					
Peso médio	1.512			1.517			1.520					
Produção (%)	73	78	83	85	73	78	83	84	74	77	84	84
Médias	79,8			79,5			79,8					
Tratamento D (Médias: Peso= 1516g; Produção= 79,6%)												
Repetições	1			2			3					
Peso médio	1.506			1.522			1.519					
Produção (%)	73	78	83	84	73	78	83	84	74	78	83	84
Médias	79,5			79,5			79,8					

<sup>1</sup>Média de produção de duas galinhas por gaiola. Cada repetição com 8 aves.

**Tabela 9** - Distribuição de poedeiras mantendo peso e produção similares nos blocos e repetições dentro de cada bloco.

Tratamento A (Médias: Peso= 1.515g; Produção= 78,6%)												
Repet. / Bloco	1 / Alta			2 / Média			3 / Baixa					
Peso médio	1.510			1.520			1.515					
Produção (%)	82 <sup>1</sup>	84	84	88	76	78	79	80	71	72	75	75
Médias	84,5			78,0			73,3					
Tratamento B (Médias: Peso= 1.515g; Produção= 78,6%)												
Repetições	1			2			3					
Peso médio	1.508			1.518			1.520					
Produção (%)	83	84	85	87	76	78	79	79	71	72	75	75
Médias	84,7			77,8			73,3					
Tratamento C (Médias: Peso= 1.516g; Produção= 78,6%)												
Repetições	1			2			3					
Peso médio	1.512			1.517			1.520					
Produção (%)	83	83	85	86	77	78	79	79	70	73	74	76
Médias	84,3			78,3			73,3					
Tratamento D (Médias: Peso= 1.516g; Produção= 78,6%)												
Repetições	1			2			3					
Peso médio	1.506			1.522			1.519					
Produção (%)	83	83	86	86	77	78	79	79	70	73	74	76
Médias	84,5			78,0			73,3					

<sup>1</sup>Média de produção de duas galinhas por gaiola. Cada repetição com 8 aves.

Como os experimentos com galinhas poedeiras são realizados em ambientes onde a temperatura, insolação e umidade apresentam pequena variação entre as unidades experimentais, e como a forma de manejo empregada também é a mesma, pode-se considerar que o efeito de ambiente é minimizado. Entretanto, para aumentar a segurança e evitar que a localização no galpão experimental

afete o desempenho das aves de maneira diferenciada, é recomendado distribuir as unidades experimentais em diferentes locais, como mostrado na **Tabela 10**.

**Tabela 10** - Distribuição de poedeiras em blocos para controlar as diferenças de produção e o efeito de localização no galpão experimental.

Rep/Blocos	Produção,%	Tratamentos / Localização			
1	82 - 88	B	C	A	D
2	76 - 79	D	B	C	A
3	70 - 76	C	A	D	B

Os ensaios com poedeiras ou matrizes, normalmente, são divididos em períodos de duas, três ou quatro semanas cada um. Os dados de desempenho ou medidas da qualidade dos ovos são coletados e processados de acordo com o período avaliado. A análise estatística dos dados pode ser feita considerando-se a média geral dos períodos ou o efeito dos mesmos. Uma vantagem de levar em conta os períodos na análise é o aumento dos graus de liberdade do resíduo. No exemplo relacionado na **Tabela 11**, os gl do resíduo passam de 8 para 32 gl, quando se consideram os períodos em uma análise com 4 tratamentos, 3 repetições por tratamento e 4 períodos.

**Tabela 11** - Exemplo de análise estatística considerando-se a média dos períodos (esquerda) e o efeito de período (direita).

ANOVA	GL	ANOVA	GL
Tratamento	3	Tratamento	3
Resíduo	8	Período	3
Total	11	TxP	9
		Resíduo	32
		Total	47

## 2.4. Distribuição de suínos

### 1° opção: uniformizar os pesos médios das parcelas (DIC)

Quando os suínos têm a mesma origem genética, por exemplo, todos são híbridos da mesma linha genética comercial, a distribuição nas parcelas experimentais pode ser realizada seguindo a metodologia aplicada com frangos de corte. Para exemplificar, apresenta-se uma distribuição de leitões machos castrados, PIC de 14 dias de idade, em 3 tratamentos, 4 repetições e 3 animais por repetição, sendo necessários 36 leitões. Para este experimento disponibilizou-se 42 leitões (17% acima do necessário). Deve-se esclarecer que o experimento incluía o mesmo número de fêmeas, não mostrado no exemplo.

O procedimento a ser adotado para distribuir os animais nas unidades experimentais é identificação, pesagem individual e ordenação dos pesos de forma decrescente ou crescente, descartando-se os mais leves e os mais pesados. Nas **Tabela 12** e **13**, é mostrado um exemplo da distribuição dos leitões machos castrados, em um ensaio realizado na UFV.

**Tabela 12** - Identificação e peso inicial dos leitões.

ID (no)	Peso (kg)	ID (no)	Peso (kg)	ID (no)	Peso (kg)	ID (no)	Peso (kg)
1	4,88	10	4,18	19	3,85	28	3,40
2	4,71	11	4,14	20	3,82	29	3,36
3	4,66	12	4,13	21	3,81	30	3,35
4	4,55	13	4,12	22	3,80	31	3,31
5	4,44	14	4,06	23	3,79	32	3,23
6	4,43	15	4,05	24	3,77	33	3,21
7	4,41	16	4,03	25	3,63	34	3,19
8	4,34	17	3,96	26	3,57	35	3,17
9	4,27	18	3,87	27	3,46	36	3,06

Seis leitões muito pesados ou leves foram descartados. Leitões usados no experimento realizado na UFV.

**Tabela 13** - Distribuição de suínos no experimento com 3 tratamentos, 4 repetições de 3 leitões por repetição (DIC).

Repetições											
1			2			3			4		
Tratamentos											
A	B	C	B	C	A	C	A	B	C	B	A
4,88	4,71	4,66	4,55	4,44	4,43	4,41	4,34	4,27	4,18	4,14	4,13
3,77	3,79	3,80	3,81	3,82	3,85	3,87	3,96	4,03	4,05	4,06	4,12
3,63	3,57	3,46	3,40	3,36	3,35	3,31	3,23	3,21	3,19	3,17	3,06
4,09 <sup>1</sup>	4,06	3,97	3,92	3,87	3,88	3,86	3,84	3,84	3,81	3,79	3,77

<sup>2</sup> Média dos Tratamentos: A=3,89; B= 3,90; C= 3,88.

<sup>1</sup>Médias para cada repetição. <sup>2</sup>Médias para cada tratamento. Nota: Devido ao pequeno número de animais em cada repetição, a ordem dos tratamentos foi alterada para aproximar o peso médio dos tratamentos.

### 2° opção: separar os suínos por faixa de peso (DBC)

Os animais são pesados individualmente e distribuídos de acordo com a diferença de peso, constituindo blocos para controlar o efeito dessas diferenças. Nesse caso, o delineamento experimental é em blocos casualizados (DBC), o qual tem a vantagem de uniformizar o peso dos suínos dentro das unidades experimentais.

O procedimento a ser adotado para distribuir os animais nas unidades experimentais é separá-los por faixa de peso, constituindo dois blocos, um de pesados e outro de leves.

A **Tabela 14** mostra a distribuição dos leitões de acordo com o peso, divididos em dois blocos: pesados e leves.

Os experimentos com suínos em crescimento são realizados em galpões abertos, sendo a temperatura, umidade e insolação similares para todas as unidades experimentais. Considerando que o manejo empregado também é o mesmo, o efeito de ambiente pode ser minimizado. Entretanto, para aumentar a segurança e evitar que a localização dos tratamentos no galpão experimental afete o desempenho dos animais, é recomendado distribuir as unidades experimentais em diferentes locais, como mostrado na **Tabela 15**.

**Tabela 14** - Distribuição de suínos no experimento com 3 tratamentos, 4 repetições de 3 leitões por repetição, em dois blocos de pesados e leves (DBC).

Repetições/Bloco											
1/Pesados			2/Pesados			3/Leves			4/Leves		
Tratamentos											
A	B	C	B	C	A	C	A	B	C	B	A
4,88	4,71	4,66	4,55	4,44	4,43	3,85	3,82	3,81	3,80	3,79	3,77
4,13	4,14	4,18	4,27	4,34	4,41	3,35	3,36	3,40	3,46	3,57	3,63
4,12	4,06	4,05	4,03	3,96	3,87	3,31	3,23	3,21	3,19	3,17	3,06
4,38 <sup>1</sup>	4,30	4,30	4,28	4,25	4,24	3,50	3,47	3,47	3,48	3,51	3,49

<sup>2</sup> Média dos Tratamentos: A=3,89; B= 3,89; C= 3,88.

<sup>1</sup>Médias para cada repetição. <sup>2</sup>Médias para cada tratamento. Nota: Devido ao pequeno número de animais em cada repetição, a ordem dos tratamentos foi alterada para aproximar o peso médio dos tratamentos.

**Tabela 15** - Distribuição de suínos em blocos para controlar as diferenças de peso inicial e o efeito de localização no galpão experimental.

Blocos	Repetição	Tratamentos / Localização		
1 (Pesados)	1	B	C	A
1 (Pesados)	2	A	B	C
2 (Leves)	3	C	A	B
2 (Leves)	4	A	B	C

O DBC considera, nesse caso, as diferenças de peso entre os animais, pois a variação no peso dentro de cada unidade experimental pode aumentar o erro experimental (resíduo). Comparando-se os dois delineamentos, no DIC, a morte de um suíno leve em uma repetição e um pesado em outra, causa desuniformidade nas unidades experimentais e aumenta a SQ do resíduo. Isso é evitado no DBC, pois o mesmo número de mortes afetará pouco a variação, pelo fato dos leitões possuírem pesos similares dentro de cada repetição.

Outro fator a ser controlado em experimentos com suínos, além do peso, é o sexo e a origem genética. Os animais podem ser separados em blocos de acordo com esses fatores, seguindo-se a metodologia descrita no DBC (**Tabela 14**) para separar o efeito do peso nos tratamentos experimentais. Vale ressaltar que, sexo e origem genética podem ser considerados como fatores a serem avaliados na análise.

### 3. Animais por repetição e repetições por tratamento

Outro aspecto importante a ser considerado ao delinear experimentos com animais é o número de repetições dos tratamentos e o de animais por repetição, os quais têm grande efeito sobre a variação experimental. Para avaliar a precisão dos experimentos, uma medida utilizada pelos pesquisadores no Brasil tem sido o coeficiente de variação (CV), o qual representa o desvio padrão expresso como porcentagem da média  $CV=(s/m)\times 100$ , em que (*s*) é a raiz quadrada da variância residual (quadrado médio do resíduo), (*m*) é a média geral do experimento. O CV permite ao pesquisador a comparação de resultados de uma determinada variável em diferentes experimentos e avaliar a precisão experimental.

### 3.1. Número de animais por repetição

*Em pesquisas com animais, qual seria o número ótimo de animais por unidade experimental para reduzir o erro e obter resultados mais precisos?*

Para responder essa pergunta, Potter (1972) conduziu um estudo para determinar a magnitude da variação inerente entre médias de peso e conversão alimentar (CA), considerando um boxe de frangos como uma observação. O autor analisou as médias de pesos e CA dos frangos de uma série de 62 experimentos que continham, no mínimo, 2 repetições para cada tratamento. O número de aves por repetição variou de 16 a 2.500. No modelo utilizado para a análise de variância, foram considerados os efeitos dos tratamentos, dos blocos e do erro experimental.

De acordo com os dados apresentados na **Tabela 16**, na medida em que o número de aves por repetição aumenta de 16 para 50, o CV decresce; contudo, de 300 a 2500 aves por repetição, o CV aumenta. O autor concluiu que as instalações com 50 e 60 aves/boxe foram as melhores para realizar experimentos com menor variação entre as repetições (CV).

**Tabela 16** - Valores de CV(%) para peso e conversão alimentar, conforme o número de aves por repetição.

Nº de Experimentos	Nº de aves / Repetição	CV(%) Peso	CV(%) Conversão
11	16	3,49	2,34
7	18	3,19	1,47
10	50	1,57	0,96
5	50	1,84	1,11
4	60	1,67	1,05
7	300	1,89	1,31
11	1.000	2,62	2,00
7	2.500	2,70	2,33

Adaptado de Potter (1972).

A variação inerente ao peso e a CA, entre as parcelas que receberam tratamentos idênticos, é composta de duas partes distintas: variação dos frangos dentro da parcela e variações entre as repetições. À medida que o número de aves por repetição aumenta, as variações entre as aves dentro das repetições decresce em relação ao aumento no número de aves. Por outro lado, os boxes são maiores e mais distantes entre si, dificultando a manutenção de condições de meio ambiente uniformes.

### 3.2. Número de repetições por tratamento

*Quantas repetições por tratamento são necessárias para revelar uma diferença de certa magnitude para peso e conversão alimentar entre dois tratamentos?*

Segundo Potter (1972), quando as instalações são adequadas, a melhor estimativa de erro padrão para peso das aves é 1,5% da média (CV) e, para CA,

1,0%. Conforme dados da **Tabela 17**, para detectar estatisticamente diferenças entre tratamentos nos pesos ou CA devem ser usadas, no mínimo, 2 a 4 repetições. Contudo, para detectar diferenças de 1% entre tratamentos, devem ser utilizadas de 7 a 20 repetições, e diferenças de 0,5%, de 23 a 72 unidades experimentais por tratamento.

**Tabela 17** - Número de repetições por tratamento necessárias para detectar diferença significativa em peso ou CA ao nível de 5% entre 2 tratamentos, ou um acréscimo significativo do tratamento 2 sobre o 1.

Diferença ou aumento como % da média	Peso ( CV 1,5%)		CA (CV 1,0%)	
	Diferença	Aumento	Diferença	Aumento
5	4	2	3	2
4	4	3	3	2
3	5	3	4	2
2	7	5	5	3
1,5	11	7	6	4
1,0	20	14	11	7
0,5	72	50	34	23

Adaptado de Potter ( 1972).

Pesti (1981), analisando os dados experimentais de produção de ovos, verificou que o número de ovos necessários para detectar diferenças entre dois tratamentos é menor quando se trabalha com 6 repetições do que com 4 de 10 aves cada (**Tabela 18**). Portanto, para maior sensibilidade do teste, é melhor aumentar o número de repetições do que o número de aves por parcela.

Euclides e Rostagno (2002) utilizaram os dados provenientes de um experimento com frangos de corte machos, de 1 a 45 dias de idade, nos quais foram analisados cinco diferentes rações (tratamentos) com nove repetições e 20 aves por boxe, para calcular o número de repetições e o número de frangos necessários para detectar diferenças significativas entre os tratamentos. A **Tabela 19** contém os parâmetros das análises de variância e a **Tabela 20**, os valores mínimos possíveis de se obter diferença significativa, ao nível de 5%, entre duas médias dos tratamentos para as características: ganho de peso, conversão alimentar e porcentagem de peito com osso.

Para a característica ganho de peso de 1 a 45 dias, os dados da **Tabela 20** mostram, para 9 repetições de 20 aves, que seria possível detectar efeito significativo se a diferença máxima observada entre as médias das rações fosse maior que 56,9 g (2,2%). Para conversão alimentar, diferenças entre duas médias acima de 0,03 (1,58%) seriam estatisticamente diferentes ao nível de 5%. Para a porcentagem de peito com osso, com os tratamentos que foram testados, seria praticamente impossível detectar diferenças estatísticas ao nível de 5% de probabilidade. A diferença máxima observada entre as médias de porcentagem de peito com osso foi de 0,33 (1%), o que significa que o experimento teria de possuir, no mínimo 20 repetições de 100 aves para encontrar diferenças significativas. Os dados mostram novamente que, para melhorar a precisão dos

experimentos, o aumento do número de repetições é mais eficiente do que o número de aves por parcela.

**Tabela 18** - Diferença em nº de ovos, necessária para encontrar diferença significativa na produção de ovos de galinhas, entre dois tratamentos, CV = 22 %, parâmetros estimados de Emsley, 1977.

Aves/Repet.	N $\sigma$	Número de Repetições						
		2	3	4	6	10	20	60
1	51,38	221	117	89	66	48	33	19
2	36,33	155	82	63	47	34	23	13
4	25,69	110	58	44	33	24	16	9
6	20,98	90	48	36	27	20	13	8
10	16,25	70	37	28	21	15	10	6
15	13,27	57	30	23	17	12	8	5
25	10,28	44	23	18	13	10	7	4
50	7,27	31	16	13	9	7	5	3
100	5,14	22	12	9	7	5	3	2

Adaptado de Pesti (1981).

**Tabela 19** - Médias, diferenças máximas, quadrados médios dos resíduos (QMR), coeficientes de variação e significância do teste de F para as características de desempenho de frangos de corte.

Tratamentos	Ganho de Peso, g.	Conversão Alimentar	Peito com Osso, %
1	2.574	1,92	33,33
2	2.612	1,90	33,33
3	2.624	1,91	33,00
4	2.640	1,87	33,22
5	2.646	1,88	33,00
Média Geral	2.619	1,90	33,17
Diferença Máxima	72 (2,7%)	0,05 (2,6%)	0,33 (1%)
QMR ( $\sigma_e$ )	4.066,798	0,00115948	1,188889
CV (%)	2,43	1,79	3,28
Significância	4,6%	3,68%	F<1

Experimento com frangos de corte machos, de 1 a 45 dias de idade, com cinco diferentes rações e nove repetições de 20 aves cada. Euclides e Rostagno (2002).

O número de repetições por tratamento e o número de animais por repetição são os principais fatores que influenciam a diferença mínima significativa entre os dados de um experimento.

O conhecimento e o controle dos fatores que afetam a diferença mínima significativa (DMS) em um experimento é essencial para a realização das pesquisas. Conforme Potter (1972), três fatores determinam a magnitude da diferença mínima detectável, expressos na equação:

$$DMS = st\sqrt{2/r}$$

$s$  = desvio padrão por repetição;  $t$  = valor da tabela "t", considerando-se o  $g$  e o nível de probabilidade; e  $r$  = nº de repetições por tratamento. Conforme

a equação, o valor do  $s$  aumenta quanto menor o  $n^\circ$  de aves por repetição  $r$ ; o valor de  $t$  decresce à medida que o  $n^\circ$  de gl para o erro aumenta; contudo, há pequenos decréscimos a partir de 20. A grande vantagem de aumentar o número de repetições é o decréscimo em  $\sqrt{2/r}$ .

**Tabela 20** - Valores mínimos possíveis de se obter diferença significativa, ao nível de 5%, entre médias de ganho de peso, conversão alimentar e porcentagem de peito com osso de frangos de corte machos.

Ganho de peso 1-45 dias												
Aves	$\sigma_e$	Número de Repetições (r)										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	60
4	142,6	626,0	350,0	255,1	204,8	176,2	153,4	139,7	127,3	119,3	74,7	40,8
6	116,4	511,1	285,7	208,3	167,2	143,8	125,3	114,1	104,0	97,4	61,0	33,3
10	90,2	395,9	221,3	161,4	129,5	111,4	97,0	88,4	80,5	75,5	47,2	25,8
20	63,8	280,0	156,5	114,1	91,6	78,8	68,6	62,5	<b>56,9</b>	53,4	33,4	18,3
30	50,1	219,8	122,9	89,6	71,9	61,8	53,9	49,1	44,7	41,9	26,2	14,3
50	40,3	177,0	99,0	72,2	57,9	49,8	43,4	39,5	36,0	33,8	21,1	11,5
100	28,5	125,2	70,0	51,0	41,0	35,2	30,7	27,9	25,5	23,9	14,9	8,2
Conversão Alimentar												
4	0,076	0,334	0,187	0,136	0,109	0,094	0,082	0,074	0,068	0,064	0,040	0,022
6	0,062	0,272	0,152	0,111	0,089	0,077	0,067	0,061	0,055	0,052	0,032	0,018
10	0,048	0,211	0,118	0,086	0,069	0,059	0,052	0,047	0,043	0,040	0,025	0,014
20	0,034	0,149	0,083	0,061	0,049	0,042	0,037	0,033	<b>0,030</b>	0,028	0,018	0,010
30	0,027	0,119	0,066	0,048	0,039	0,033	0,029	0,026	0,024	0,023	0,014	0,008
50	0,021	0,092	0,052	0,038	0,030	0,026	0,023	0,021	0,019	0,018	0,011	0,006
100	0,015	0,066	0,037	0,027	0,022	0,019	0,016	0,015	0,013	0,013	0,008	0,004
Porcentagem de peito com osso												
4	2,43	10,67	5,96	4,35	3,49	3,00	2,61	2,38	2,17	2,03	1,27	0,70
6	1,99	8,74	4,88	3,56	2,86	2,46	2,14	1,95	1,78	1,67	1,04	0,57
10	1,54	6,76	3,78	2,76	2,21	1,90	1,66	1,51	1,38	1,29	0,81	0,44
20	1,09	4,79	2,68	1,95	1,57	1,35	1,17	1,07	<b>0,97</b>	0,91	0,57	0,31
30	0,89	3,91	2,18	1,59	1,28	1,10	0,96	0,87	0,79	0,74	0,47	0,25
50	0,69	3,03	1,69	1,23	0,99	0,85	0,74	0,68	0,62	0,58	0,36	0,20
100	0,49	2,15	1,20	0,88	0,70	0,61	0,53	0,48	0,44	0,41	0,26	0,14
$\sqrt{F_{(0,05,t,t(r-1))}}$		4,39	3,03	2,52	2,28	2,13	2,03	1,96	1,90	1,86	1,69	1,59
$\sqrt{2/r}$		1,00	0,81	0,71	0,63	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,31	0,18

Euclides e Rostagno (2002).