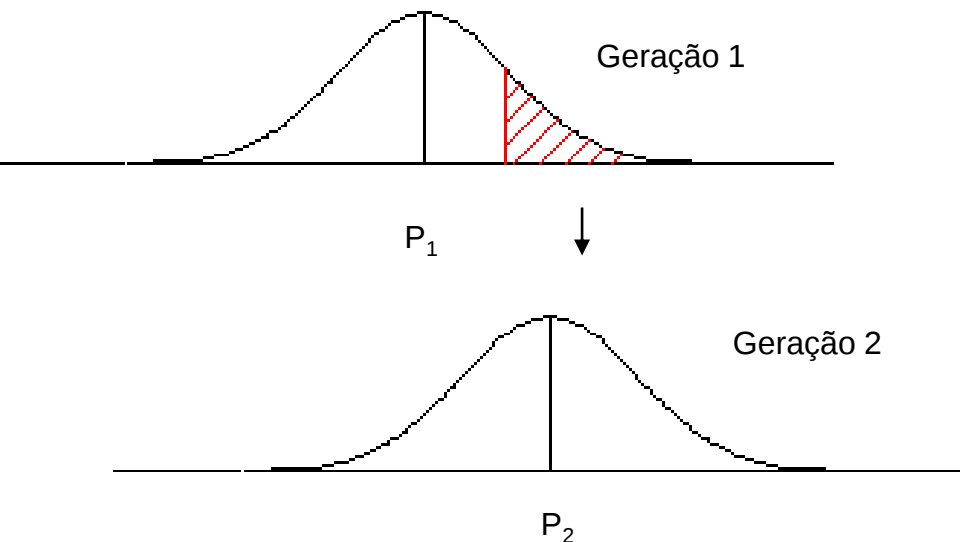


# **Resposta à Seleção ou Ganho Genético**

Fernando Baldi

# Resposta à Seleção ou Ganho Genético

Diferença entre a média da progênie dos pais selecionados e a média do rebanho antes da seleção.



$$P_1 = G_1 + E_1 \quad P_2 = G_2 + E_2$$

$$P_2 - P_1 = (G_2 + E_2) - (G_1 + E_1)$$

$$P_2 - P_1 = (G_2 - G_1) + (E_2 - E_1)$$

$$\Delta P = \Delta G + \Delta E$$

# Predição do Ganho Genético - $\Delta G$

Depende:

- 1) Do grau de exatidão com que selecionamos os animais – **acurácia**.
- 2) Intensidade de seleção.
- 3) Variação genética existente na população.
- 4) Intervalo de gerações.

$$\Delta G_a = \frac{\text{Acurácia de predição} * \text{Intensidade de seleção} * \text{Desvio padrão genético aditivo}}{\text{Intervalo de gerações}}$$

# Predição do Ganho Genético - $\Delta G$

$$\Delta G_a = \frac{\text{Acurácia de predição} * \text{Intensidade de seleção} * \text{Desvio padrão genético aditivo}}{\text{Intervalo de gerações}}$$

Acurácia de predição:  $r_{A,\hat{A}} \rightarrow$  correlação do valor genético verdadeiro com o valor genético estimado.

# Intensidade de Seleção – i

## Diferencial de Seleção – (S)

Diferença entre a média fenotípica dos indivíduos selecionados para pais da próxima geração e a média da população antes da seleção.

$$S = \bar{P}_S - \bar{P}_R$$

**S** = Diferencial de seleção

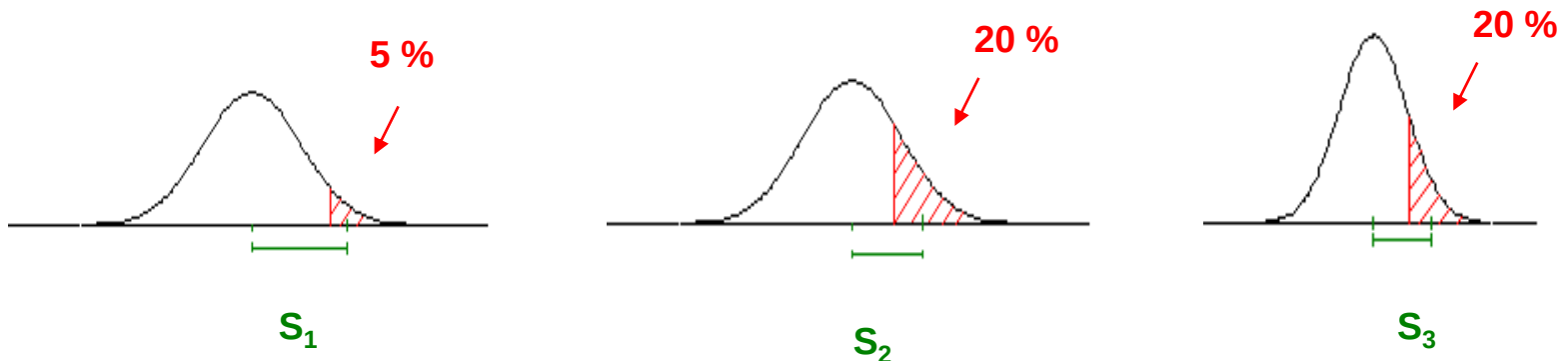
$\bar{P}_S$  = Média dos animais selecionados

$\bar{P}_R$  = Média da população ou rebanho ou contemporâneos

A magnitude do diferencial de seleção depende de:

1. Proporção relativa dos indivíduos selecionados – taxa de reposição ( $p$ )

2. Desvio padrão fenotípico do caráter ( $\sigma_p$ )



# Intensidade de Seleção – Diferencial de seleção padronizado ( i )

$$\mathbf{i} = \frac{\mathbf{S}}{\sigma_{\mathbf{P}}}$$

$\sigma_{\mathbf{P}}$  = desvio padrão fenotípico

$\mathbf{S}$  = diferencial de seleção

$$\mathbf{S} = \mathbf{i}\sigma_{\mathbf{P}}$$

---

## Intensidade de Seleção segundo a proporção selecionada

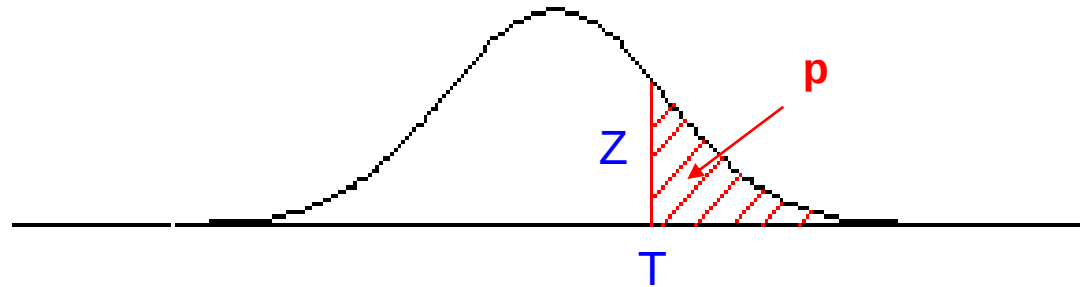
---

| p % | i    |
|-----|------|
| 1   | 2,67 |
| 2   | 2,42 |
| 3   | 2,27 |
| 4   | 2,15 |
| 5   | 2,06 |
| 10  | 1,76 |
| 20  | 1,40 |
| 30  | 1,16 |
| 40  | 0,97 |
| 50  | 0,80 |
| 60  | 0,65 |
| 70  | 0,50 |
| 80  | 0,35 |
| 90  | 0,20 |
| 100 | 0,00 |

---

# Intensidade de Seleção – Diferencial de seleção padronizado ( i )

$$i = \frac{z}{p}$$



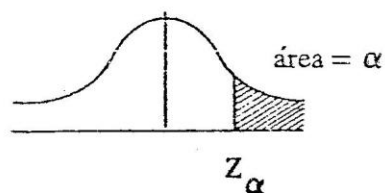
z = ordenada da distribuição normal padronizada N(0,1)

p = proporção selecionada

TABELA III.1.3. Áreas da função densidade normal estandarizada

$$\text{Valor de } \alpha = \int_{z_\alpha}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$$

$$d_x = P(Z \geq Z_\alpha)$$



| $z_\alpha$ | 0.00    | 0.01    | 0.02    | 0.03    | 0.04    | 0.05    | 0.06    | 0.07    | 0.08    | 0.09    |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.0        | 0.5000  | 0.4960  | 0.4920  | 0.4880  | 0.4840  | 0.4801  | 0.4761  | 0.4721  | 0.4681  | 0.4641  |
| 0.1        | 0.4602  | 0.4562  | 0.4522  | 0.4483  | 0.4443  | 0.4404  | 0.4364  | 0.4325  | 0.4286  | 0.4247  |
| 0.2        | 0.4207  | 0.4168  | 0.4129  | 0.4090  | 0.4052  | 0.4013  | 0.3974  | 0.3936  | 0.3897  | 0.3859  |
| 0.3        | 0.3821  | 0.3783  | 0.3745  | 0.3707  | 0.3669  | 0.3632  | 0.3594  | 0.3557  | 0.3520  | 0.3483  |
| 0.4        | 0.3446  | 0.3409  | 0.3372  | 0.3336  | 0.3300  | 0.3264  | 0.3228  | 0.3192  | 0.3156  | 0.3121  |
| 0.5        | 0.3085  | 0.3050  | 0.3015  | 0.2981  | 0.2946  | 0.2912  | 0.2877  | 0.2843  | 0.2810  | 0.2776  |
| 0.6        | 0.2743  | 0.2709  | 0.2676  | 0.2643  | 0.2611  | 0.2578  | 0.2546  | 0.2514  | 0.2483  | 0.2451  |
| 0.7        | 0.2420  | 0.2389  | 0.2358  | 0.2327  | 0.2296  | 0.2266  | 0.2236  | 0.2206  | 0.2177  | 0.2148  |
| 0.8        | 0.2119  | 0.2090  | 0.2061  | 0.2033  | 0.2005  | 0.1977  | 0.1949  | 0.1922  | 0.1894  | 0.1867  |
| 0.9        | 0.1841  | 0.1814  | 0.1788  | 0.1762  | 0.1736  | 0.1711  | 0.1685  | 0.1660  | 0.1635  | 0.1611  |
| 1.0        | 0.1587  | 0.1562  | 0.1539  | 0.1515  | 0.1492  | 0.1469  | 0.1446  | 0.1423  | 0.1401  | 0.1379  |
| 1.1        | 0.1357  | 0.1335  | 0.1314  | 0.1292  | 0.1271  | 0.1251  | 0.1230  | 0.1210  | 0.1190  | 0.1170  |
| 1.2        | 0.1151  | 0.1131  | 0.1112  | 0.1093  | 0.1075  | 0.1056  | 0.1038  | 0.1020  | 0.1003  | 0.0985  |
| 1.3        | 0.0968  | 0.0951  | 0.0934  | 0.0918  | 0.0901  | 0.0885  | 0.0869  | 0.0853  | 0.0838  | 0.0823  |
| 1.4        | 0.0808  | 0.0793  | 0.0778  | 0.0764  | 0.0749  | 0.0735  | 0.0721  | 0.0708  | 0.0694  | 0.0681  |
| 1.5        | 0.0668  | 0.0655  | 0.0643  | 0.0630  | 0.0618  | 0.0606  | 0.0594  | 0.0582  | 0.0571  | 0.0559  |
| 1.6        | 0.0548  | 0.0537  | 0.0526  | 0.0516  | 0.0505  | 0.0495  | 0.0485  | 0.0475  | 0.0465  | 0.0455  |
| 1.7        | 0.0446  | 0.0436  | 0.0427  | 0.0418  | 0.0409  | 0.0401  | 0.0392  | 0.0384  | 0.0375  | 0.0367  |
| 1.8        | 0.0359  | 0.0351  | 0.0344  | 0.0336  | 0.0329  | 0.0322  | 0.0314  | 0.0307  | 0.0301  | 0.0294  |
| 1.9        | 0.0287  | 0.0281  | 0.0274  | 0.0268  | 0.0262  | 0.0256  | 0.0250  | 0.0244  | 0.0239  | 0.0233  |
| 2.0        | 0.0228  | 0.0222  | 0.0217  | 0.0212  | 0.0207  | 0.0202  | 0.0197  | 0.0192  | 0.0188  | 0.0183  |
| 2.1        | 0.0179  | 0.0174  | 0.0170  | 0.0166  | 0.0162  | 0.0158  | 0.0154  | 0.0150  | 0.0146  | 0.0143  |
| 2.2        | 0.0139  | 0.0136  | 0.0132  | 0.0129  | 0.0125  | 0.0122  | 0.0119  | 0.0116  | 0.0113  | 0.0110  |
| 2.3        | 0.0107  | 0.0104  | 0.0102  | 0.00990 | 0.00964 | 0.00939 | 0.00914 | 0.00889 | 0.00866 | 0.00842 |
| 2.4        | 0.00820 | 0.00798 | 0.00776 | 0.00755 | 0.00734 | 0.00714 | 0.00695 | 0.00676 | 0.00657 | 0.00639 |
| 2.5        | 0.00621 | 0.00604 | 0.00587 | 0.00570 | 0.00554 | 0.00539 | 0.00523 | 0.00508 | 0.00494 | 0.00480 |
| 2.6        | 0.00466 | 0.00453 | 0.00440 | 0.00427 | 0.00415 | 0.00402 | 0.00391 | 0.00379 | 0.00368 | 0.00357 |
| 2.7        | 0.00347 | 0.00336 | 0.00326 | 0.00317 | 0.00307 | 0.00298 | 0.00289 | 0.00280 | 0.00272 | 0.00264 |
| 2.8        | 0.00256 | 0.00248 | 0.00240 | 0.00233 | 0.00226 | 0.00219 | 0.00212 | 0.00205 | 0.00199 | 0.00193 |
| 2.9        | 0.0187  | 0.00181 | 0.00175 | 0.00169 | 0.00164 | 0.00159 | 0.00154 | 0.00149 | 0.00144 | 0.00139 |

## Exemplo:

Considere um rebanho com 1000 vacas de corte e que serão necessárias para reprodução 10 % ou 20 % e que a taxa de desmama seja de 50 % ou 80 %.

| Taxa de desmame | Reposição                |                          |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
|                 | 10 %                     | 20 %                     |
| 50 %            | $\frac{100}{250} = 0,40$ | $\frac{200}{250} = 0,80$ |
| 80 %            | $\frac{100}{400} = 0,25$ | $\frac{200}{400} = 0,50$ |

$$p = 40 \% \quad z = 0,3867 \quad i = 0,97$$

$$p = 80 \% \quad z' = 0,2803 \quad i = 0,35$$

$$p = 25 \% \quad z = 0,3187 \quad i = 1,27$$

$$p = 50 \% \quad z = 0,3989 \quad i = 0,80$$

---

Percentagem da progênie necessários para  
manter o tamanho da população constante (p%)

---

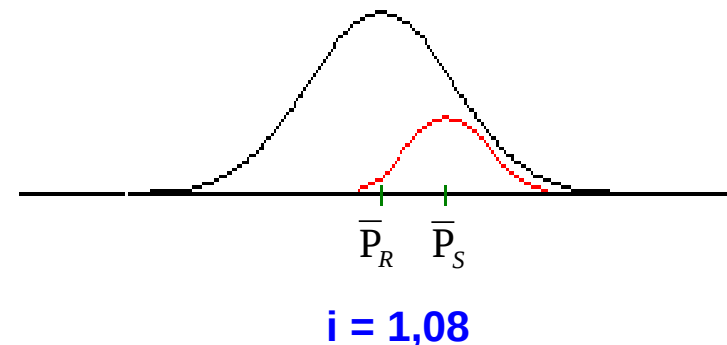
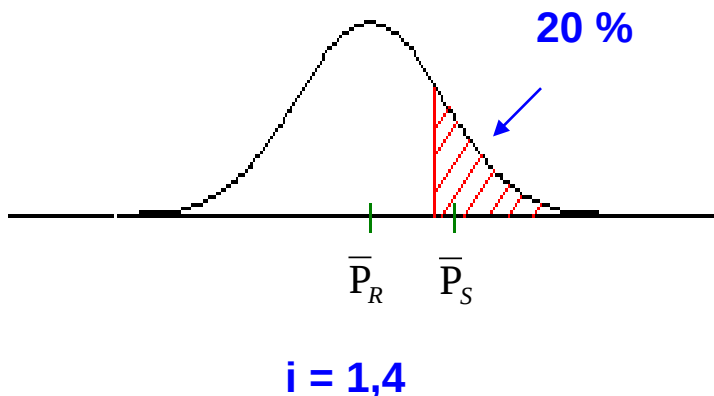
|                   | Machos            | Fêmeas  |
|-------------------|-------------------|---------|
| Bovinos de corte  | 3 - 5             | 40 - 50 |
| Bovinos leiteiros | 3 - 5             | 50 - 65 |
| Ovinos            | 2 - 4             | 40 - 50 |
| Suíños            | 1 - 2             | 10 - 15 |
| Aves              | $\frac{1}{2}$ - 2 | 10 - 15 |
| Equinos           | 2 - 4             | 40 - 50 |

---

# Diferencial de Seleção Efetivo

$S_e < S$  por duas razões:

- 1) A seleção nunca é estritamente por truncção.
- 2) Os indivíduos selecionados não contribuem igualmente para a próxima geração.
  - seleção natural
  - decisões do criador



# Diferencial de Seleção Efetivo

Em frangos de corte foram selecionados 10 machos para reprodução, pelo peso em 8 semanas. Calcular os diferenciais de seleção, sabendo-se que a média do rebanho é de 2000 g.

| Peso em 8 semanas de idade |        |                    |
|----------------------------|--------|--------------------|
| Galo                       | Peso   | Nº de descendentes |
| 1                          | 2600   | 115                |
| 2                          | 2400   | 95                 |
| 3                          | 2450   | 82                 |
| 4                          | 2520   | 120                |
| 5                          | 2610   | 100                |
| 6                          | 2630   | 76                 |
| 7                          | 2540   | 94                 |
| 8                          | 2480   | 126                |
| 9                          | 2490   | 105                |
| 10                         | 2604   | 94                 |
| Total                      | 2532,4 | 1007               |

$$\bar{\mathbf{x}}_{\mathbf{R}} = 2000$$

$$\bar{\mathbf{x}}_{\mathbf{S}} = 2532,40$$

$$S = 2532,40 - 2000 = 532,40 \text{ g}$$

$$S_{\text{E}} = \frac{\sum x_i n_i}{\sum n_i} - \bar{X}_{\text{R}} = 2530,93 - 2000 = 530,93$$

Exemplo: (Cardellino e Rovira)

Suponha que um criador possua 15 ovelhas e 2 carneiros.

Carneiro A → S = 1,0 kg    **acasalado: 40 % fêmeas**

Carneiro B → S = 2,0 kg    **acasalado: 60 % fêmeas**

| Ovelhas de “A” |       | Nº de filhos |         |
|----------------|-------|--------------|---------|
|                | S     | Esperado     | Obtidos |
| 1              | 0,5   | 1            | 2       |
| 2              | 0,5   | 1            | 2       |
| 3              | 0,6   | 1            | 1       |
| 4              | 0,6   | 1            | 1       |
| 5              | 0,7   | 1            | 1       |
| 6              | 0,8   | 1            | 0       |
| média          | 0,617 | 6            | 7       |

$$S_f \text{ (efetivo)} = \frac{0,5 * 2 + 0,5 * 2 + 0,6 * 1 + 0,6 * 1 + 0,7 * 1}{7}$$

$$S_f \text{ (efetivo)} = 0,557 \text{ kg}$$

$$S_f \text{ (esperado)} = 0,617 \text{ kg}$$

| Ovelhas de "B" |          | Nº de filhos |         |
|----------------|----------|--------------|---------|
|                | S        | Esperado     | Obtidos |
| 1              | 0,8      | 1            | 2       |
| 2              | 0,9      | 1            | 1       |
| 3              | 1,0      | 1            | 0       |
| 4              | 1,0      | 1            | 1       |
| 5              | 1,1      | 1            | 0       |
| 6              | 1,2      | 1            | 1       |
| 7              | 1,3      | 1            | 0       |
| 8              | 1,3      | 1            | 0       |
| 9              | 1,4      | 1            | 1       |
| média          | 1,111 kg | 9            | 6       |

$$S_f(\text{efetivo}) = 1,016 \text{ kg}$$

$$S_f(\text{esperado}) = 1,111 \text{ kg}$$

Diferencial de seleção esperado:

$$S_m(\text{esperado}) = 1,0 * 0,40 + 2,0 * 0,60 = 1,600 \text{ kg}$$

$$S_f(\text{esperado}) = 0,617 * 0,40 + 1,111 * 0,60 = 0,9134 \text{ kg}$$

$$S(\text{esperado}) = (1,600 + 0,9134)/2 = 1,257 \text{ kg}$$

Diferencial de seleção efetivo:

$$S_m \text{ (efetivo)} = 1,0 * 0,54 + 2,0 * 0,46 = 1,460 \text{ kg}$$

$$S_f \text{ (efetivo)} = 0,557 * 0,54 + 1,016 * 0,46 = 0,7681 \text{ kg}$$

$$S \text{ (efetivo)} = (1,460 + 0,7681)/2 = 1,114 \text{ kg}$$

$$S \text{ (esperado)} - S \text{ (efetivo)} = 1,257 - 1,114 = 0,143 \text{ kg}$$

# Intervalo de Gerações

- Idade média dos pais quando os filhos nascem.

# Intervalo de gerações

**Exemplo:** Suponham duas populações ovinas “A” e “B”.

No rebanho “A” os animais são acasalados mais cedo e não se mantêm fêmeas com mais de 5 anos. Cada ano são usados 10 carneiros de 2 anos e 10 de 3 anos.

No rebanho “B” os animais são acasalados mais tarde e as fêmeas são utilizadas até 6 anos. São usados 8 carneiros de 3 anos, 8 de 4 anos e 4 de 5 anos.

Vamos supor que todos os machos deixem o mesmo número de descendentes.

# Intervalo de gerações

| Para as fêmeas    |                         |    |
|-------------------|-------------------------|----|
| Idade das ovelhas | % de cordeiros nascidos |    |
|                   | A                       | B  |
| 2                 | 15                      | 0  |
| 3                 | 30                      | 20 |
| 4                 | 30                      | 25 |
| 5                 | 25                      | 30 |
| 6                 | 0                       | 25 |

População A

$$I_f = \frac{2 * 15 + 3 * 30 + 4 * 30 + 5 * 25}{100} = 3,65 \text{ anos}$$

População B

$$I_f = \frac{3 * 20 + 4 * 25 + 5 * 30 + 6 * 25}{100} = 4,6 \text{ anos}$$

# Intervalo de gerações

## Para os machos

| Idade dos<br>carneiros | % de cordeiros nascidos |          |
|------------------------|-------------------------|----------|
|                        | A                       | B        |
| 2                      | 50                      |          |
| 3                      | 50                      | 40 (2/5) |
| 4                      | 0                       | 40 (2/5) |
| 5                      | 0                       | 20 (1/5) |

População A

$$I_m = \frac{2 * 50 + 3 * 50}{100} = 2,50 \text{ anos}$$

População B

$$I_m = \frac{3 * 40 + 4 * 40 + 5 * 20}{100} = 3,8 \text{ anos}$$

## Intervalo de gerações população “A”:

$$I_f = \frac{2 * 15 + 3 * 30 + 4 * 30 + 5 * 25}{100} = 3,65 \text{ anos}$$

$$I_m = \frac{2 * 50 + 3 * 50}{100} = 2,50 \text{ anos}$$

$$I = \frac{3,65 + 2,50}{2} = 3,075 \text{ anos}$$

## Intervalo de gerações população “B”:

$$I_f = \frac{3 * 20 + 4 * 25 + 5 * 30 + 6 * 25}{100} = 4,6 \text{ anos}$$

$$I_m = \frac{3 * 40 + 4 * 40 + 5 * 20}{100} = 3,8 \text{ anos}$$

$$I = \frac{4,6 + 3,8}{2} = 4,2 \text{ anos}$$

---

## **Intervalo de gerações típicos para várias espécies (anos)**

---

|                          | <b>Machos</b>    | <b>Fêmeas</b>    |
|--------------------------|------------------|------------------|
| <b>Bovinos de corte</b>  | <b>3 - 6</b>     | <b>4 - 6</b>     |
| <b>Bovinos leiteiros</b> | <b>3 - 7</b>     | <b>4 - 5</b>     |
| <b>Ovinos</b>            | <b>2 - 3</b>     | <b>4 - 5</b>     |
| <b>Suíños</b>            | <b>1,5 - 2,5</b> | <b>1,5 - 2,5</b> |
| <b>Aves</b>              | <b>1 - 1,5</b>   | <b>1 - 1,5</b>   |
| <b>Equinos</b>           | <b>8 - 12</b>    | <b>8 - 12</b>    |

---

# Equação Chave

## 1- Machos *versus* Fêmeas

$$R = \Delta G = \frac{(r_{A\hat{A}_m} i_m + r_{A\hat{A}_f} i_f) \sigma_A}{L_m + L_f}$$

$r_{A\hat{A}_m}$  = acurácia de predição nos machos

$i_m$  = intensidade de seleção nos machos

$r_{A\hat{A}_f}$  = acurácia de predição nas fêmeas

$i_f$  = intensidade de seleção nas fêmeas

$\sigma_A$  = desvio padrão genético

$L_m$  = intervalo de gerações nos machos

$L_f$  = intervalo de gerações nas fêmeas

## Gado de Leite – 4 passos

- 1) Touros para produzir touros
- 2) Touros para produzir vacas (mães)
- 3) Vacas para produzir touros
- 4) Vacas para produzir vacas (mães)

$$\Delta G = \frac{\left( r_{A\hat{A}_1} i_1 + r_{A\hat{A}_2} i_2 + r_{A\hat{A}_3} i_3 + r_{A\hat{A}_4} i_4 \right) \sigma_A}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}$$

## Aumento do Ganho Genético

- Aumentar a acurácia
- Aumentar a intensidade de seleção
  - poucas características
  - ↑ eficiência reprodutiva
  - ↓ taxa de reposição
- Diminuir o intervalo de gerações
  - ↓ idade 1º parto
  - ↓ intervalo entre partos
  - menor permanência dos animais no rebanho

# “PROBLEMAS”

→ Acurácia x Intervalo de gerações

↓ Intervalo de gerações



↓ Acurácia

→ Acurácia x Intensidade

↑ Acurácia ➡ ↓ Intensidade

Ex: Teste de progênie

→ Intensidade x Intervalo de gerações

↓ Intervalo de gerações ➡ ↓ Intensidade

→ Intensidade x Risco

Ex: I.A.