

# Genética na agropecuária - 7ª ed.

---

## SUMÁRIO

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1 Importância do estudo da Genética</b>                    | <b>11</b>  |
| 1.1 Introdução                                                | 13         |
| 1.2 A Genética e sua importância                              | 14         |
| <b>2 Variação e seu significado biológico</b>                 | <b>25</b>  |
| 2.1 Introdução                                                | 27         |
| 2.2 Conservação da variabilidade genética                     | 28         |
| 2.2.1 Conservação in situ                                     | 29         |
| 2.2.2 Conservação ex situ                                     | 30         |
| 2.3 Conservação da variabilidade genética no Brasil           | 32         |
| 2.4 Conservação da variabilidade genética no mundo            | 32         |
| Problemas propostos                                           | 35         |
| <b>3 Genética molecular</b>                                   | <b>37</b>  |
| 3.1 Introdução                                                | 39         |
| 3.2 Natureza química da molécula hereditária                  | 39         |
| 3.3 Composição química e estrutura dos ácidos nucleicos       | 44         |
| 3.3.1 DNA                                                     | 44         |
| 3.3.2 RNA                                                     | 50         |
| 3.3.2.1 RNA mensageiro (mRNA)                                 | 51         |
| 3.3.2.2 RNA ribossômico (rRNA)                                | 51         |
| 3.3.2.3 RNA transportador (tRNA)                              | 51         |
| 3.4 Funções dos ácidos nucleicos                              | 53         |
| 3.4.1 Replicação do DNA                                       | 53         |
| 3.4.2 Transcrição - Síntese de RNA                            | 60         |
| 3.4.3 Tradução - Biossíntese da cadeia polipeptídica          | 64         |
| 3.5 Manifestação fenotípica                                   | 79         |
| 3.6 Origem da variabilidade genética                          | 80         |
| 3.6.1 Substituição de bases                                   | 80         |
| 3.6.2 Mutação por mudança de matriz de leitura                | 83         |
| 3.7 Genes, alelos e DNA                                       | 85         |
| Problemas propostos                                           | 88         |
| <b>4 Organização da informação genética e divisão celular</b> | <b>89</b>  |
| 4.1 Introdução                                                | 91         |
| 4.2 Divisão celular                                           | 96         |
| 4.3 Consequências genéticas da mitose                         | 100        |
| 4.4 Formação dos gametas                                      | 101        |
| 4.5 Consequências genéticas da meiose                         | 110        |
| Problemas propostos                                           | 113        |
| <b>5 Mendelismo</b>                                           | <b>115</b> |
| 5.1 Introdução                                                | 117        |
| 5.2 Etapas no estudo do controle genético de um caráter       | 117        |
| 5.2.1 Escolha do material                                     | 117        |

|          |                                                                              |            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.2    | Condução do experimento                                                      | 117        |
| 5.2.3    | Proposição e teste da hipótese do controle genético do caráter               | 119        |
| 5.2.4    | Interpretação genética dos resultados obtidos                                | 120        |
| 5.3      | Conceitos comumente utilizados pelos geneticistas                            | 122        |
| 5.4      | Estudo do controle genético em animais                                       | 124        |
| 5.5      | Lei da distribuição independente                                             | 126        |
| 5.6      | Generalizações das proporções mendelianas                                    | 129        |
| 5.7      | Modo prático para determinação dos gametas e dos descendentes de cruzamentos | 130        |
|          | Problemas propostos                                                          | 138        |
| <b>6</b> | <b>Interações alélicas e não-alélicas</b>                                    | <b>143</b> |
| 6.1      | Introdução                                                                   | 145        |
| 6.2      | Interações alélicas                                                          | 145        |
| 6.2.1    | Dominância completa                                                          | 145        |
| 6.2.2    | Dominância incompleta                                                        | 146        |
| 6.2.3    | Codominância                                                                 | 148        |
| 6.3      | Interações gênicas ou não-alélicas                                           | 150        |
| 6.3.1    | Epistasia recessiva                                                          | 153        |
| 6.3.2    | Epistasia recessiva dupla                                                    | 154        |
| 6.3.3    | Epistasia dominante                                                          | 156        |
| 6.3.4    | Epistasia recessiva e dominante                                              | 157        |
| 6.4      | Aumentando a complexidade                                                    | 160        |
|          | Problemas propostos                                                          | 163        |
| <b>7</b> | <b>Biometria</b>                                                             | <b>167</b> |
| 7.1      | Introdução                                                                   | 169        |
| 7.2      | Leis de probabilidade                                                        | 169        |
| 7.3      | Distribuição de probabilidade                                                | 170        |
| 7.3.1    | Distribuição binomial                                                        | 170        |
| 7.3.2    | Distribuição polinomial                                                      | 174        |
| 7.4      | Probabilidade de se obter uma determinada combinação genotípica              | 176        |
| 7.5      | Teste de significância - teste Qui-Quadrado - $X^2$                          | 178        |
|          | Problemas propostos                                                          | 182        |
| <b>8</b> | <b>Alelismo múltiplo</b>                                                     | <b>185</b> |
| 8.1      | Alelismo múltiplo e a variabilidade das populações                           | 187        |
| 8.2      | Exemplos de alelismo múltiplo em animais                                     | 189        |
| 8.3      | Exemplos de alelismo múltiplo em plantas                                     | 194        |
| 8.4      | Teste de alelismo                                                            | 202        |
|          | Problemas propostos                                                          | 205        |
| <b>9</b> | <b>Ligação, permuta genética e pleiotropia</b>                               | <b>207</b> |
| 9.1      | Introdução                                                                   | 209        |
| 9.2      | Estimativa da Frequência de Recombinação (FR)                                | 212        |
| 9.3      | Bases cromossômicas da permuta                                               | 216        |
| 9.4      | Mapa genético                                                                | 219        |
| 9.4.1    | Teste de três pontos                                                         | 219        |
| 9.4.2    | Elaboração do mapa genético                                                  | 223        |
| 9.4.3    | Emprego dos mapas genéticos                                                  | 224        |
| 9.5      | Pleiotropia                                                                  | 226        |
| 9.6      | Correlação genética e seleção indireta                                       | 228        |

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Problemas propostos                                                                               | 230        |
| <b>10 Efeitos do ambiente na expressão gênica</b>                                                 | <b>235</b> |
| 10.1 Introdução                                                                                   | 237        |
| 10.2 Efeitos do ambiente na manifestação fenotípica                                               | 237        |
| 10.2.1 Efeitos da temperatura                                                                     | 237        |
| 10.2.2 Efeitos da luz                                                                             | 237        |
| 10.2.3 Efeitos da nutrição                                                                        | 238        |
| 10.2.4 Efeitos hormonais                                                                          | 239        |
| 10.3 Penetrância e expressividade                                                                 | 240        |
| 10.4 Interação genótipos x ambientes                                                              | 240        |
| 10.5 Estimativas de contribuição do efeito dos genótipos, ambientes e da interação genótipos x... | 242        |
| Problemas propostos                                                                               | 245        |
| <b>11 Herança e sexo</b>                                                                          | <b>251</b> |
| 11.1 Introdução                                                                                   | 253        |
| 11.2 Determinação do sexo pelas condições ambientais                                              | 253        |
| 11.3 Determinação genética do sexo                                                                | 254        |
| 11.3.1 Sistema sexual XY                                                                          | 254        |
| 11.3.2 Sistema sexual XO                                                                          | 254        |
| 11.3.3 Sistema sexual ZW                                                                          | 255        |
| 11.4 Genes masculinizantes e feminilizantes                                                       | 256        |
| 11.5 Evolução dos cromossomos sexuais                                                             | 258        |
| 11.6 Determinação do sexo em abelhas                                                              | 259        |
| 11.7 Ginandromorfos                                                                               | 260        |
| 11.8 Determinação do sexo em plantas                                                              | 261        |
| 11.9 Hereditariedade em relação ao sexo                                                           | 262        |
| 11.9.1 Herança ligada aos cromossomos sexuais                                                     | 263        |
| 11.9.2 Herança influenciada pelo sexo                                                             | 266        |
| 11.9.3 Herança limitada pelo sexo                                                                 | 267        |
| Problemas propostos                                                                               | 268        |
| <b>12 Genética quantitativa</b>                                                                   | <b>271</b> |
| 12.1 Introdução                                                                                   | 273        |
| 12.2 Hipótese dos fatores múltiplos - Poligenes                                                   | 273        |
| 12.3 Interações alélicas                                                                          | 279        |
| 12.3.1 Interação aditiva                                                                          | 280        |
| 12.3.2 Interação de dominância                                                                    | 285        |
| 12.3.3 Interação de sobredominância                                                               | 287        |
| 12.3.4 Heterose                                                                                   | 288        |
| 12.4 Predição da média de um caráter em populações obtidas por cruzamento                         | 293        |
| 12.5 Emprego de variância no estudo dos caracteres quantitativos                                  | 303        |
| 12.5.1 Estimativa dos componentes da variância                                                    | 303        |
| 12.5.2 Estimativa da herdabilidade e ganho com a seleção                                          | 303        |
| Problemas propostos                                                                               | 313        |
| <b>13 Genética de populações</b>                                                                  | <b>319</b> |
| 13.1 Introdução                                                                                   | 321        |
| 13.2 Frequências alélicas e genotípicas                                                           | 321        |
| 13.3 Equilíbrio genotípico das populações                                                         | 322        |
| 13.4 Teste de equilíbrio de Hardy-Weinberg                                                        | 324        |

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 13.5 Estimativa das frequências alélicas com dominância completa .....                | 325        |
| 13.6 Fatores que alteram as frequências alélicas e genotípicas de uma população ..... | 325        |
| 13.6.1 Seleção .....                                                                  | 326        |
| 13.6.2 Migração .....                                                                 | 329        |
| 13.6.3 Mutação .....                                                                  | 330        |
| 13.6.4 Processo dispersivo .....                                                      | 330        |
| 13.6.5 Seleção com endogamia .....                                                    | 333        |
| Problemas propostos .....                                                             | 337        |
| <b>14 Alterações cromossômicas numéricas e estruturais .....</b>                      | <b>339</b> |
| 14.1 Introdução .....                                                                 | 341        |
| 14.2 Alterações cromossômicas numéricas .....                                         | 341        |
| 14.2.1 Euploidia .....                                                                | 341        |
| 14.2.1.1 Autopoliploides .....                                                        | 342        |
| 14.2.1.2 Aloploploides .....                                                          | 344        |
| 14.2.1.3 Ocorrência da poliploidia .....                                              | 346        |
| 14.2.2 Aneuploidia .....                                                              | 346        |
| 14.3 Alterações cromossômicas estruturais .....                                       | 350        |
| 14.3.1 Deficiência - deleção .....                                                    | 351        |
| 14.3.2 Duplicações .....                                                              | 351        |
| 14.3.3 Inversões .....                                                                | 354        |
| 14.3.4 Translocações .....                                                            | 356        |
| Problemas propostos .....                                                             | 360        |
| <b>15 A genética e a evolução .....</b>                                               | <b>363</b> |
| 15.1 Introdução .....                                                                 | 365        |
| 15.2 Processo que cria variabilidade - mutação .....                                  | 365        |
| 15.3 Processos que ampliam a variabilidade .....                                      | 366        |
| 15.3.1 Recombinação genética .....                                                    | 366        |
| 15.3.2 Hibridação .....                                                               | 367        |
| 15.3.3 Alterações na estrutura e no número de cromossomos .....                       | 368        |
| 15.3.4 Fluxo gênico .....                                                             | 369        |
| 15.4 Processos que orientam as populações para maior adaptação .....                  | 369        |
| 15.4.1 Seleção natural .....                                                          | 369        |
| 15.4.2 Deriva genética .....                                                          | 376        |
| 15.4.3 Isolamento reprodutivo .....                                                   | 377        |
| 15.5 Especiação .....                                                                 | 379        |
| 15.6 Conceito de alguns termos .....                                                  | 382        |
| <b>16 Efeito materno e herança extracromossômica .....</b>                            | <b>385</b> |
| 16.1 Introdução .....                                                                 | 387        |
| 16.2 Efeito materno .....                                                             | 387        |
| 16.3 Herança extracromossômica .....                                                  | 390        |
| 16.3.1 Genes do plasto .....                                                          | 390        |
| 16.3.2 Genes da mitocôndria .....                                                     | 392        |
| 16.4 Diferença entre efeito materno e herança extracromossômica .....                 | 397        |
| Problemas propostos .....                                                             | 398        |
| <b>17 Biotecnologia .....</b>                                                         | <b>403</b> |
| 17.1 Introdução .....                                                                 | 405        |
| 17.2 Técnicas biotecnológicas aplicadas aos vegetais .....                            | 405        |

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 17.2.1 Cultura de tecidos .....                                                       | 405        |
| 17.2.1.1 Limpeza viral - cultura de meristema .....                                   | 406        |
| 17.2.1.2 Multiplicação clonal - cultura de gemas ou segmentos nodais .....            | 406        |
| 17.2.1.3 Manutenção de germoplasma - cultivo em meio mínimo .....                     | 407        |
| 17.2.1.4 Obtenção de haploides e duplos haploides - cultura de anteras e óvulos ..... | 407        |
| 17.2.1.5 Obtenção de híbridos interespecíficos - cultura de embriões .....            | 409        |
| 17.2.1.6 Seleção in vitro - variação somaclonal .....                                 | 409        |
| 17.2.2 Obtenção de híbridos somáticos - fusão de protoplastos .....                   | 410        |
| 17.2.3 Tecnologia do DNA recombinante - Engenharia Genética .....                     | 411        |
| 17.2.3.1 Obtenção de plantas transgênicas .....                                       | 413        |
| 17.3 Técnicas biotecnológicas aplicadas aos animais domésticos .....                  | 421        |
| 17.3.1 Inseminação Artificial (IA) .....                                              | 421        |
| 17.3.2 Transferência de Embriões (TE) .....                                           | 421        |
| 17.3.3 Sexagem de espermatozoides e embriões .....                                    | 423        |
| 17.3.4 Cultura de tecidos de animais e o emprego de células tronco .....              | 424        |
| 17.3.5 Clonagem de animais .....                                                      | 424        |
| Problemas propostos .....                                                             | 426        |
| <b>18 Marcadores moleculares .....</b>                                                | <b>427</b> |
| 18.1 Introdução .....                                                                 | 429        |
| 18.2 Marcadores morfológicos .....                                                    | 429        |
| 18.3 Marcadores moleculares .....                                                     | 429        |
| 18.3.1 Microsatélites ou SSR (Simple Sequence Repeat) .....                           | 434        |
| 18.3.2 SNP - Polimorfismo de nucleotídeo único .....                                  | 437        |
| 18.4 Emprego dos marcadores moleculares .....                                         | 438        |
| 18.4.1 Teste de paternidade .....                                                     | 438        |
| 18.4.2 Determinação da pureza varietal e do fluxo gênico .....                        | 438        |
| 18.4.3 Estimativa da taxa de cruzamento .....                                         | 439        |
| 18.4.4 Diversidade genética .....                                                     | 439        |
| 18.4.5 Escolha de genitores .....                                                     | 439        |
| 18.4.6 Organização de germoplasma .....                                               | 439        |
| 18.4.7 Seleção assistida em retrocruzamento .....                                     | 440        |
| 18.4.8 Seleção assistida por marcadores .....                                         | 441        |
| 18.4.9 Construção de mapa molecular e identificação de QTL .....                      | 442        |
| <b>Respostas dos problemas propostos .....</b>                                        | <b>443</b> |
| <b>Glossário .....</b>                                                                | <b>463</b> |
| <b>Referências .....</b>                                                              | <b>499</b> |