

Variedades de cor em Diamantes de Gould (*Erythrura gouldiae*)

Introdução

O Diamante de Gould (*Erythrura gouldiae*) é uma ave exótica, originária do continente australiano com uma grande dispersão entre os criadores. As cores vivas e intensas, naturais da espécie, têm atraído a atenção dos criadores sendo actualmente uma das espécies de exóticos mais comuns em cativeiro. Além da coloração normal existem, actualmente, diversas variedades de cor resultantes da criação selectiva e fixação de várias mutações responsáveis pela alteração da cor da plumagem.

O presente artigo tem por objectivo apresentar as bases da formação de cor na espécie, analisando as diferentes variedades de cor existentes e o seu fundamento. Desta forma pretende-se contribuir para uma melhor compreensão do como são formadas as diferentes cores e quais as alterações provocadas por cada mutação.

Uma vez conhecidos os princípios básicos responsáveis pela formação da cor da plumagem nas diferentes zonas, e quais as suas modificações, é possível enquadrar os diferentes processos de selecção da forma mais adequada.

Verde (clássico)

A cor natural da espécie é produzida por um conjunto de pigmentos e a estrutura da plumagem. Na coloração clássica são visíveis regiões de cor verde, amarela, azul, cinzenta, preta e branca.

Os pigmentos presentes podem ser divididos em pigmentos melânicos (eumelanina e feomelanina) e lipocrómicos (luteína e cataxantina/astaxantina).

A eumelanina produz as cores negro e cinzento, localizando-se, em concentrações variáveis, na região medular das barbas. Encontra-se distribuída por toda a plumagem, sendo ainda responsável pela maior ou menor luminosidade da cor visível.

A feomelanina apresenta a mesma localização medular estando contudo concentrada sobretudo na região das penas do peito. Existe uma pequena quantidade distribuída pela restante plumagem de forma difusa. Produz as cores castanho-vermelho, (ruivos) e roxo.

Os pigmentos carotenóides (de origem endógena) são depositados na camada cortical exterior das barbas. Estão na origem das regiões de cor amarela, laranja ou vermelha. As regiões brancas são o resultado de ausência de pigmentos.

Na figura 1 é apresentado um esquema da distribuição dos pigmentos e dos mecanismos de formação de cor visível na série verde, de acordo com a luz branca incidente.

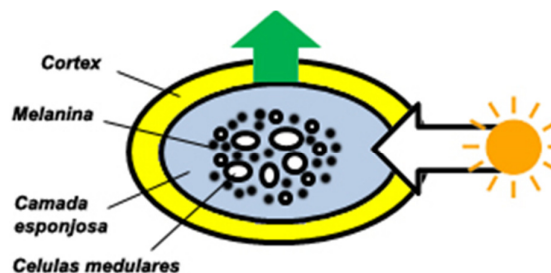


Figura 1. Representação da composição da pena ao nível das barbas e dos mecanismos de formação da cor verde.

Pode observar-se no esquema que a cor verde é produzida pelo conjunto da radiação azul, desviada na região esponjosa, com a cor amarela da porção cortical com carotenóides. A concentração medular de melaninas produz cores mais ou menos claras. Quando existe uma grande concentração de melanina verifica-se absorção total da luz incidente, sendo produzida a cor preto. Nas zonas em que não existe melanina observa-se reflexão total da luz incidente sendo produzida cor branca ou do carotenóide presente.

Cores de cabeça

Existem três variedades de cor de cabeça: vermelho, laranja e preto. A cabeça vermelha é considerada a forma ancestral tendo as cabeças laranja e preta surgido por mutação subsequente. Esta observação é comprovada pela comparação da estrutura das penas ornamentais entre aves de cabeça preta e cabeça vermelha.

No caso da cabeça vermelha a plumagem da cabeça apresenta uma região apical mais desenvolvida, onde são depositados os pigmentos carotenóides. Esta região não existe nas penas das aves de cabeça preta.

Considera-se portanto que terá ocorrido, por mutação, uma alteração estrutural que resultou na perda da região carotenóide da plumagem do tipo ornamental da cabeça, produzindo aves de cabeça preta. A cabeça laranja, por seu lado, é produzida por carotenóides do tipo luteína, cuja conversão em a-carotenóide vermelho não é realizada totalmente.

As diferenças de coloração entre machos e fêmeas estão também relacionadas com modificações da estrutura das penas, sendo a região apical com

carotenóides mais curta na plumagem da cabeça nas fêmeas, resultando em cores mais escuras.

Na figura 2 é representado um esquema dos processos de formação das cores da cabeça.

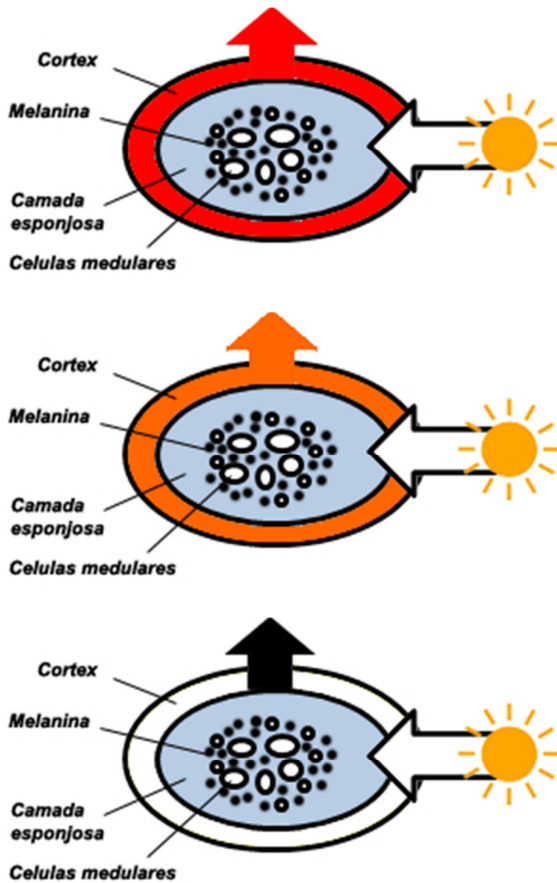


Figura 2. Representação da composição da pena ao nível das barbas e dos mecanismos de formação da cor de cabeça.

Mutações de eumelanina

As mutações de eumelanina podem ser divididas em dois grandes tipos: quantitativas e qualitativas. Enquanto nas primeiras se verifica uma alteração da quantidade normal de pigmentos melânicos presentes, nas segundas há uma mudança do tipo de melanina ou na eficácia do pigmento formado.

São exemplos de mutações qualitativas o canela e de mutações quantitativas de eumelanina o Pastel.

Canela (Z^{cin})

O gene canela é responsável pela incapacidade de completar a via de síntese da eumelanina. Assim formam-se pigmentos melânicos que não são totalmente oxidados, resultando numa cor castanha e não negra. É um factor do tipo recessivo ligado ao sexo (SLr). Distingue-se pela presença de castanho em vez de negro observável, em particular, na

coloração das penas primárias, cujo contorno exhibe pigmento castanho facilmente observável. A cor resultante é um verde-musgo, menos brilhante e mais acastanhado em relação ao verde normal.

Pastel (Z^{Pa})

O factor pastel caracteriza-se por uma redução parcial de eumelanina em todo o corpo, provocada por uma mutação genética do tipo dominante incompleta ligada ao sexo (SLd). Trata-se de uma mutação qualitativa da eumelanina em que ocorre a produção de grânulos melânicos anormais.

Ino (Z^{ino})

O factor ino tem sido alvo de alguma controvérsia quanto à sua origem. Não é ainda claro se existem um ou mais factores designados por ino e se estes serão resultado de mutação espontânea ou através de transmutação com mutações de espécies próximas, nomeadamente o Diamante papagaio de face azul (*E. trichroa*).

Existem motivos para apoiar ambas as possibilidades pelo que esta situação, assim como uma possível ligação alélica com o factor pastel, deveria ser alvo de mais pesquisas. Inicialmente, as linhas ino existentes na europa, produziam apenas exemplares com cabeça branca, mesmo na série ino verde. Esta situação não se enquadra com a actuação normal da mutação SLino, uma vez que, no caso da cabeça vermelha ou laranja, isso requereria também um efeito sobre os carotenóides. Passadas algumas gerações foram já produzidos exemplares ino nas três cores de cabeça. Visto que o padrão de transmissão genética é o de uma mutação recessiva ligado ao sexo (SLr), não está documentado se existiu recombinação natural por *crossing-over* com os genes responsáveis pela cor de cabeça, também localizados no cromossoma Z.

A figura 3 representa a formação simplificada da cor amarela produzida pela redução ou ausência de melaninas nas aves de coloração pastel e ino.

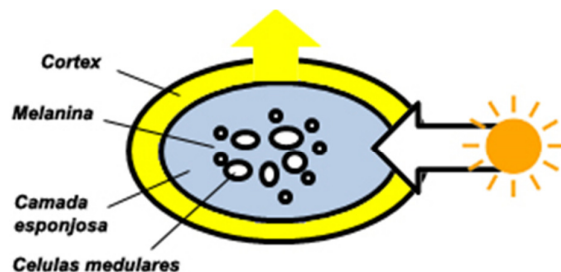


Figura 3. Representação da composição da pena ao nível das barbas e dos mecanismos de formação da cor amarela.

Devido ao surgimento de diversos exemplares fenotipicamente duvidosos com características simultâneas aos factores ino e pastel coloca-se a possibilidade de estes constituírem uma série alélica ou a existência de algum tipo de acção intergénica, potenciada por *crossing-over*.

Mutações de feomelanina

A feomelanina está concentrada sobretudo nas penas na região do peito. Existe uma quantidade adicional de feomelanina dispersa na plumagem, representando esta até cerca de 10% das melaninas totais. As mutações de feomelanina conhecidas nesta espécie funcionam, pelo que se supõe, por inibição selectiva da via feomelânica alternativa no processo de síntese da eumelanina. Existem dois alelos mutados, designados por peito branco e peito lilás, que originam, respectivamente, uma inibição total ou parcial da feomelanina.

Peito branco (wb^{wb})

O peito branco, como o nome indica, reduz totalmente a feomelanina, resultando numa mancha do peito de cor branca. A redução é visível sobretudo no peito - a principal região de concentração feomelânica - embora também afecte a expressão de feomelanina nas restantes zonas do corpo onde possa existir. É do tipo recessivo autossómico (AUr).

A figura 4 mostra a formação da cor do peito branco por redução total da feomelanina em comparação com a cor normal do peito roxo.

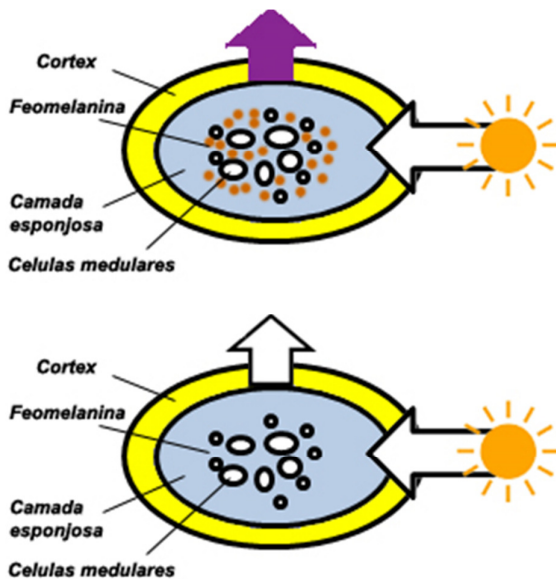


Figura 4. Representação da composição da pena ao nível das barbas e dos mecanismos de formação da cor do peito.

Peito lilás (wb^{lb})

A redução da feomelanina a cerca de metade da concentração normal é provocada pelo alelo peito lilás, formando uma tonalidade roxo-lilás muito menos intensa que a cor normal do peito nos machos. No caso das fêmeas, embora a redução se verifique na mesma proporção, esta variação é menos visível. De forma a evitar possíveis dúvidas com a coloração normal ou insuficiente, não são aceites em exposição fêmeas peito lilás. O alelo peito lilás é do tipo recessivo autossómico (AUr) fazendo parte da série alélica do *locus wb*. Na ordem de dominância intragénica é recessivo para o peito roxo e dominante sobre o peito branco ($wb^+ > wb^{lb} > wb^{wb}$).

Mutações de carotenóides

A alteração dos carotenóides pode ser realizada tanto no tipo como na quantidade. São exemplos da alteração dos carotenóides o cabeça laranja e as mutações da série azul.

Cabeça laranja (oh)

No cabeça laranja verifica-se que a síntese endógena de astaxantinas é incompleta, não se formando um pigmento totalmente vermelho como normal.

É uma mutação do tipo autossómico recessivo (AUr) sendo no entanto de realçar que existe uma relação intergénica de dependência com a estrutura da plumagem ornamental da cabeça. Desta forma, o cabelo laranja apenas se pode manifestar em aves de cabeça vermelha, cuja plumagem da cabeça mantém a região apical de deposição carotenóide.

Conclui-se portanto que todas as aves de cabeça laranja visível são, geneticamente, também de cabeça vermelha. Em aves de cabeça preta, a ausência desta região impede a visualização do cabelo laranja. A identificação destes exemplares pode ser feita pela coloração do bico, no qual a coloração vermelha típica é também substituída por amarelo.

Série azul (*locus bl*)

O *locus bl* é responsável em várias espécies pelos mecanismos de controlo da deposição de carotenóides. Embora este seja o processo mais simples de explicação da formação da cor azul, existem na realidade outros mecanismos. Um aspecto importante parece ser a alteração da dimensão das células medulas e a interferência

destas na reflexão selectiva da luz branca incidente em comprimentos de onda acima dos 470nm.

Existem várias mutações do *locus* bl, pelo que se trata de uma série alélica.

Azul (bl^{bl})

O factor azul caracteriza-se por uma redução total de carotenóides, provocada por uma mutação genética do tipo recessivo autossómico (AUr), associada a *locus* bl. Trata-se portanto de uma mutação “azul verdadeira”.

Esta mutação não afecta as melaninas. Como é eliminada a camada cortical de carotenóide amarelo, a luz azul que é reflectida não interage com o amarelo e por isso é visível apenas como cor azul. Uma vez que há uma redução total de carotenóides, todos os pigmentos amarelo, laranja e vermelhos são afectados ficando brancos. A existência de um azul verdadeiro na espécie carece ainda de confirmação.

“Azul” turquesa (azul parcial - bl^{td})

No caso do Diamante de Gould, a mutação designada por azul trata-se na verdade de uma mutação “azul” turquesa, que provoca uma redução de 90-95% dos carotenóides. Esta observação é confirmada pela cor do abdómen (bege e não branco) e da cabeça salmão nas aves de cabeça vermelha e laranja. Por questões de denominação deverá portanto ser referida como “azul” (turquesa).

A mutação azul que observamos na espécies é, por isso, uma mutação “azul parcial” (*partial-blue*).

Verde mar ou aqua (azul parcial - bl^{sg} ou bl^{aq})

O verde mar é caracterizado por uma redução parcial de carotenóides (60-70%), tratando-se de um alelo do *locus* bl, provocado também por uma mutação genética do tipo recessivo autossómico (AUr). Corresponde, portanto a uma mutação do tipo aqua. Esta alteração não afecta melaninas e as células medulares apresentam o mesmo tipo de modificação de tamanho que no caso do “azul”. A diferença está na redução parcial dos carotenóides na camada cortical. Pelo mesmo processo que ocorre nas aves turquesa, a luz azul é dispersa e reflectida de forma selectiva nas células medulares. Quando esta luz azul atravessa a camada cortical, onde ainda está presente uma pequena quantidade de pigmento carotenóide amarelo, forma-se o tom verde azulado típico desta variedade.

O esclarecimento da verdadeira forma de actuação da série azul, em particular a distinção entre o azul

e azul turquesa deverá ser ainda objecto de estudos mais aprofundados. Na figura 5 é representada a formação das cores azul e verde mar (aqua).

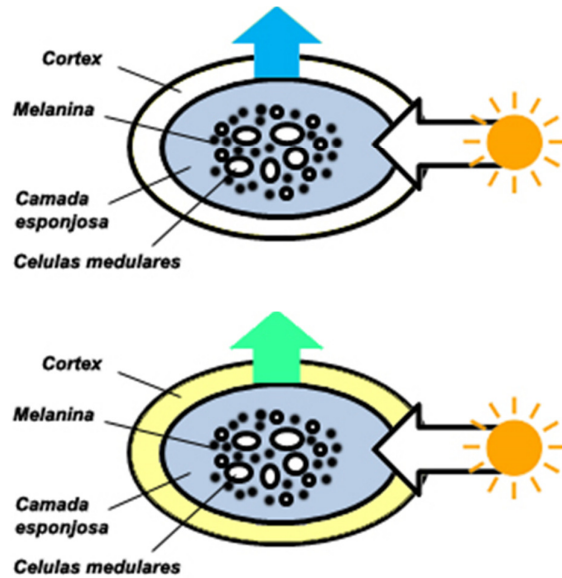


Figura 5. Representação da composição da pena ao nível das barbas e dos mecanismos de formação das cores azul ou “azul” (turquesa) e verde mar (aqua), com redução total ou quase total e parcial do carotenóide cortical, respectivamente.

Mutações estruturais

As mutações estruturais são responsáveis por alteração não dos pigmentos mas da composição das próprias penas. Essa alteração pode, por seu lado afectar a forma como os pigmentos se distribuem tanto de forma localizada como generalizada.

São exemplos de mutações estruturais o cabeça preta e o factor escuro.

Cabeça preta (X^{bh})

Das cores de cabeça existentes em Diamantes de Gould, o cabeça preta é produzido por uma alteração da estrutura das penas da região da cabeça e máscara, que perdem a região apical onde se depositam os pigmentos carotenóides. Esta alteração é causada por uma mutação do tipo recessiva ligada ao sexo (SLr). O cabeça vermelha é, portanto, considerado do tipo dominante ligado ao sexo (SLD).

Factor escuro (b^D)

Embora seja comum em várias espécies, esta é uma alteração pouco conhecida e que pode muitas vezes passar despercebida. Trata-se de uma mutação do tipo autossómica dominante incompleta (aditiva) (AUd) na qual se verifica uma alteração da

estrutura da plumagem, em particular ao nível das bábulas e dos hâmulos. Pensa-se que surge, por analogia com o que se conhece de outras espécies, por mutação de um gene em ligação com o *locus* bl. Como resultado observa-se uma plumagem mais frágil, especialmente em aves de duplo factor escuro. Juntamente com essa modificação há uma acumulação de pigmento melânico ao nível das bábulas produzindo uma tonalidade mais escura.

Esta variedade pode surgir em combinação com qualquer outra mutação na série verde ou azul sendo muitas vezes confundida e descartada como sendo uma variação natural da intensidade de cor.

Mutações de distribuição

Na mutações de distribuição encontra-se alterada a forma como os pigmentos são distribuídos na plumagem. Este tipo de mutações é normalmente associado a formas de leucismo total ou parcial em que se verifica uma distribuição deficiente dos melanócitos pela epiderme.

Em aves com coloração melânica e lipocrómica, como é o caso, esta pode-se manifestar apenas em relação a melaninas ou a lipocromos, verificando-se portanto a ocorrência de dois tipos distintos de malhado.

Malhado recessivo (pi)

Forma típica de leucismo parcial, em que se observam manchas de plumagem sem coloração por ausência localizada de melanócitos, como consequência de alterações na migração dos melanócitos durante o decorrer do desenvolvimento embrionário. É importante distinguir que as aves malhadas conseguem produzir pigmentos de forma eficaz, embora estes não atinjam a plumagem. Trata-se de uma mutação do tipo autossómico recessivo (AUr), produzindo aves de coloração amarela geral, pelo que também é considerado por vezes como “amarelo recessivo”.

Malhado dominante (Pi)

Embora não se considere confirmada, não é de descartar, por analogia com outras espécies e mecanismo genéticos, a ocorrência de uma forma de malhado de natureza autossómica dominante (AUD), que se manifeste por ausência selectiva e localizada apenas de melaninas na plumagem.

Outras mutações e aberrações

Existem outras alterações na espécie que não são referidas em maior detalhe uma vez que são ou pouco comuns ou ainda mal conhecidas. São o

caso do *diluido* australiano (dil) e o *fallow* (a^{fa}), ambas formas autossómicas recessivas de redução de melaninas, o peito azul, de natureza ainda não esclarecida, e o cabeça azul, uma modificação da estrutura da plumagem da cabeça.

Combinações de mutações

É teoricamente possível a combinação de todas as mutações primárias atrás referidas. Contudo, por questões de interacção e facilidade de identificação nem todas as combinações são recomendáveis, em particular quando está em causa a produção de exemplares de exposição.

A separação principal deve ser feita entre aves da série verde e série azul. Como regra, não devem ser combinadas mutações de eumelanina. A separação relativamente clara das zonas de coloração (em particular da cabeça, peito e dorso) torna a formação de combinações bastante simples. Assim, são de evitar apenas as combinações dos factores canela, ino e pastel e destes dois últimos com factores escuros. A observação da cor de cabeça na série ino deve ter em consideração a possibilidade de ocorrência de aves com coloração de cabeça normal ou sempre de cabeça branca e a impossibilidade de manifestação de cor do peito. Na série azul deve ser dada especial atenção ao efeito dos diferentes alelos com diferentes níveis de redução de carotenóides.

Conclusão

Com este artigo pretende-se apresentar uma revisão das variedades de cor na espécie, fundamentando através da explicação das bases de formação da cor as alterações observadas e quais as combinações que devem ser procuradas ou evitadas para efeitos de exposição.

É um aspecto essencial a reter que qualquer ave de exposição deve permitir a correcta e fácil identificação da variedade de cor em causa, manifestando as características esperadas.

Os criadores da espécie devem ter sempre presente a referência à coloração normal e os mecanismos responsáveis pela formação da cor de cada zona, observando assim mais facilmente o efeito particular e expressão de cada mutação. Só desta forma se tornam possíveis uma melhor avaliação do valor das aves como reprodutores e a definição de objectivos e planos de selecção adequados.