

GENÉTICA DOS GATOS DOMÉSTICOS: PELAGENS CÁLICO E TORTOISESHELL

Diulara Ribeiro de Souza¹, Flávia Ferreira Araújo²

¹Discente no Curso de Medicina Veterinária – Universidade Salgado de Oliveira - Universo – Belo Horizonte/MG – Brasil – Contato: diulara.ribeiro@gmail.com
²Docente do Curso de Medicina Veterinária – Universidade Salgado de Oliveira - Universo – Belo Horizonte/MG – Brasil

INTRODUÇÃO

Há tempos, as resultantes do processo de domesticação dos animais vêm sendo alvo de estudos e é algo bastante complexo, pois precisa levar em conta a história biológica das espécies, bem como suas interações com o ambiente. (Ottoni *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2022). No caso dos felinos domésticos, sua domesticação acarretou impactos consideráveis, não só para seu estilo de vida, mas principalmente para sua aparência e biologia (Ottoni *et al.*, 2017).

Graças à Citogenética, fundamentos microscópicos da Citologia, como o transporte de genes durante a reprodução, as mutações e a variabilidade genética, ganharam luz e nos permitiram, por exemplo, a partir da análise de anomalias cromossômicas, compreender como o fenótipo de um gato pode ser indicador de sua capacidade reprodutiva (Costa *et al.*, 2017)

O objetivo desta revisão bibliográfica é mostrar como a interação do homem com o gato doméstico propiciou cruzamentos aparentados que, por sua vez, levaram a determinadas anomalias cromossômicas nos felinos machos, resultando em distúrbios reprodutivos. A manifestação de tais alterações genéticas pode ser observada nas pelagens tipo cálico e tortoiseshell.

METODOLOGIA

Para o presente trabalho, de revisão bibliográfica descritiva, foram utilizados artigos científicos, teses, dissertações de conclusão de curso e revistas técnico-científicas com publicações sobre a temática. As plataformas eletrônicas de pesquisa foram a Scientific Electronic Library Online (SciELO) e o Google Acadêmico, com buscas pelas palavras e expressões-chave: “aneuploidia”, “infertilidade em gatos”, “pelagem tricolor”, “citogenética pelagem gatos”. Como critério de inclusão, foram considerados estudos realizados entre 2009 e 2022, disponíveis em língua portuguesa, espanhola e inglesa. A coleta de dados ocorreu entre março e abril de 2023.

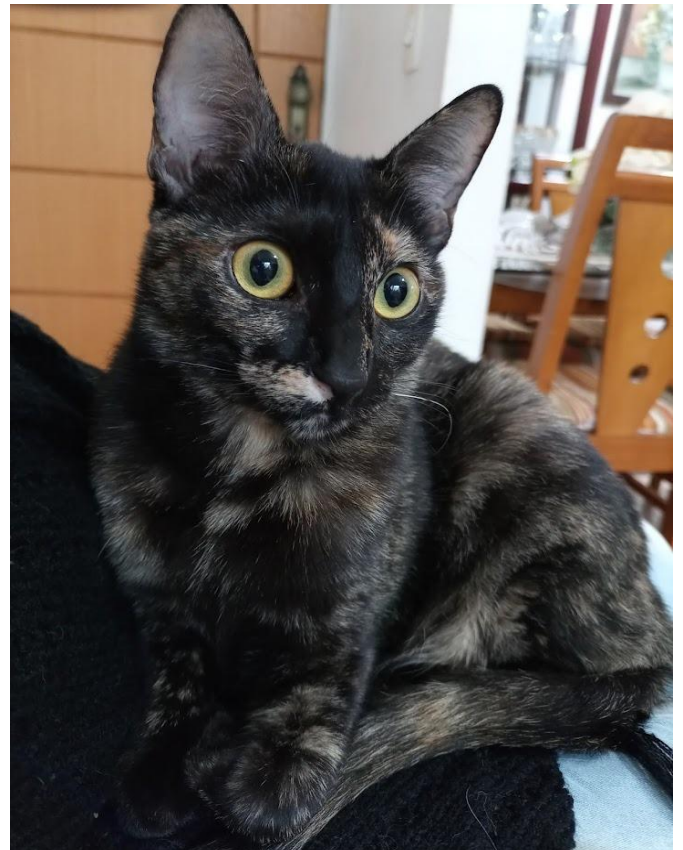
RESUMO DO TEMA

Relatos sobre a domesticação dos gatos remontam à antiguidade. Há registros de 10 mil anos atrás, feitos no oriente. No Egito, pinturas de quase 4 mil anos evidenciam a relação entre os homens e os gatos. Também há registros de navios, com destino à Europa, com gatos a bordo para controlar a presença de ratos, bem como relatos da interação dos romanos com os felinos. E foi assim que os gatos ganharam o mundo. Atualmente, eles estão em todos os continentes, exceto na Antártica (Driscoll *et al.*, 2009).

Ao longo desse processo histórico, os felinos passaram por várias transformações evolutivas, muitas das quais vêm sendo alvo de estudo

genética. Nesse sentido, marcadores de pelagem foram e continuam sendo discutidos e observados como tipos de herança e interações gênicas (Perez; Vargas; Mass, 2017) e são ferramentas para pesquisas sobre epistasias, codominância, genes letais e ligados ao sexo, por exemplo (Peñuela; et al.; 2016).

O felino doméstico possui uma considerável variação fenotípica na pelagem e a maioria dessas manifestações de cores se originaram através da seleção artificial, ou seja, de cruzamentos promovidos pelo homem, para satisfazer a seus interesses (Gandolfi; *et al.*, 2013; Ottoni, 2017). Dentre essas colorações estão as pelagens tortoiseshell (figura 1) e cálico (figura 2). Em 1904, 4 anos após a descoberta dos conceitos de dominante e recessivo, as pelagens tortoiseshell e cálico foram utilizadas para explicar esses dois conceitos (Silva *et al.*, 2019).



(figura 1 - Pelagem tortoiseshell - foto arquivo pessoal de Diulara Ribeiro)



(figura 2 - pelagem cálico - foto arquivo pessoal de Diulara Ribeiro)

Para se obter determinadas características, a partir de um cruzamento, ocorre um processo chamado endogamia (acasalamento de indivíduos aparentados) ou consanguinidade. Esses são animais com as mesmas características de interesse o que faz com que regiões idênticas do DNA fiquem em ambos os cromossomos (homozigose). A presença de muitas regiões homozigotas no DNA, ao mesmo tempo em que permite a fixação de características de interesse, também predispõe a incidência de variantes deletérias.(Samaha *et al.*, 2021; Pistorius *et al.*, 2021).

Segundo Blokker , 2021, erros durante a replicação celular é que faz com que todo ser vivo tenha variantes deletérias em seu DNA, mas se elas estiverem em heterozigose, ou seja, somente uma cópia em um dos cromossomos, a cópia saudável permite que a proteína gerada seja eficiente e exerça a sua função, mas no caso dos animais homozigotos, onde as duas cópias possuem a variante deletéria, seria expressa somente essa região alterada gerando consequências para o indivíduo.

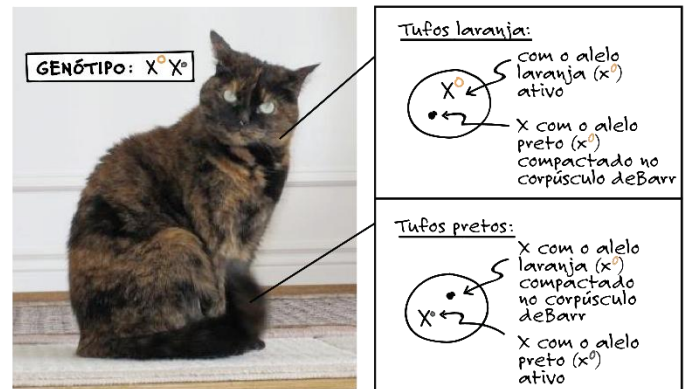
O sexo dos gatos é determinado por 1 dos seus 19 pares de cromossomos. Trata-se do par de cromossomos sexuais ou alossomos (X e Y), responsáveis pela transmissão de todas as informações genéticas para a formação do seu fenótipo. Já os outros 18 pares são chamados de autossomos. O gene autossômico é responsável pela cor branca, enquanto as cores preta e laranja estão localizadas no cromossomo sexual X (Pazza; Kavalco, 2015 e Costa *et al.*, 2017).

Uma fêmea for heterozigota, com apenas um X para a cor laranja, poderá ter ou a pelagem totalmente alaranjada, ou tortoiseshell (popularmente conhecida como escaminha ou casco de tartaruga) ou será de pelo cálico (pelagem tricolor: preta, laranja e branca). Mas se a fêmea for homozigota para a cor laranja, ou seja, apresentar o gene para a cor laranja nos dois X, então ela será de pelagem laranja. Já o gene para a cor branca é autossômico e não ligado ao X. Ele também é

epistático dominante tanto para manchas brancas (S) como para o branco total (W). (Rastan *et al.*, 2015).

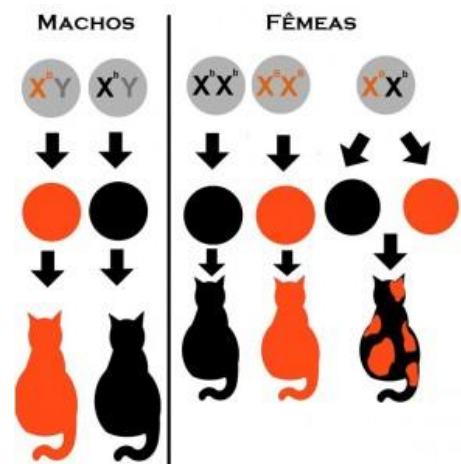
Pesquisas concluíram que as colorações cálico e tortoiseshell de gatas fêmeas, ocorrem devido a um fenômeno denominado inativação do cromossomo X, que ocorre quando, no início do desenvolvimento embrionário, um dos cromossomos X, seja materno ou paterno, é inativado aleatoriamente. (O processo de inativação do X foi descoberto pela geneticista britânica Mary F. Lyon, e algumas vezes é chamado de **lyonização** em sua homenagem). De acordo com a geneticista, é como se o cromossomo fosse amassado em uma bolinha para formar uma estrutura pequena e densa chamada de corpúsculo de Barr. E se um gene é inativado, ele não pode ser transcrito (Rastan *et al.*, 2015).

Na figura 3, vemos que se uma gata for heterozigota para alelos de pelagem preta e laranja, encontrados no cromossomo X, ela irá inativar os dois X, logo, os dois alelos do gene para essa cor de pelo. Nesse caso, o resultado, será um padrão de pelagem tortoiseshell, composto por tufos que se alternam entre preto e laranja. (Os tufos pretos vêm de grupos de células nas quais o X com o alelo para a cor preta está ativo, enquanto os tufos laranja vêm de células nas quais o X com o alelo para essa cor está ativo).



(figura 3 - _Imagem modificada de “6-year old tortoiseshell cat,” by Michael Bodega, domínio público)

Sabe-se que um gato macho possui cromossomos XY, enquanto as fêmeas possuem cromossomos XX. Portanto, em se tratando de gatos machos toirtoiseshell e cálico, normalmente eles são resultado de anomalias cromossômicas (síndrome de Klinefelter). Machos “normais”, não apresentam essas colorações de pelagens, por apresentarem apenas um cromossomo X. Assim sendo, eles só podem expressar os fenótipos para as cores branco, preto, preto e branco, laranja/amarelo ou branco e laranja/amarelo. (Costa *et al.*, 2017).



(figura 4 - Portal Medicina Felina)

O cromossomo Y é fundamental para determinar o sexo dos mamíferos em geral, mas quando há alguma anomalia cromossômica, como a síndrome de Klinefelter, a falha ocorre durante a divisão celular, resultando em machos com um cromossomo X extra. Por essa razão, gatos tortoiseshell e cálico, machos, são exceções e, quando encontrados, possivelmente terão aparência feminina, urina com cheiro característico forte e infertilidade, com volume testicular pequeno e/ou criptorquidismo. (Costa *et al.*, 2017; Monika *et al.*, 2020; Torrecilha, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os felinos domésticos são os únicos animais que expressam, na pelagem, o sinal clínico de uma anomalia cromossômica. Por isso, quem tem um gato macho, tricolor ou “escaminha”, tem mais do que uma raridade, tem um animal com distúrbios reprodutivos e que precisam de avaliação de um médico veterinário, principalmente em relação aos testículos, já que podem ser criptorquídicos.

Para quem trabalha com reprodução, a citogenética é, portanto, grande aliada. A análise genômica que nos permitiu descobrir o “mistério” por trás dos gatos tricolores, também possibilita estabelecer, a partir do grau de parentesco, composição das raças, entre outras coisas, as possíveis heranças genéticas que vão nortear as escolhas das matrizes e proporcionar gerações saudáveis. Testes genéticos podem poupar os criadores de variantes deletérias, como as citadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bugno-Poniewierski, Monika, et al. "Fertile male tortoiseshell cat with true chimerism 38, XY/38, XY." *Reproduction in Domestic Animals* 55.9 (2020):1139-1144.

Costa et al., *Aneuploidia de cromossomos sexuais em gato de pelagem tortoiseshell - relato de caso, Clínica Veterinária, Ano XXII, n. 126, p. 40-44, 2017*

Da Silva, Marcela Caroline Brasileiro, et al. *Alterações genéticas envolvidas na expressão das pelagens tortoiseshell e cálico em gatos domésticos machos: Revisão. Pubvet, 2019, 13: 158.*

Driscoll, Carlos A., et al. *The taming of the cat. Scientific American, 2009, 300.6: 68.*

Kurushima, J. D., Lipinski, M. J., Gandolfi, B., Froenicke, L., Grahn, J. C., Grahn, R. A., & Lyons, L. A. (2013). *Variation of cats under domestication: genetic assignment of domestic cats to breeds and worldwide random-bred populations. Animal genetics, 44(3), 311-324.*

Lyon, Mary F. *X-chromosome inactivation. Current Biology, 1999, 9.7: R235-R237.*

Otoni, Claudio, et al. *The palaeogenetics of cat dispersal in the ancient world. Nature Ecology & Evolution, 2017, 1.7: 1-7.*

Pazza, Rubens; Kavalco, Karine Frehner. *Uma pequena introdução à genética de felinos domésticos.*

Peñuela-A, Mauricio, et al. *Coat genetic markers of the domestic cat Felis catus (Felidae) from southwestern Colombia. Revista MVZ Córdoba, 2016, 21.2: 5390-5403.*

Pérez, Enrique Pardo; Vargas, Luis A. Causil; Mass, Bertha L. Muñoz. *Perfil genético de la población de gatos (Felis catus) en Riohacha, la Guajira, mediante genes de pelaje. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 2017, 13.2: 128-132.*

Pistorius, Arthur; Blokker, Ineke. *Statistical analysis in support of maintaining a healthy traditional Siamese cat population. Genetics Selection Evolution, 2021, 53.1: 1-12.*

Rastan, Sohaila. Mary F. Lyon (1925–2014). *Nature, 2015, 518.7537: 36-36.*

Samaha, Georgina Alice. *Advances in felid genetics and genomics. 2021. PhD Thesis.*

Santos, Thaíza Oliveira dos. *Ascensão e incompreensão do gato doméstico (Felis silvestres catus) no século XXI: a importância da etologia felina na relação afiliativa com humanos. 2019. Bachelor's Thesis. Brasil.*

Torrecilha, Rafaela Beatriz Pintor. *Genética em gatos: O que eu preciso saber antes de acasalar?. Rev Bras Reprod Anim, 2021, 45.4: 198-201.*

Zhang, Xuying; Jamwal, Kokila; Distl, Ottmar. *Tracking footprints of artificial and natural selection signatures in breeding and non-breeding cats. Scientific Reports, 2022, 12.1: 18061.*