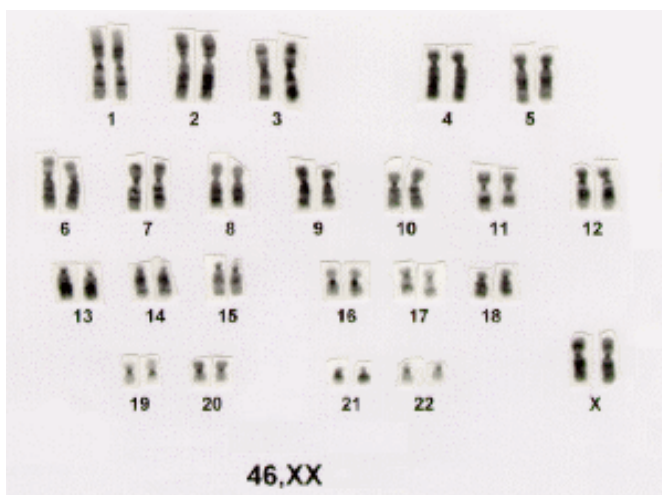


HERANÇA DOS CROMOSSOMOS SEXUAIS

As células somáticas (diploides) humanas possuem 46 cromossomos, dos quais 44 são semelhantes em ambos os sexos e são chamados cromossomos autossômicos ou autossomos, isto é, que possuem os genes responsáveis pela determinação das características fenotípicas do indivíduo como cor de cabelo, forma do rosto, cor dos olhos, forma e tamanho do nariz etc. Os outros dois são os chamados cromossomos sexuais, que determinam o sexo do indivíduo. **Os cromossomos sexuais são morfologicamente diferentes, o "X" e o "Y"**. No indivíduo do sexo feminino existem dois cromossomos X; no indivíduo do sexo masculino há um X e um Y.

O conjunto dos cromossomos de uma determinada espécie é chamado **CARIÓTIPO**. O cariótipo determina a característica de uma espécie, de modo que os cruzamentos que geram descendentes férteis acontecem somente entre indivíduos da mesma espécie. Esta barreira é uma proteção que previne os cruzamentos interespecíficos. Observe na figura o cariótipo normal de um indivíduo do sexo feminino:



CARIÓTIPO HUMANO DE INDIVÍDUO DO SEXO FEMININO.

Podemos notar claramente os pares de cromossomos homólogos (um vindo do pai, no espermatozoide e outro doado pela mãe, no óvulo). Assim, cada indivíduo apresenta em suas células somáticas (diploides) sempre dois genes alelos para cada característica.

SISTEMAS DE DETERMINAÇÃO DO SEXO

Tipo XY

O sistema XY ocorre no homem, nos demais mamíferos e nos insetos dípteros. As fêmeas são caracterizadas por XX e os machos por XY. Este padrão cromossômico torna os indivíduos machos heterogaméticos, devido sua capacidade de formar gametas com diferentes cromossomos sexuais. Tipo XO ou Protênor

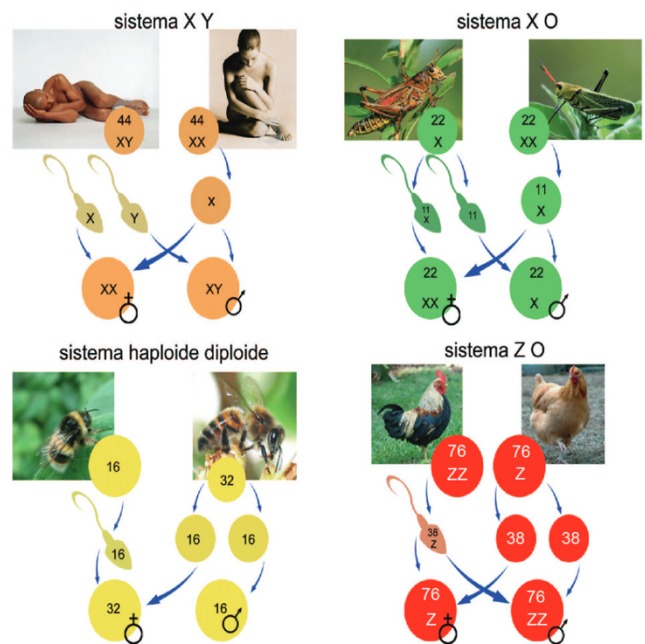
A determinação sexual do tipo XO ocorre em algumas espécies de insetos, pertencentes aos hemípteros (percevejos), ortópteros (baratas e gafanhotos) e coleópteros (besouros), além dos nematódeos (vermes). Nesses casos as células do macho apresentam um cromossomo a menos que a fêmea, porque falta o Y. Assim, fala-se em fêmea XX e macho XO.

Tipo ZW ou Abraxas

No sistema ZW os cromossomos sexuais são invertidos: o macho apresenta dois cromossomos sexuais iguais, ZZ (homogamético), enquanto a fêmea apresenta dois diferentes, um Z e outro W (heterogamética). Este sistema aparece em lepidópteros (borboletas, mariposas), peixes e aves.

Tipo ZO

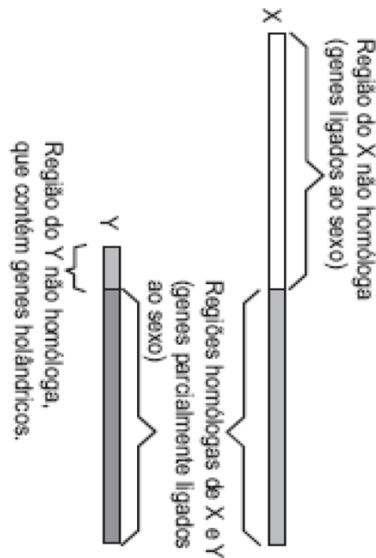
Ocorre em galinhas domésticas e répteis. Os machos são homogaméticos, com dois cromossomos sexuais iguais (ZZ) e as fêmeas são heterogaméticas, apresentando apenas um cromossomo sexual Z.



Uma representação dos modelos de determinação sexual em animais.

HERANÇAS LIGADA AO SEXO

Nos homens há dois cromossomos sexuais diferentes morfologicamente e que não compartilham todos os locos gênicos, ou seja, o cromossomo Y não se apresenta totalmente homólogo ao X. Em outras palavras, há uma porção do cromossomo X masculino que não tem homologia com o cromossomo Y. E é justamente nesta região que estão os genes chamados LIGADOS AO SEXO ou LIGADOS AO X. Nos homens, portanto, há apenas um alelo naquela região, porque o X não tem homologia com o Y. Os homens são chamados de heterogaméticos, já que produzem gametas com dois tipos diferentes de cromossomos sexuais.



Nota-se que a região do cromossomo Y que não possui homologia com o X denomina-se região holândrica.

Já nas mulheres, por terem dois cromossomos X, a região ligada ao sexo possui dois alelos, funcionando como se fosse uma região de herança autossômica. São chamadas de homogaméticas, pois seus óvulos possuem sempre o mesmo tipo de cromossomo sexual: o X.

Justamente por terem apenas um alelo, de origem materna, na região do X que não tem homologia com o Y, os homens estão mais sujeitos às características e/ou distúrbios recessivos causadas por genes localizados naquela região do X.

Mesmo uma característica ou doença causada por gene recessivo que, nas mulheres, precisa estar em dose dupla (homozigose) para manifestar-se, nos homens agem em dose única, já que basta ter um alelo recessivo no X para que o homem manifeste a característica ou distúrbio.

HERANÇA DOMINANTE LIGADA AO SEXO

RAQUITISMO HIPOFOSFATÊMICO

O termo raquitismo refere-se à insuficiente mineralização ou ao retardo da mineralização da matriz osteóide recentemente formada durante o processo de ossificação endocondral, na placa de crescimento. A osteomalácia é caracterizada pela insuficiente mineralização da matriz osteóide recentemente formada nos sítios de remodelação óssea ou de aposição periosteal e endosteal.

O raquitismo hipofosfatêmico é uma doença dominante ligada ao cromossomo X, causada por mutações no gene PHEX, gene regulador do fosfato com homologia para endopeptidases, localizado no cromossomo X.

Desta forma, a relação entre genótipo e fenótipo para este distúrbio é:

	Raquitismo	Normal
Homens	$X^R Y$	$X^- Y$
Mulheres	$X^R X^R$ ou $X^R X^r$	$X^- X^-$

HERANÇA RECESSIVA LIGADA AO SEXO

DALTONISMO

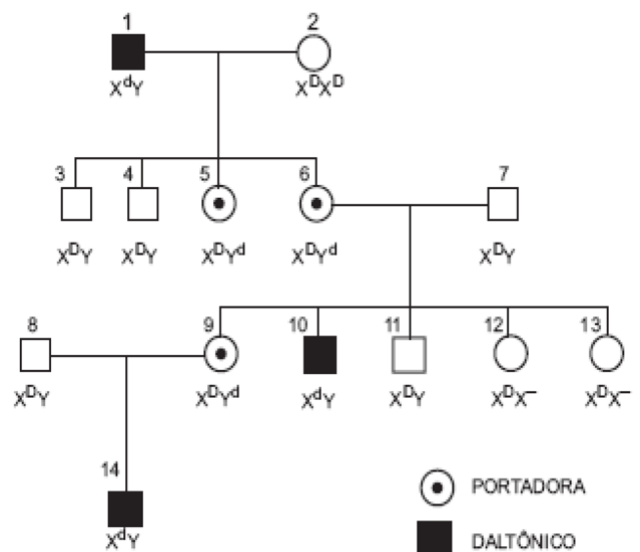
Doença que provoca a incapacidade de distinguir cores corretamente. O daltonismo não é tido como uma deficiência física de grande significado (dado que a maior parte dos daltônicos tem visão normal, no que se referem às demais características), apesar de dificultar e muitas vezes impossibilitar uma série de atividades profissionais e do dia-a-dia. Apesar de não existir nenhum tratamento, têm se desenvolvido alguns recursos ópticos para facilitar a identificação das cores.

Na retina humana normal existem receptores sensíveis às cores, os cones, que contêm pigmentos seletivos para a cor, verde, vermelha e azul. A deficiência de cores ocorre quando há uma redução na quantidade de um ou mais desses pigmentos.

	Daltônico (a)	Normal
Homens	$X^d Y$	$X^D Y$
Mulheres	$X^d X^d$	$X^D X^D$ ou $X^D X^d$

Também chamada de discromatopsia ou "cegueira para as cores", é um defeito genético de transmissão bastante peculiar que atinge, em 97% dos casos, os homens. Isso ocorre porque a falha genética está ligada ao cromossomo X. Os homens têm apenas um X, como as mulheres têm dois desses cromossomos, a chance de ter os dois defeituosos é menor.

Homens daltônicos vão transmitir o gene do daltonismo somente para suas filhas, nunca para os filhos e, se sua esposa for $X^D X^D$, as filhas não manifestam nunca o daltonismo, mas serão heterozigotas e têm uma chance de 50% de transmiti-lo para seus filhos homens. Portanto, homem daltônico só tem possibilidade de ter netos daltônicos se tiver filhas, que serão sempre, e somente, portadoras, e a possibilidade desses netos serem daltônicos será sempre de 50%.



A filha 6 ($X^{D}X^{d}$), casando-se com um homem normal (7), transmite um cromossomo X^{d} a seu filho (10), que nasce daltônico. Outro filho (11) nasceu perfeito ($X^{D}Y$).

A moça 9 ($X^{D}X^{d}$), tendo recebido o cromossomo X^{d} de sua mãe, é portadora; casou-se com um homem normal e teve um filho daltônico. Observe que, quando a doença é transmitida por um homem daltônico, ela salta uma geração, manifestando-se nos indivíduos de sexo masculino de geração seguinte.

Mulheres daltônicas são bem menos comum; para uma mulher ser daltônica ($X^{d}X^{d}$), é preciso que seu pai seja daltônico ($X^{d}Y$) e que sua mãe seja pelo menos portadora. É evidente que esse tipo de casamento é bastante raro na população, o que explica a baixa frequência de mulheres daltônicas. Todos os filhos de uma mulher daltônica são evidentemente daltônicos, uma vez que ela só transmite cromossomos X^{d} , e todas as suas filhas são portadoras.

HEMOFILIA

A hemofilia é um distúrbio da coagulação do sangue. É classificada nos tipos A e B. Pessoas com hemofilia tipo A são deficientes de fator VIII (oito). Já as pessoas com hemofilia do tipo B são deficientes de fator IX. Os sangramentos são iguais nos dois tipos, porém a gravidade dos sangramentos depende da quantidade de fator presente no plasma (líquido que representa 55% do volume total do sangue).

A doença pode ser classificada, ainda, segundo a quantidade do fator deficitário em três categorias: grave (fator menor do que 1%), moderada (de 1% a 5%) e leve, acima de 5%. Neste caso, às vezes, a enfermidade passa despercebida até a idade adulta.

As hemofilias A e B agem como caracteres recessivos ligados ao sexo. Usa-se H para representar o gene para a normalidade, e o h para representar o gene recessivo que determina os casos de hemofilia.

	Hemofílico (a)	Normal
Homens	$X^{h}Y$	$X^{H}Y$
Mulheres	$X^{h}X^{h}$	$X^{H}X^{H}$ ou $X^{H}X^{h}$

Quando a Hemofilia não é adequadamente tratada causa dor, limitação funcional, artropatia progressiva e atrofia muscular.

HERANÇA RESTRITA AO SEXO OU HOLÂNDRICA

Há uma região do cromossomo Y que não possui homologia com o X. Nesta região estão os genes chamados holândricos que causam, por exemplo, as heranças restritas ao sexo.

Os chamados genes holândricos são exclusivos do cromossomo Y. Tais genes só ocorrem nos indivíduos de sexo masculino e passam de geração a geração, sempre pela linhagem masculina. Atuando em dose simples, os genes holândricos nunca apresentam relação de dominância ou de recessividade. O gene SRY, responsável pela determinação dos caracteres sexuais primários masculinos, encontra-se localizado nesta região.

HERANÇA PARCIALMENTE LIGADA AO SEXO

Nas regiões dos cromossomos X e Y onde há homologia, os alelos aparecem aos pares. Sendo assim, aqui estão localizados os genes de herança parcialmente ligados ao sexo.

Estes genes podem permutar-se (sofrer crossing-over) durante o paquíteno já que se encontram nas regiões dos cromossomos sexuais que se pareiam. O genótipo apresentado pelo macho poderá ser: $X^{A}Y^{A}$, $X^{A}Y^{a}$, $X^{a}Y^{A}$ e $X^{a}Y^{a}$.

RETINITE PIGMENTAR

É uma degeneração da retina com depósito de substâncias melânicas levando à cegueira. É causada por um alelo dominante, parcialmente ligada ao sexo. Os seguintes genótipos são encontrados na população humana:

	Retinite	Normal
Homens	$X^{R}Y^{R}$, $X^{R}Y^{r}$, $X^{r}Y^{R}$	$X^{r}Y^{r}$
Mulheres	$X^{R}X^{R}$, $X^{R}X^{r}$	$X^{r}X^{r}$

XERODERMA PIGMENTOSA

Anormalidade caracterizada por uma irritação na pele formando placas pigmentosas. Há formações cancerosas no corpo ou a presença de tumores malignos. A anormalidade gera também uma fotossensibilidade nos olhos à luz solar. Esta anormalidade é provocada por um alelo recessivo parcialmente ligado ao sexo.

	Normal	Xeroderma
Homens	$X^{P}Y^{P}$, $X^{P}Y^{p}$, $X^{p}Y^{P}$	$X^{p}Y^{p}$
Mulheres	$X^{P}X^{P}$, $X^{P}X^{p}$	$X^{p}X^{p}$

Exercícios de aprendizagem

01. (IFPE - 2012) Considerando que o daltonismo na espécie humana é uma característica determinada por um gene recessivo e ligado ao sexo, assinale a única alternativa correta referente a um casal que, apesar de possuir visão normal para cores, tem uma criança daltônica.

- a) Essa criança é do sexo feminino, e o gene para o daltonismo lhe foi transmitido pelo pai.
- b) Essa criança é do sexo masculino, e o gene para o daltonismo lhe foi transmitido pelo pai.
- c) Essa criança é do sexo feminino, e o gene para o daltonismo lhe foi transmitido pela mãe.
- d) A criança é do sexo masculino, e o gene para o daltonismo lhe foi transmitido pela mãe.
- e) Tanto o pai como a mãe pode ter transmitido o gene para o daltonismo a essa criança; mas, apenas com esses dados, nada podemos afirmar quanto ao sexo dela.

02. (PUCSP - 2012) Filha de um hemofílico, uma advogada holandesa temia transmitir essa condição a seus descendentes. Distúrbio que dificulta a coagulação do sangue, a hemofilia é causada por uma mutação de um gene em um dos cromossomos que determinam o sexo. (...) Impressionada com o sofrimento que essa condição sempre causou a seu pai, a advogada, ao ficar grávida, resolveu fazer teste genético pré-natal para saber se seu filho seria hemofílico.

("A ciência das escolhas difíceis" – VEJA, 7 de setembro, 2011)

As chances de essa mulher transmitir o gene da hemofilia para um descendente e de esse descendente, sendo do sexo masculino, apresentar hemofilia são, respectivamente, de:

- a) 100% e 50%.
- b) 50% e 50%.
- c) 50% e 100%.
- d) 100% e 100%.
- e) 25% e 75%.

03. (UESPI - 2012) O daltonismo é uma condição genética que impede a distinção de certas cores. No daltonismo do tipo II, a pessoa vê o "vermelho" como se fosse "verde" e, neste caso, a doença herdada é ligada ao cromossomo X. Considerando que o alelo para o daltonismo comporta-se como recessivo, é correto afirmar que uma mulher portadora do mesmo e filha de uma mãe heterozigótica:

- a) será daltônica, se o pai também for daltônico.
- b) será daltônica, mesmo que o pai não seja daltônico.
- c) terá 50% de chance de nascer daltônica, caso o pai seja daltônico.
- d) terá 25% de chance de nascer daltônica, caso o pai seja daltônico.
- e) não será daltônica independente do genótipo do pai.

04. (UEPA - 2012) A maior parte dos motoristas pode não notar uma faixa branca no meio de alguns semáforos de São Paulo. Essa medida, implantada pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), faz a diferença quando os condutores dos veículos são daltônicos, ou seja, possuem dificuldades para diferenciar as cores vermelho e verde, podendo sofrer graves acidentes de trânsito.

(Adaptado de

<http://www.zap.com.br/revista/carros/tag/daltônico/>. Acesso: 09.09.2011)

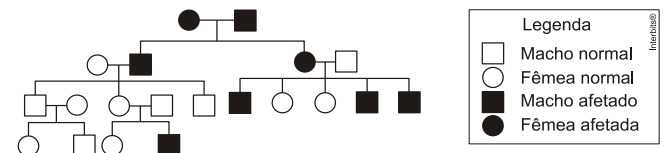
Quanto à anomalia em destaque no texto, analise as afirmativas:

- I. É uma herança recessiva ligada ao cromossomo sexual X.
- II. É uma herança dominante ligada ao cromossomo sexual Y.
- III. Apresenta uma distinta interpretação genotípica e respectivos fenótipos para o gênero masculino e feminino.
- IV. Os homens transmitem o gene dessa anomalia para todos os filhos do gênero masculino.
- V. Descendentes de mulheres daltônicas do gênero masculino são todos daltônicos.

De acordo com as afirmativas acima, a alternativa correta é:

- a) I, II e IV
- b) I, III e V
- c) II, IV e V
- d) III, IV e V
- e) I, II, III, IV e V

05. (UFF - 2012) O heredograma abaixo representa a incidência de uma característica fenotípica em uma família.



Pela análise dessas relações genealógicas, pode-se concluir que a característica fenotípica observada é transmitida por um tipo de herança:

- a) dominante e ligada ao cromossomo X.
- b) recessiva e ligada ao cromossomo X.
- c) ligada ao cromossomo Y.
- d) autossômica recessiva.
- e) autossômica dominante.

Exercícios de fixação

01. (UNESP 2020) Comportamento do casal pode definir sexo do bebê, dizem pesquisadores

Muitas pessoas sonham não só com o nascimento de um bebê, mas com o sexo dele. Não é possível escolher se você vai gerar uma menina ou um menino, mas alguns pesquisadores sugerem que alguns fatores, como fazer sexo exatamente no dia da ovulação, ou a frequência das relações sexuais, aumentariam a chance de ter uma criança de determinado sexo.

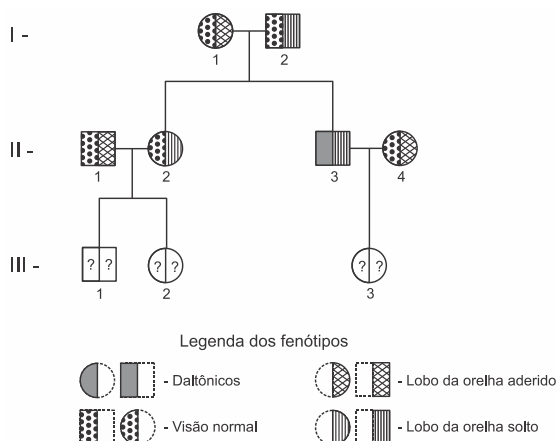
(Ivonete Lucirio. <https://universa.uol.com.br>, 06.08.2012. Adaptado.)

A notícia traz hipóteses ainda em discussão entre especialistas, mas o que o conhecimento biológico tem como certo é que, na espécie humana, o sexo da prole é definido no momento da fecundação e depende da constituição cromossômica do

- espermatóide, que é definida na meiose I da gametogênese do pai e a mãe não tem participação na determinação do sexo da prole.
- óvulo, que é definida na meiose II da gametogênese da mãe e o pai não tem participação na determinação do sexo da prole.
- espermatóide, que é definida na meiose II da gametogênese do pai e a mãe não tem participação na determinação do sexo da prole.
- óvulo e do espermatóide, que são definidas na meiose II da gametogênese de ambos os genitores e o pai e a mãe participam, conjuntamente, da determinação do sexo da prole.
- óvulo, que é definida na meiose I da gametogênese da mãe e o pai não tem participação na determinação do sexo da prole.

02. (UFRGS 2020) O daltonismo é um tipo de cegueira nos seres humanos, referente às cores e condicionado por herança ligada ao X. O lobo solto da orelha, herança autossômica, é um fenótipo dominante em relação ao lobo aderido.

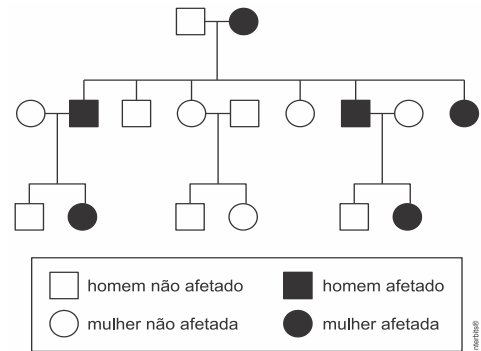
No heredograma a seguir, estão representados os indivíduos com as respectivas características.



Considerando a genealogia apresentada e considerando que o indivíduo II-4 é heterozigoto para daltonismo, a probabilidade de os indivíduos III-1, III-2 e III-3 serem daltônicos e terem lobo da orelha solto, respectivamente, é

- 12,5%, 0% e 25%.
- 0%, 12,5% e 25%.
- 12,5%, 12,5% e 50%.
- 25%, 0% e 50%.
- 12,5%, 50% e 75%.

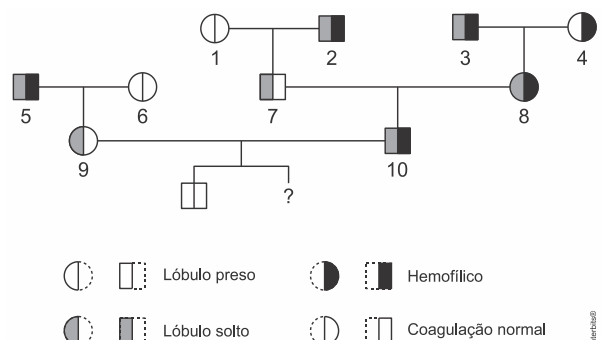
03. (FUVEST 2020) Analise a seguinte genealogia de uma doença:



Foi levantada a hipótese de que a doença possui padrão de herança dominante ligada ao cromossomo X. O que levou a tal conclusão foi a

- incidência da doença em mulheres e homens.
- transmissão do alelo mutante apenas às filhas de um homem afetado.
- presença de pessoas afetadas em todas as gerações.
- transmissão do alelo mutante às filhas e aos filhos de uma mulher afetada.
- presença de pelo menos um dos genitores afetados.

04. (UNIOESTE 2019) Sabe-se que, na espécie humana, o formato do lóbulo da orelha é uma característica hereditária determinada por um par de alelos, do qual o alelo recessivo é responsável pelo lóbulo preso ou aderente. A hemofilia é um distúrbio da coagulação sanguínea, o qual é condicionado por um alelo recessivo localizado no cromossomo X. Analise o heredograma abaixo e responda qual é a probabilidade do segundo filho homem do casal 9 x 10 nascer com o lóbulo da orelha preso e ser hemofílico.



- a) 1/4
- b) 1/8
- c) 2/3
- d) 3/4
- e) 1/2

05. (UECE 2019) No que diz respeito à hemofilia, escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma nos itens abaixo.

- () A incapacidade de produzir o fator VIII de coagulação sanguínea apresentada pelos hemofílicos pode levar à morte e segue a herança ligada ao sexo.
- () Mulheres com genótipo X^hX^h e homens com genótipo X^hY são hemofílicos; portanto, a hemofilia segue o padrão típico de herança ligada ao cromossomo Y.
- () Os homens hemofílicos não transmitem o alelo mutante para a prole do sexo masculino.
- () As filhas de uma mulher hemofílica são hemofílicas, pois herdam um alelo selvagem da mãe.

Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:

- a) V, V, V, F.
- b) F, V, F, V.
- c) V, F, V, F.
- d) F, F, F, V.

06. (IFCE 2019) O daltonismo é um distúrbio da visão que interfere na percepção das cores e, na quase totalidade dos casos, tem causa genética. O alelo responsável pelo distúrbio é recessivo e está ligado ao cromossomo sexual X.

Beatriz é uma mulher daltônica que se casou com Humberto, homem de visão normal. Sobre esse casal, é correto afirmar que

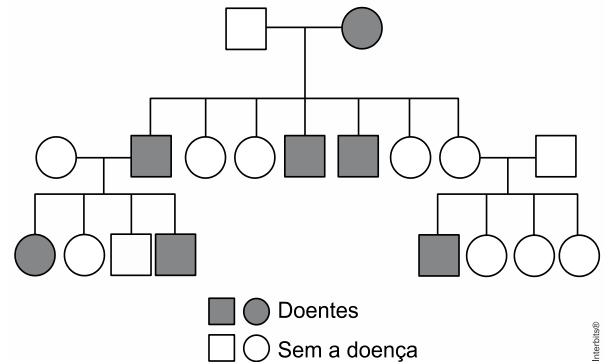
- a) Beatriz, obrigatoriamente, é filha de pai daltônico.
- b) Humberto, obrigatoriamente, é filho de pai de visão normal.
- c) espera-se que 50% dos filhos homens do casal sejam daltônicos.
- d) é esperado que 50% das filhas mulheres do casal sejam daltônicas.
- e) o casal tem 0% de chance de ter um filho homem daltônico, visto que o pai tem visão normal.

07. (UFPR 2019) Uma doença genética muito rara tem padrão de herança dominante. Um homem, filho de mãe afetada e pai normal, é afetado pela doença e é casado com uma mulher que não é afetada pela doença. A respeito dos filhos desse casal, é correto afirmar:

- a) Um filho desse casal tem probabilidade de 75% de ser afetado pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado num cromossomo autossômico.
- b) Uma filha desse casal tem probabilidade de 100% de ser afetada pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado no cromossomo X.

- c) Um filho desse casal tem probabilidade de 50% de ser afetado pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado no cromossomo X.
- d) Uma filha desse casal tem probabilidade de 25% de ser afetada pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado num cromossomo autossômico.
- e) Uma filha desse casal tem 0% de probabilidade de ser afetada pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado no cromossomo X.

08. (FAMERP 2019) Analise o heredograma que apresenta uma família com algumas pessoas afetadas por uma doença.



A partir do heredograma, conclui-se que a doença em questão é determinada por gene

- a) dominante ligado ao cromossomo X.
- b) mitocondrial.
- c) recessivo ligado ao cromossomo Y.
- d) dominante autossômico.
- e) recessivo ligado ao cromossomo X.

09. (UPF 2018) Em determinada espécie de ave, a cor da plumagem é condicionada pelo gene N. O alelo N^1 codifica para plumagem preta, enquanto que o alelo N^2 codifica para plumagem vermelha. Aves heterozigotas para esse gene apresentam plumagem marrom. Sabendo-se que esse é um caráter de herança sexual (ligado ao sexo), o fenótipo esperado para os descendentes do cruzamento entre um macho preto e uma fêmea vermelha é:

- a) 100% dos machos marrons e 100% das fêmeas pretas.
- b) 100% dos machos marrons e 100% das fêmeas vermelhas.
- c) 100% dos machos vermelhos e 100% das fêmeas marrons.
- d) 50% dos machos e fêmeas marrons e 50% dos machos e fêmeas vermelhas.
- e) 100% dos machos e das fêmeas marrons.

10. (UFU 2018) O daltonismo é um distúrbio moderado ligado ao cromossomo X que se caracteriza pela cegueira para as cores verde e vermelha. Considerando-se o cruzamento de uma mulher carreadora do alelo para o daltonismo ao se casar com um homem de visão normal, as chances de as filhas desse casal serem carreadoras é de

- a) 50%.
- b) 25%.
- c) 100%.
- d) 0%.

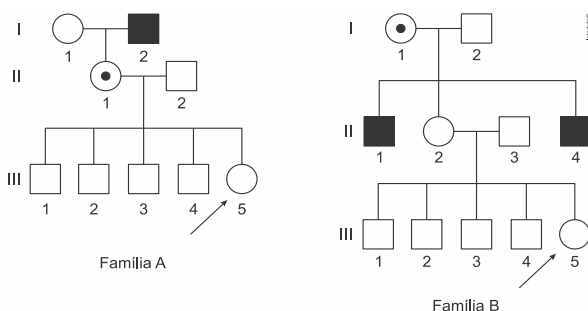
11. (UECE 2018) Os cromossomos sexuais não são completamente homólogos, portanto deve-se esperar que os padrões de herança relacionados ao sexo sejam diferentes daqueles dos cromossomos autossômicos. Em relação à herança de genes localizados nos cromossomos sexuais, é correto afirmar que

- a) na herança ligada ao cromossomo X, os genes estão localizados em uma região homóloga ao cromossomo Y.
- b) na herança limitada ao sexo, os genes expressam-se em ambos os sexos, porém de forma diferente, de acordo com o sexo do portador.
- c) a herança holândrica é determinada por genes que ocorrem no cromossomo Y, fora da região homóloga ao cromossomo X.
- d) a expressão dos genes autossômicos, na herança influenciada pelo sexo, é determinada pela presença ou ausência de hormônios sexuais.

12. (FCMMG 2017) Conhecendo a constituição e o funcionamento dos diferentes indivíduos de uma sociedade de abelhas, podemos afirmar, EXCETO:

- a) Os zangões são haploides, pois se originam pelo processo de Partenogênese.
- b) Os óvulos produzidos por uma abelha rainha é fruto de uma divisão mitótica.
- c) A diferença entre abelhas operárias e rainhas se verifica antes mesmo do nascimento, através da alimentação especial.
- d) A abelha rainha mais velha poderá produzir apenas zangões se esgotar seu estoque de espermatozoides.

13. (FCMMG 2017) Os heredogramas apresentados, sobre as famílias A e B, retratam uma mesma doença genética:



Sobre essa doença, podemos afirmar que:

- a) Trata-se de um caso típico de Herança Ligada ao Cromossomo X.
- b) Os propósitos indicados nas duas famílias apresentam o mesmo risco de possuírem o gene em questão.
- c) A prole do casal da segunda geração da família B é maior do que a prole do casal da segunda geração da família A.
- d) A probabilidade de os homens afetados transmitirem esse gene para as suas filhas ou para os seus filhos é a mesma.

14. (FATEC 2017) Leia o texto para responder à questão a seguir.

Em uma espécie de felídeos, uma alteração anatômica na laringe permite que alguns indivíduos tenham a capacidade de rugir. Essa característica é determinada exclusivamente por um único par de genes, com herança dominante ligada ao sexo.

Em um determinado zoológico, uma fêmea rugidora heterozigota está prenha de um macho incapaz de rugir, ambos da mesma espécie de felídeos.

A probabilidade de que o filhote desse acasalamento seja uma fêmea rugidora, desprezando a ocorrência de mutações genéticas e de recombinações gênicas, é de

- a) 0%
- b) 25%
- c) 50%
- d) 75%
- e) 100%

15. (ENEM 2017) A distrofia muscular Duchenne (DMD) é uma doença causada por uma mutação em um gene localizado no cromossomo X. Pesquisadores estudaram uma família na qual gêmeas monozigóticas eram portadoras de um alelo mutante recessivo para esse gene (heterozigóticas). O interessante é que uma das gêmeas apresentava o fenótipo relacionado ao alelo mutante, isto é, DMD, enquanto a sua irmã apresentava fenótipo normal.

RICHARDS. C. S. et al. The American Journal of Human Genetics, n. 4, 1990 (adaptado).

A diferença na manifestação da DMD entre as gêmeas pode ser explicada pela

- a) dominância incompleta do alelo mutante em relação ao alelo normal.
- b) falha na separação dos cromossomos X no momento da separação dos dois embriões.
- c) recombinação cromossômica em uma divisão celular embrionária anterior à separação dos dois embriões.
- d) inativação aleatória de um dos cromossomos X em fase posterior à divisão que resulta nos dois embriões.
- e) origem paterna do cromossomo portador do alelo mutante em uma das gêmeas e origem materna na outra.

16. (MACKENZIE 2017) Um homem daltônico e não polidáctilo, filho de pai e mãe polidáctilos, casa-se com uma mulher polidáctila e de visão normal, cujo pai era daltônico. O casal já tem uma filha normal para ambos os caracteres. A probabilidade desse casal ter um filho com o mesmo fenótipo da irmã é de

- a) 1/8
- b) 1
- c) zero
- d) 1/4
- e) 1/2

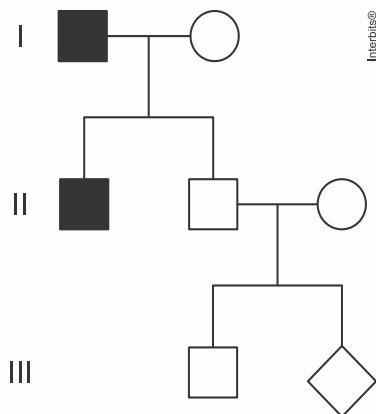
17. (UNESP 2017) Uma professora de Biologia explicava a seus alunos que o daltonismo para a cor verde é determinado por um gene recessivo ligado ao sexo.

Paulo e Luísa, um casal de gêmeos que estudava na mesma sala, disseram que eram daltônicos para a cor verde. A professora perguntou se outras pessoas da família também eram daltônicas e os gêmeos responderam que outras duas pessoas tinham o mesmo tipo de daltonismo. Para descobrir quais eram essas pessoas, a professora fez mais algumas perguntas aos gêmeos e descobriu que eles não tinham outros irmãos, que seus pais eram filhos únicos e que seus avós ainda eram vivos.

As outras duas pessoas daltônicas da família eram

- a) o pai e o avô materno dos gêmeos.
- b) a mãe e a avó materna dos gêmeos.
- c) a mãe e a avó paterna dos gêmeos.
- d) o pai e a mãe dos gêmeos.
- e) o avô materno e a avó paterna dos gêmeos.

18. (UEMG 2017) Analise o heredograma sobre a herança da distrofia muscular de Duchenne, uma doença degenerativa, determinada por gene recessivo, ligado ao cromossomo X representado a seguir. Os indivíduos I.1 e II.1 são afetados pela herança.



A probabilidade do descendente III.2 ser uma menina afetada será de

- a) 0%.
- b) 25%.
- c) 50%.
- d) 100%.

19. (UCPEL 2017) Características mendelianas podem ser determinadas por loci em um cromossomo autossômico ou nos cromossomos sexuais X ou Y.

Analise o padrão de herança abaixo:

- afeta qualquer sexo, porém mais mulheres do que homens;
- geralmente pelo menos um dos pais é afetado;
- mulheres são mais moderadas e variavelmente afetadas que homens;

- o filho de uma mulher afetada, independentemente de seu sexo, tem chance de 50% de ser afetado;
- para um homem afetado, todas as suas filhas serão afetadas, mas seus filhos não.

O padrão de herança acima é

- a) autossômico dominante.
- b) dominante ligado ao X.
- c) autossômico recessivo.
- d) recessiva ligada ao X.
- e) mitocondrial.

20. (EBMSP 2017) A hemofilia, distúrbio hereditário que afeta a coagulação do sangue, é determinada por um gene recessivo ligado ao cromossomo X.

Com base nos conhecimentos sobre genética, é correto afirmar:

- a) Um casal que não é afetado pela hemofilia não terá filhos hemofílicos.
- b) A primeira criança de uma mulher heterozigota com um homem normal tem 50% de probabilidade de ser menino e hemofílico.
- c) Os filhos de um homem hemofílico também serão hemofílicos.
- d) O segundo filho de uma mulher portadora, mas não afetada pela doença, com um homem normal tem 50% de probabilidade de ser hemofílico.
- e) Meninas heterozigotas herdam o gene normal de seus pais e o alterado de suas mães.

Lóbulos

Homem/Mulher	A	a	Interabi® 1/4
A	AA	Aa	
a	Aa	aa	

Hemofilia

Homem/Mulher	X ^h	Y	Interabi® 1/2
X ^H	X ^H X ^h	X ^H Y	
X ^h	X ^h X ^h	X ^h Y	

05. [C]

As mulheres portadoras do genótipo X^hX^h e homens com genótipo X^hY são hemofílicos; portanto, a hemofilia segue o padrão típico de herança ligada ao cromossomo Y. As filhas de uma mulher hemofílica serão normais portadoras, se forem filhas de um homem normal.

06. [A]

[A] Correta. O daltonismo (incapacidade de distinguir as cores vermelha e verde) é condicionado por um alelo recessivo mutante no cromossomo X, assim, Beatriz, daltônica, possui o genótipo X^dX^d, recebendo um X^d da mãe, que pode ser ou não daltônica (X^DX^d ou X^dX^d), e um X^d do pai, que é obrigatoriamente daltônico, pois apresenta apenas um alelo X (X^dY).

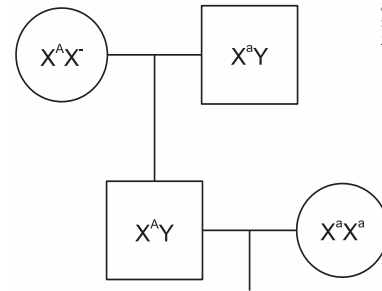
[B] Incorreta. Humberto possui o genótipo X^DY, portanto, pode ter um pai daltônico, pois o pai transfere o cromossomo Y, sem ligação com o distúrbio.

[C], [D] e [E] Incorretas. De acordo com a tabela abaixo, o casal pode ter 100% de filhas normais, portadoras de um gene recessivo, e 100% de filhos daltônicos.

♂ ♀	X ^D	Y
X ^d	X ^D X ^d	X ^d Y
X ^d	X ^D X ^d	X ^d Y

07. [B]

Alelos: a (normalidade) e A (anomalia)



Filhas: X^AX^a – 100% afetadas.

08. [E]

O heredograma sugere um padrão de herança recessiva ligada ao sexo. A mulher afetada (X^aX^a) tem todos os seus filhos homens afetados (X^aY).

09. [A]

A heterozigose é representada pela cor intermediária, sendo uma dominância incompleta. Além disso, é um caráter ligado ao sexo, portanto, um macho preto Z^{N1}Z^{N1} cruzado com uma fêmea vermelha Z^{N2}W originará 100% de machos marrons (Z^{N1}Z^{N2}) e 100% de fêmeas pretas (Z^{N1}W), de acordo com a tabela:

♂ ♀	Z ^{N1}	Z ^{N1}
Z ^{N2}	Z ^{N1} Z ^{N2}	Z ^{N1} Z ^{N2}
W	Z ^{N1} W	Z ^{N1} W

10. [A]

Alelos ligados ao sexo: d (daltonismo) e D (visão normal)

Pais: X^DY e X^DX^d

Filhas: X^DX^D e X^DX^d

P(X^DX^d) = 50%.

11. [C]

A herança holândrica, ou restrita ao sexo, é determinada exclusivamente por genes situados na região não homóloga do cromossomo Y e só se manifesta em homens.

12. [B]

Os óvulos haploides produzidos por uma abelha rainha são originados por divisões meióticas.

13. [A]

Os heredogramas mostram um caso típico de doença causada por gene recessivo e ligado ao cromossomo X. Os homens afetados têm filhas normais portadoras (Família A) e os homens afetados são filhos de mães normais portadoras (Família B).

14. [B]

Alelos: R_ capacidade de rugir e r_ incapacidade de rugir

Pais: $x^R x^r$ e $x^r y$

Filho: 25% $x^R x^r$; 25% $x^r x^r$; 25% $x^R y$ e 25% $x^r y$.

$P(\text{filhote } x^R x^r) = 25\%$.

15. [D]

A diferença fenotípica observada entre as gêmeas monozigóticas pode ser explicada pela inativação aleatória de um cromossomo X em fase posterior à divisão que resultou nos dois embriões.

16. [A]

Alelos:

p (normalidade) e P (polidactilia)

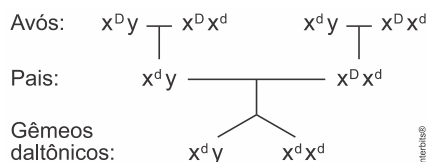
d (daltonismo) e D (normalidade)

Pais: $x^d y$ pp \times $x^D x^d$ Pp

$$P(x^D x^d pp) = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

17. [A]

Alelos ligados ao cromossomo x: d (daltonismo) e D (visão normal para as cores).



São daltônicos, além dos gêmeos, o pai e o avô materno.

18. [A]

Alelos ligados ao sexo: d (distrofia) e D (normalidade)

A probabilidade de III.2 apresentar a distrofia muscular Duchenne ($x^d x^d$) é igual a zero, porque, sendo normal, seu pai ($x^D y$) lhe transmitirá o seu cromossomo x^D , portador do alelo normal.

19. [B]

A herança descrita é dominante ligada ao cromossomo X, ou seja, quando um gene alterado no cromossomo X é suficiente para a manifestação da doença, assim, pode afetar qualquer sexo, mas em maior porcentagem as mulheres; as mulheres heterozigotas afetadas transmitem para metade de seus filhos de ambos os sexos; as mulheres homozigotas afetadas transmitem para todos os filhos; e os homens afetados transmitem para todas as filhas.

20. [D]

A alternativa [D] está correta, mas é interpretativa, apresentando duas respostas, conforme veremos a seguir:

Interpretação 1: De acordo com o gabarito. O segundo filho teria 50%, $x^h y$, de chances de ser hemofílico, analisando-se apenas as possibilidades masculinas, que são $x^H y$ e $x^h y$.

Interpretação 2: Em desacordo com o gabarito. O segundo filho teria a mesma probabilidade de ser hemofílico em todas as probabilidades, de 25%, de acordo com a tabela geral de cruzamentos:

M/H	x^H	x^h
x^H	$x^H x^H$	$x^H x^h$
Y	$x^H y$	$x^h y$

Justificativa as alternativas incorretas:

[A] Caso a mãe não seja afetada pela hemofilia, mas seja portadora, há chances de nascerem meninos hemofílicos.

[B] Sendo a mãe heterozigota para hemofilia ($x^H x^h$) e o pai normal ($x^H y$), as chances de terem um menino com hemofilia é de 25%, de acordo com tabela:

M/H	x^H	x^h
x^H	$x^H x^H$	$x^H x^h$
Y	$x^H y$	$x^h y$

[C] Os filhos meninos herdam o gene para hemofilia da mãe, $x^h y$, e as meninas herdam da mãe e do pai, $x^H x^h$.

[E] Meninas heterozigotas podem herdar o gene normal ou alterado para hemofilia tanto da mãe quanto do pai, pois recebem um cromossomo X do pai e o outro X da mãe.