

COEVOLUÇÃO GENE-CULTURA

Rafael Bisso-Machado

Tábita Hünemeier

Maria Cátira Bortolini

Migrações, mudanças de hábitos e de práticas culturais representam importantes fontes de recente e inédita pressão seletiva na história evolutiva do Homo sapiens moderno. Desse modo, a coevolução entre genes e cultura se mostra como um fenômeno particularmente importante para a nossa espécie. Dificilmente o ser humano teria conseguido colonizar ambientes tão diversos, desde desertos arenosos até as regiões árticas, se tivesse dependido exclusivamente de adaptações biológicas. Cultura pode ser definida de várias formas e diferentes pesquisadores expandiram a abrangência do conceito para práticas e tradições observadas em espécies animais. Porém, é importante destacar que a cultura em nossa espécie é cumulativa e, portanto, bastante diferenciada das práticas e padrões que são transmitidos por aprendizagem e observação entre indivíduos de outras espécies animais. No contexto da coevolução de genes e cultura, a construção de nicho é fator determinante, pois refere-se à capacidade dos organismos de modificarem a pressão da seleção natural em seu meio ambiente e, assim, atuar como codiretores da sua própria evolução, bem como da de outras espécies.

Cultura e evolução biológica do *Homo sapiens*

A palavra cultura, originalmente, fazia referência somente às atividades agrícolas desenvolvidas pelas sociedades humanas antigas. Esse significado, relacionado estritamente à atividade agrária, perdurou por séculos na sociedade ocidental. A ampliação do conceito para práticas relacionadas ao desenvolvimento humano de modo geral, que são transmitidas por pessoas socialmente próximas, surge com a helenização da sociedade romana, no século I a.C. Ainda assim, independente do significado material ou abstrato, ambas as acepções, em amplo sentido, remetem rigorosamente ao seu significado latino, que seria “aquilo que deve ser cultivado”.¹

Em estudos acadêmicos, o conceito de cultura vem sendo utilizado de diversas maneiras por pesquisadores das diferentes áreas do conhecimento, tendo sido, inclusive, expandido para denominar práticas observadas em outras espécies de animais, além da nossa². Neste texto, no entanto, o foco principal serão *Homo sapiens* e a utilização do seguinte conceito: “Cultura diz respeito à informação capaz de modificar o comportamento dos indivíduos, adquirida pelos membros de um grupo através de ensinamento, imitação e outras formas de transmissão social”.³ Assim, no contexto do presente artigo, é pertinente ressaltar que a cultura tem sido considerada como um potente agente catalisador de nossa evolução biológica.⁴ Como veremos adiante, vários estudos vêm mostrando que o valor adaptativo é influenciado pela cultura e que a evolução desta pode se dar de maneira muito mais rápida do que a biológica.

O *Homo sapiens* anatomicamente moderno originou-se no continente africano, tendo iniciado sua migração para os outros continentes entre 135.000-74.000 anos atrás⁵, ocupando todas as porções de terras disponíveis, com exceção da Antártida, ainda em épocas pré-históricas. Ao protagonizar tal empreitada, a espécie humana se deparou com ambientes muito diversos, e a cultura certamente contribuiu de maneira determinante para o sucesso desta migração e colonização. Nenhuma outra espécie teve tão ampla expansão geográfica e explorou nichos ecológicos tão diferentes quanto o *Homo sapiens*, única espécie dos primatas capaz de habitar desertos arenosos e regiões árticas, montanhas e vales, entre outros habitats extremos do planeta.

A cultura tem permitido que uma grande quantidade de conhecimento seja transmitida dentro e entre populações, num nível que seria praticamente impossível de ser

¹ BOSI, A. A *Dialética da Colonização*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992. 424 p.

² Ver revisão sobre o tema em BORTOLINI, M. C. Animais sociais, cognição cooperativa, evolução e cultura: O que nós temos a ver com isso? *Ciência & Ambiente*, v. 36, p. 87-93, 2008.

³ RICHERSON, P. J. & BOYD, R. *Not by genes alone: How culture transformed human evolution*. Chicago: The University of Chicago Press, 2005. 342 p.

⁴ WHITEHEAD, H.; RICHERSON, P. J. & BOYD, R. Cultural selection and genetic diversity in humans. *Selection*, v. 3, p. 115-125, 2002.

LALAND, K. N.; ODLING-SMEE, J. & MYLES, S. How culture shaped the human genome: bringing genetics and the human sciences together. *Nature Rev. Genet.*, v. 11, p. 137-148, 2010.

⁵ ARMITAGE, S. J. *et al.* The southern route “Out of Africa”: Evidence for an early expansion of modern humans into Arabia. *Science*, v. 331, p. 453-456, 2011.

- ⁶ HENRICH, J. A cultural species: How culture drove human evolution. *Psychological Science Agenda. Science Brief*, 2011. Disponível em: www.apa.org/science/about/psa/2011/11/human-evolution.aspx. Acesso em: 12 jan. 2014.
- ⁷ HENRICH, J. & MCELREATH, R. Dual inheritance theory: The evolution of human cultural capacities and cultural evolution. In: DUNBAR, R. & BARRETT, L. (Ed.). *Oxford Handbook of Evolutionary Psychology*. Oxford: Oxford University Press, 2007. p. 555-570.
- ⁸ HENRICH, J. A. A cultural species... *Op. cit.*
ALPERSON-AFIL, N. et al. Spatial organization of hominin activities at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Science*, v. 326, p. 1.677-1.680, 2009.
BROWN, K. S. et al. Fire as an engineering tool of early modern humans. *Science*, v. 325, p. 859-862, 2009.
- ⁹ DEAN, L. et al. Identification of the social and cognitive processes underlying human cumulative culture. *Science*, v. 335, p. 1.114-1.118, 2012.
- ¹⁰ HENRICH, J. A. A cultural species... *Op. cit.*
- ¹¹ HENRICH, J. A. A cultural species... *Op. cit.*
HENRICH, J. Demography and cultural evolution: Why adaptive cultural processes produced maladaptive losses in Tasmania. *American Antiquity*, v. 69, p. 197-214, 2004.
HENRICH, J. Understanding cultural evolutionary models: A reply to Read's Critique. *American Antiquity*, v. 71, p. 771-782, 2006.
HENRICH, J. The evolution of innovation-enhancing institutions. In: SHENNAN, S. J. & O'BRIEN, M. J. (Ed.). *Innovation in Cultural Systems: Contributions in Evolution Anthropology*. Cambridge: MIT, 2009. p. 99-120.
POWELL, A.; SHENNAN, S. & THOMAS, M. G. Late Pleistocene demography and

adquirido por um indivíduo solitário ao longo de toda a sua vida.⁶ Desse modo, é relativamente fácil constatar que o *Homo sapiens* apresenta muito mais diversidade com relação às práticas culturais (organizações e regras de convivência social, tamanhos dos grupos, estruturas de parentesco, padrões de acasalamento, por exemplo) do que tudo o que já se encontrou entre as demais espécies da ordem primata, consideradas de maneira combinada.⁷ A cultura abriu possibilidades evolutivas inteiramente novas, de modo que o *Homo sapiens* tornou-se extremamente dependente da cultura, podendo ser considerado uma espécie ultracultural.⁸

É importante destacar também que a cultura humana é diferenciada daquela dos demais animais sociais por ser de natureza cumulativa (melhorias no desenvolvimento tecnológico ao longo do tempo)⁹. Para que a cultura se mantenha cumulativa, porém, é necessária a manutenção de populações com um número relativamente grande de indivíduos, além de outros fatores, tais como a interconexão e a comunicação eficiente dentro e entre populações ao longo de gerações. Dados vindos da arqueologia e etnografia que mostraram populações isoladas, vão perdendo gradualmente suas tecnologias mais complexas.¹⁰ Assim, é a livre transmissão de conhecimento dentro e entre populações relativamente grandes que permite inovação tecnológica e promove a evolução cultural.¹¹ Além disso, sabe-se que a potencialidade de acumular cultura pôde-se expandir de maneira tão acentuada e rápida na nossa espécie devido basicamente a algumas características cognitivas e sociais, tais como a capacidade de ensinar, a linguagem, a escrita, a imitação e ações pró-sociabilidade, dentre outras. Vale lembrar também que tais habilidades requerem capacidades psicológicas especiais para a leitura de mentes (ou teoria da mente). Portanto, existe a pré-condição psicológica para a acumulação cultural, que pode ter evoluído originalmente para que o homem pudesse lidar com a complexidade do ambiente social.¹² Nesse contexto, o ensino torna-se fundamental para a manutenção da cultura cumulativa, devido à necessidade de transmitir a informação de maneira precisa de uma geração para outra, crescendo em importância na medida em que erros na imitação seriam cada vez mais frequentes em um ambiente cultural crescentemente complexo.¹³ Utilizando um modelo de evolução cultural cumulativa num ambiente em mudança, Castro e Toro¹⁴ demonstraram que erros de imitação impedem o processo de acumulação cultural.

Tais características permitiram que o *Homo sapiens* acumulasse cultura. Em outras espécies, algumas particula-

- the appearance of modern human behavior. *Science*, v. 324, p. 1.298-1.301, 2009.
- ¹² ABRANTES, P. C. Evolução humana: estudos filosóficos. *Rev. Filos. Aurora*, v. 25, n. 36, p. 75-105, 2013.
- ¹³ CASTRO, L. & TORO, M. A. Cumulative cultural evolution: The role of teaching. *J Theor. Biol.*, S0022-5193 (14)00015-0, 2014.
- ¹⁴ CASTRO, L. & TORO, M. A. *Op. cit.*
- ¹⁵ DEAN, L. *et al. Op. cit.*

¹⁶ DEAN, L. *et al. Op. cit.*

- ¹⁷ LUDWIG, M. & LENG, G. Dendritic peptide release and peptide-dependent behaviours. *Nat. Rev. Neurosci.*, v. 7, p. 126-136, 2006.
- DONALDSON, Z. R. & YOUNG, L. J. Oxytocin, vasopressin, and the neurogenetics of sociality. *Science*, v. 322, p. 900-904, 2008.
- SKUSE, D. H. & GALAGHER L. Genetic influences on social cognition. *Pediatr Res*, v. 69, p. 85r-91r, 2011.
- ¹⁸ SKUSE, D. H. & GALAGHER L. *Op. cit.*
- ARIAS-CARRION, O. & POPPEL, E. Dopamine, learning, and reward-seeking behavior. *Acta Neurobiol. Exp. (Wars)*, v. 67, p. 481-488, 2007.

- ¹⁹ HENRICH, J. & MCELREATH, R. Dual inheritance theory

ridades podem ter impedido esse processo. Alguns exemplos seriam o chamado cleptoparasitismo, que é a tendência de indivíduos dominantes monopolizarem recursos, e também a tendência de um grupo de indivíduos direcionar menos atenção a “inventores” com baixo status social. Tais aspectos sociais foram postos à prova por Dean e colegas¹⁵; eles verificaram que a capacidade de ensino por instrução verbal, de imitação e de ações pró-sociabilidade foram e continuam sendo determinantes na cultura cumulativa observada no *Homo sapiens*. As supostas características que teriam impedido a cultura cumulativa em espécies não-*sapiens*, tais como o cleptoparasitismo e a falta de atenção para membros de status social baixo, também foram testadas. Neste caso, os autores não encontraram correlação significativa entre as mesmas e a ausência de cultura cumulativa nas espécies sociais investigadas (chimpanzés e macacos capuchinhos), permanecendo, deste modo, em aberto o motivo pelo qual cultura cumulativa não é observada em outras espécies de primatas.¹⁶

Cabe lembrar aqui a presença do componente genético nos comportamentos e habilidades envolvidos na acumulação cultural, componente no qual os neurotransmissores aparecem como protagonistas.¹⁷ Dentre estes, a vasopressina, dopamina, serotonina e a ocitocina já tiveram sua associação comprovada em diferentes processos de cognição, influenciando diferentes tipos de comportamentos individuais e sociais.¹⁸ É sabido que tais comportamentos humanos complexos raramente são influenciados por um único locus gênico; aliás, a busca por associação entre genes (e suas variantes) ou famílias gênicas e comportamentos complexos continua bastante aquecida na comunidade acadêmica. Além de genes diretamente envolvidos nos comportamentos e na cognição, outros que codificam traços fenotípicos diversos também estão presentes na dinâmica evolutiva que implica genes e cultura, como veremos a seguir.

Coevolução Gene-Cultura

Diante da constatação da importância das práticas culturais cumulativas na história evolutiva de nossa espécie, múltiplas teorias vêm sendo propostas com o intuito de desvendar as complexas interfaces entre os elementos biológicos e culturais. A Teoria de Coevolução Gene-Cultura, por exemplo, é uma delas e pode ser organizada em torno de três conceitos básicos de acordo com Henrich & McElreath¹⁹:

- 1) Capacidades culturais podem ser vistas como adaptações: cultura, transmissão cultural e evolução cultural surgem de adaptações psicológicas que capacitam a aquisição de ideias, crenças, valores, práticas e estratégias a partir de observações de outros indivíduos.
- 2) Evolução cultural: as adaptações cognitivas dão origem a um robusto sistema de herança que opera por regras de transmissão diferentes da herança genética e pode, portanto, produzir fenômenos não observados em outras espécies.
- 3) Coevolução gene-cultura: o sistema de herança criado pela evolução cultural pode alterar tanto o ambiente social quanto o biológico, levando a um processo denominado de coevolução gene-cultura. Por exemplo, supõe-se que a prática de cozinhar se espalhou por aprendizagem. Uma vez espalhada, a “comida cozida” se tornou um agente que selecionou variantes genéticas que levaram ao encolhimento de nosso trato digestivo, dentes, estômago e boca, dentre outras modificações fenotípicas. Com a redução do investimento nos tecidos do sistema digestório, energia pôde ser liberada para a “construção do cérebro”.²⁰

²⁰ WRANGHAM, R. W. *Catching fire: how cooking made us human*. New York: Basic Books, 2009. 309 p.

²¹ NETTLE, D. Beyond nature versus culture: cultural variation as an evolved characteristic. *J Royal Anthropol. Inst.*, v. 15, p. 223-253, 2009.

²² CASTRO, M. A.; CASTRO, L. & TORO, M. A. Evolution and culture: A naturalistic approach to social sciences. *ENDOXA: Series Filosóficas*, v. 24, p. 219-245, 2010.

A variação cultural pode ainda ser moldada por duas classes de cultura: a cultura “evocada” e a cultura “transmitida”.²¹ A cultura evocada compõe-se meramente de uma resposta local e temporal a uma situação em que não há uma tradição ou informação a ser passada. Além disso, as diferentes opções de resposta a esta situação são, provavelmente, predefinidas geneticamente. Devido a essa natureza “geneticamente determinada”, alguns autores questionam se a mesma pode ser realmente considerada cultura como tal, dado que em outras espécies seria um claro exemplo de plasticidade fenotípica.²² Nesse caso, a cultura evocada apresenta a ideia de que diferenças no ambiente físico podem causar diferenças na forma com que os grupos humanos agem e pensam. Um exemplo seriam os diferentes padrões de preferência estéticos encontrados em populações com restrição e com abundância de recursos nutricionais. Enquanto em populações com restrição o padrão estético mais favorecido é o de mulheres mais corpulentas, nas sociedades ocidentais com recursos abundantes, o padrão mais atrativo é o de corpos mais esguios. Quando se trata da cultura transmitida, colocam-se em questão padrões que excedem uma geração, que se alteram ao longo do tempo, mas que mantêm uma continuidade. A cultura transmitida

- ²³ CASTRO, M. A.; CASTRO, L. & TORO, M. A. Evolution and culture: A naturalistic approach to social sciences. *ENDOXA: Series Filosóficas*, v. 24, p. 219-245, 2010.
- CASTRO, L. & TORO, M. A. The evolution of culture: from primate social learning to human culture. *Proc. Natl. Acad. Sci., U S A.* v. 101, p. 10.235-10.240, 2004.
- SALZANO, F. M. *Genômica e Evolução: moléculas, organismos e sociedades*. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 271 p.
- ²⁴ LEWONTIN, R. C. Gene, organism and environment. In: BENDALL, D. S. (Ed.). *Evolution from molecules to men*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1983. p. 273-285. p. 273-285.
- ODLING-SMEE, F. J.; LALAND, K. N. & FELDMAN, M. W. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Monographs in Population Biology 37. Princeton: Princeton Univ. Press, 2003. 472 p.
- ²⁵ ODLING-SMEE, F. J. Niche construction phenotypes. In: PLOTKIN, H. C. (Ed.). *The role of behavior in evolution*. Cambridge: MIT Press, 1988. 594 p.
- ²⁶ ODLING-SMEE, F. J.; LALAND, K. N. & FELDMAN, M. W. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton: Princeton Univ. Press, 2003. 472 p. (Monographs in Population Biology 37).
- ²⁷ KENDAL, J.; TEHRANI, J. J. & ODLING-SMEE, J. Human niche construction in interdisciplinary focus. *Philos Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, v. 366, p. 785-792, 2011.
- ²⁸ DIAMOND, J. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, v. 418, p. 700-707, 2002.

está focada nos indivíduos e suas interações e intenções quando realizam intercâmbio de informações, bem como na manutenção das tradições criadas por aprendizado. Um exemplo de cultura transmitida seria o desenvolvimento e aperfeiçoamento das práticas agrícolas nas civilizações neolíticas, e sua expansão para quase todas as sociedades atuais.²³

Teoria da Construção de Nicho

Uma abordagem que vem sendo empregada mais recentemente para o entendimento da coevolução entre genes e cultura na nossa espécie diz respeito à chamada “Teoria da Construção de Nicho”. Essa teoria pode ser definida como um ramo da biologia evolutiva que enfatiza a capacidade dos organismos de modificarem a pressão da seleção natural em seu meio ambiente e desse modo atuar como codiretores da sua própria evolução, bem como da de outras espécies.²⁴ Assim sendo, a teoria da construção do nicho alia e considera num mesmo sistema a herança genética e a herança ecológica modificada²⁵, sendo a última decorrente da alteração ocasionada no ambiente pelos organismos, perdurando por um tempo muito maior que o de uma geração apenas.²⁶ Isso posto, pode-se dizer que a característica definidora de construção de nicho não são as modificações dos ambientes que ocorrem naturalmente, mas aquelas motivadas por mudanças induzidas pelos organismos que atuam como agentes promotores de novas fontes de pressões seletivas. Os efeitos da construção de nicho já foram documentados por estudos com ampla gama de espécies animais.²⁷

Assim, torna-se fica evidente a importância da teoria de construção de nicho como uma ferramenta metodológica que tenta sistematizar o efeito da herança genética num contexto ecológico construído e herdado. Nesse processo, as consequências da construção de nicho tornam-se ainda mais importantes quando, além do fator ecológico e genético, soma-se o fator cultural.

A construção de nicho pode envolver elementos diferentes, o que possibilita a identificação de dois tipos básicos: (a) construção de nicho “inceptive”; e (b) construção de nicho “counteractive”. Subsequentemente, cada um deles pode-se enquadrar em: construção de nicho perturbacional e construção de nicho relocacional.²⁸

Na construção de nicho “inceptive”, os organismos iniciam uma mudança por perturbação ou relocação. Aplicado na temática aqui abordada, poderia ser o caso de humanos migrando para latitudes mais extremas atrás de animais

para caçar ou de outros recursos, e ao fazerem isso se depararem com temperaturas mais baixas do que aquelas a que estavam acostumados. Esse seria um exemplo típico de construção de nicho “inceptive” relocacional.

Já a construção de nicho “counteractive” ocorre quando os indivíduos respondem a uma mudança promovida pelo fator ambiental.²⁹ Um exemplo seria quando os humanos idealizaram e produziram roupas, ou ainda quando aprenderam a manusear o fogo como forma de contrabalançar temperaturas mais baixas. Esse seria um caso de construção de nicho “counteractive” perturbacional. Por outro lado, se esses indivíduos reagissem ao decréscimo da temperatura migrando para uma região mais quente durante o inverno e retornando na primavera, surgiria o contexto da construção de nicho “counteractive” relocacional.

Os exemplos para as diversas formas de construção de nicho são muito numerosos. Além disso, as múltiplas formas de construção de nicho não são mutuamente excluídas, podendo-se sobrepor, sendo particularmente importantes na história do *Homo sapiens*, uma espécie única na capacidade de acumular conhecimento através de gerações e alterar grandemente seu ambiente através de revoluções tecnológicas introduzidas por práticas culturais, como veremos abaixo.³⁰

Alguns exemplos

De particular importância no contexto de construção de nicho foram as modificações de hábitos de subsistência e culturais decorrentes da domesticação de plantas e animais protagonizadas pelos humanos modernos há cerca de 12-8 mil anos antes do presente, de maneira independente em vários continentes.³¹ Foi somente a partir da domesticação de plantas e animais que alguns grupos se tornaram sedentários, e assim sedimentaram os alicerces fundamentais para o surgimento das grandes civilizações. Na América, tal revolução se fez presente e marcou o destino de seus primeiros habitantes e descendentes.

Quando os primeiros caçadores-coletores chegaram à América, vindos da Ásia há cerca de 18-15 mil anos antes do presente³², encontraram diferentes latitudes, altitudes, climas, fontes de alimentos e patógenos. Ao longo do tempo e em alguns lugares, a prática da caça e coleta deu lugar à agricultura; mudança motivada, possivelmente, por alterações climáticas. Tal mudança nos hábitos de dieta catalisou uma série de outras, que acabaram por sustentar civiliza-

²⁹ ODLING-SMEE, F. J.; LALAND, K. N. & FELDMAN, M. W. *Op. cit.*

³⁰ KENDAL, J.; TEHRANI, J. J. & ODLING-SMEE, J. Human niche... *Op. cit.*
DIAMOND, J. *Op. cit.*

³¹ LALAND, K. N.; ODLING-SMEE, J. & MYLES, S. How culture shaped...
DIAMOND, J. Evolution, consequences...
RICHARDS, M. P.; SCHULTING, R. J. & HEDGES, R. E. M. Archaeology: sharp shift in diet at onset of Neolithic. *Nature*, v. 425, p. 366, 2003.

VOIGHT, B. F. *et al.* A map of recent positive selection in the human genome. *PLoS Biol.*, v. 4, p. e72, 2006.

³² GONZÁLEZ-JOSÉ, R. *et al.* The peopling of America: craniofacial shape variation on a continental scale and its interpretation from an interdisciplinary view. *Am. J. Phys. Anthropol.*, v. 137, p. 175-187, 2008.

³³ SALZANO, F. M. & BORTOLINI, M. C. *Evolution and genetics of Latin American populations*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 512 p.

³⁴ ACUÑA-ALONZO, V. *et al.* A functional ABCA1 gene variant is associated with low HDL cholesterol levels and shows evidence of positive selection in Native Americans. *Hum. Mol. Genet.*, v. 19, p. 2.877-2.885, 2010.

³⁵ NEEL, J. V. Diabetes mellitus: a 'thrifty' genotype rendered detrimental by 'progress'? *Am. J. Hum. Genet.*, v. 14, p. 353-362, 1962.

³⁶ HÜNEMEIER, T. *et al.* Gene-culture dynamics: an example involving Native Americans. *PLoS One.*, v. 7, p. e38862, 2012.

³⁷ HÜNEMEIER, T. *et al.* Gene-culture dynamics: an example involving Native Americans. *PLoS One.*, v. 7, p. e38862, 2012.

³⁸ LALAND, K. N.; ODLING-SMEE, J. & MYLES, S. How culture shaped... *Op. cit.*

³⁹ VOIGHT, B. F. *et al.* *Op. cit.*

GERBAULT, P. *et al.* Evolution of lactase persistence: an example of human niche construction. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, v. 366, p. 863-877, 2011.

HOLDEN, C. & MACE, R. Phylogenetic analysis of the evolution of lactose digestion in adults. *Hum Biol.*, v. 69, p. 605-628, 1997.

BERSAGLIERI, T. *et al.* Genetic signatures of strong recent positive selection at the lactase gene. *Am. J. Hum. Genet.*, v. 74, p. 1.111-1.120, 2004.

ções organizadas em estruturas de estado imperial.³³ Outras populações nativas americanas permanecem basicamente como caçadoras-coletoras até os dias atuais. Considerando o exposto acima, os nativos americanos são de suma importância para esta área de estudo, pois ajudam a revelar aspectos importantes sobre a dinâmica da coevolução gene-cultura e da construção de nicho entre a nossa espécie. Por exemplo, recentemente um grupo de investigadores mexicanos em colaboração com vários outros, incluindo nosso grupo de pesquisa, descreveu o primeiro alelo funcional nativo americano associado ao gene de metabolismo ABCA1.³⁴ Nesse trabalho, foi sugerido que as distribuições do alelo variante ABCA1 230Cys poderiam estar relacionadas com a hipótese do genótipo frugal, desenvolvida há quase cinquenta anos por James Neel.³⁵ A hipótese testada indicou que em populações nativas e mestiças mesoamericanas, o alelo variante 230Cys teria tido uma vantagem seletiva em períodos de privação de alimento.

Expandindo esta hipótese inicial, nosso grupo de pesquisa estimou a idade do alelo variante como sendo de ~7.540 anos antes do presente, e sua distribuição estaria mais especificamente correlacionada à domesticação do milho entre os povos pré-colombianos que habitavam a Mesoamérica.³⁶ Além disso, foi possível sugerir que durante a transição de sociedades caçadoras-coletoras para agriculturistas incipientes, quando os períodos de fome eram constantes, indivíduos portadores da variante 230Cys seriam mais resistentes a situações de privação nutricional devido à capacidade desse alelo de armazenar colesterol livre dentro da célula. Hoje, indivíduos portadores do alelo variante 230Cys seriam mais propensos a ter obesidade e doenças correlacionadas à opulência.³⁷ Salienta-se que este é o primeiro exemplo de coevolução entre gene e cultura envolvendo populações nativas americanas e um gene de metabolismo de nutrientes.

A esse exemplo vêm somar-se alguns outros, descritos em vários continentes, que demonstram a importância da domesticação de plantas e animais na definição dos rumos da evolução humana. Uma rápida revisão revela que mais de 100 regiões genômicas/genes já foram identificadas como sendo alvos prováveis de seleção positiva resultante, possivelmente, de pressões culturais oriundas de nichos recentemente construídos.³⁸

Um dos casos mais conhecidos de coevolução gene-cultura é a relação entre a persistência da síntese da enzima lactase (capacitando humanos adultos a digerir a lactose en-

- TISHKOFF, S. A. *et al.* Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nat. Genet.*, v. 39, p. 31-40, 2007.
- ITAN, Y. *et al.* A worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes. *BMC Evol Biol.*, v. 10, p. 36, 2010.
- ⁴⁰ HOLDEN, C. & MACE, R. Phylogenetic... *Op. cit.*
- LEWINSKY, R. H. *et al.* T-13910 DNA variant associated with lactase persistence interacts with Oct-1 and stimulates lactase promoter activity in vitro. *Hum. Mol. Genet.*, v. 14, p. 3.945-3.953, 2005.
- ⁴¹ LALAND, K. N.; ODLING-SMEE, J. & MYLES, S. How culture shaped... *Op. cit.*
- ⁴² LIVINGSTONE, F. B. Anthropological implications of sickle-cell distribution in West Africa. *Am. Anthropol.*, v. 60, p. 533-562, 1958.

Rafael Bisso-Machado é biólogo, com Mestrado em Genética e Biologia Molecular pelo Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
rafaelbmachado@gmail.com

Tábíta Hünemeier é bióloga, com Mestrado e Doutorado em Genética e Biologia Molecular pelo Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
hunemeier@gmail.com

Maria Cátira Bortolini é professora Associada do Departamento de Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É bióloga, com Mestrado e Doutorado em Genética e Biologia Molecular pelo Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
maria.bortolini@ufrgs.br

contrada no leite fresco) e a domesticação de gado, bem como de outros animais produtores de leite. Frequências altas de alelos que promovem a persistência da lactase são geralmente observadas em comunidades pastoris tradicionais. Tal característica está presente em 64% dos indivíduos da etnia de pastores Beni Amir, do Sudão, contrastando com a frequência três vezes mais baixa (20%) encontrada em uma comunidade vizinha cuja atividade pastoril não é observada. Na Europa, a persistência da lactase varia num gradiente sul-norte de 15% a 96%.³⁹ Múltiplas mutações independentes têm sido associadas com a síntese da lactase na fase adulta, algumas das quais no gene *MCM6* -13910 pares de base a montante do gene *LCT*, uma região fundamental para a expressão de lactase.⁴⁰

Outro exemplo seria a sociedade agriculturalista Kwa, do oeste africano. Os Kwa costumavam cortar e limpar a floresta para cultivar o inhame, o que resultou em um aumento considerável de poças de água depois da chuva. Esta mudança provocada no ambiente, proporcionou muitos novos criadouros para mosquitos transmissores da malária⁴¹, favorecendo o aumento da frequência do alelo S da hemoglobina, que confere proteção contra a malária em indivíduos heterozigotos.⁴²

Concluindo, pode-se dizer que a cultura tem moldado a história evolutiva humana de forma inigualável. Os humanos constroem nichos que permitem a sobrevivência em ambientes antes inexpugnáveis e inabitáveis. Ao fazerem isso, relaxam a pressão da seleção natural sobre alguns elementos, ao mesmo tempo em que novas necessidades são introduzidas, sinalizando o surgimento de novas pressões seletivas atuantes, seja na nossa espécie, seja nas demais que habitam os mesmos ambientes e ecossistemas. As marcas desse processo dinâmico estão sendo reveladas através dos estudos genéticos, como mostram os exemplos citados acima. No entanto, ao nos depararmos com o extraordinário desenvolvimento tecnológico da atualidade e o quanto este pode alterar a história da vida na Terra, percebemos que é uma tarefa um tanto quanto difícil imaginar para onde o processo da coevolução entre genes e cultura nos levará. Esperemos que seja para uma conjuntura onde o desenvolvimento e o bem-estar bastem para todos os seres humanos, para que vivam em harmonia e respeito com os demais seres vivos que habitam o planeta.