

Two stones fuel debate over when America's first settlers arrived

Microscopic bone residue on rocks possibly used to smash mastodon remains draws new scrutiny

Scientific debate about the most controversial archaeological site in the Americas has entered rocky new territory.

In 2017, scientists reported that around 130,000 years ago, an unidentified *Homo* species used stone tools to break apart a mastodon's bones near what is now San Diego. If true, that would mean that humans or one of our close evolutionary relatives reached the Americas at least 100,000 years earlier than previously thought, dramatically reshaping scientists' understanding of when the region was settled.

Critics have questioned whether the unearthed stones were actually used as tools. And other researchers suggested that supposed tool marks on the bones could have been created as the bones were carried by fast-moving streams or caused by construction activity that partially exposed the California site before its excavation in 1992 and 1993.

But new analyses bolster the controversial claim, says a team that includes some of the researchers involved in the initial finding. Chemical residue of bones appears on two stones previously found among mastodon remains at the Cerutti Mastodon site, the scientists report in the December *Journal of Archaeological Science: Reports*. The two Cerutti rocks also show signs of having delivered or received hard blows where bone residue accumulated, the team says. The larger stone may have served as a platform on which the bones were smashed open with the smaller stone, possibly to remove marrow for eating or to obtain bone chunks suitable for shaping into tools.

"Many repeated blows are likely to have created the concentrations of broken [mastodon] bones" found at the site, says Richard Fullagar, a geoarchaeologist at the University of Wollongong in Australia who was also part of the original research. Hominids — perhaps Neandertals, Denisovans, *Homo erectus* or *Homo sapiens* — battered the large creature's remains on one or possibly several visits to the site, Fullagar contends.

In the new study, Fullagar, Wollongong geoarchaeologist Luc Bordes and colleagues used microscopes to determine that the chemical and molecular structure of residue on the two stones matched that of bones in general. That residue must have been acquired by pounding apart mammoth bones that were found scattered around the stones, the team argues. Since microscopic remnants of bone appeared only where stones showed signs of wear and hard impacts, it's unlikely that the stones accumulated the residue by accidentally coming in contact with mastodon bones after being covered by sediment, the scientists say.

Parts of broken Cerutti mammoth bones are also covered with hardened crusts that formed thousands of years ago or more. The survival of those crusts, the researchers contend, contradicts the argument that Cerutti stones and bones may have been damaged by construction activity.

But the new findings haven't settled the dispute. Repeated truck traffic over the area during construction could have jostled recently buried stones against older, fossilized mastodon bones, creating damage that has been confused for ancient, intentional tool use, says archaeologist Gary Haynes of the University of Nevada, Reno. For instance, one previously unearthed mastodon limb bone was shattered into several hundred pieces, consistent with the effects of heavy trucks frequently rumbling overhead, Haynes says.

The newly analyzed bone residue also does not include collagen. This component of bone typically degrades during fossilization, but traces from fresh bone can stick around. Stones presumably used a long time ago to break fresh mastodon bones should have picked up residue containing at least some collagen. So that lack raises the possibility that, rather than ancient stones being used to break fresh mastodon bones, truck traffic thrust buried stones against fossilized mastodon bones containing little or no surviving collagen, Haynes says.

An unpublished 2015 study, also coauthored by Fullagar, found collagen residues on three Cerutti stones, including the newly proposed hammering stone. That investigation used a special dye to identify collagen traces. Further research is needed to determine whether the techniques used in the new study can't detect ancient collagen residues or if collagen-retaining areas of the two Cerutti stones just weren't sampled.

1) A alternativa que melhor resume os achados das pesquisas discutidas no texto é:

a) Resíduos microscópicos de pedra em ferramentas encontradas na Califórnia para quebrar ossos de mastodontes sugerem que humanos estiveram nas Américas há cerca de 130 mil anos.

b) Resíduos microscópicos apontam que pedras encontradas foram utilizadas para quebrar ossos de mastodontes na Califórnia, sugerindo a presença de humanos nas Américas há mais tempo do que previamente acreditado.

c) Há explicações plausíveis para a presença de resíduos de osso nas pedras encontradas.

d) Os achados das expedições arqueológicas sugerem que, diferente do esperado, há vestígios de presença humana na Califórnia há pelo menos 100 mil anos.

2) O trecho “Critics have questioned whether the unearthed stones were actually used as tools”, no terceiro parágrafo, pode ser substituído, sem grandes mudanças da ideia original, por:

a) Researchers acknowledge that it is possible to question the authenticity of the stones as tools.

b) The unearthed stones were not used as tools since there are critics about their authenticity.

c) There are questions if the excavated stones were indeed tools.

d) Critics wonder if the buried stones are tools currently used.

3) O texto apresenta justificativas alternativas para a presença de resíduos microscópicos de ossos nas pedras encontradas, as quais são diferentes da justificativa proposta pelos pesquisadores. Assinale a alternativa que não apresenta uma dessas justificativas alternativas para explicar os achados.

a) As pedras acumularam os resíduos após entrarem em contato com os ossos.

b) O alto tráfego da área pode ter misturado pedras recém enterradas com ossos fossilizados.

c) Não há resíduos de colágeno no resíduo de osso.

d) As pedras foram utilizadas para quebrar ossos.

4) De acordo com a hipótese dos pesquisadores, assinale a alternativa que corresponde ao uso das pedras.

a) A pedra maior foi utilizada como uma plataforma para quebrar ou esmagar ossos usando a pedra menor.

b) As pedras foram utilizadas como ferramentas para escavação e corte de comida.

c) Ambas as pedras foram utilizadas como maneira de retirar a medula e o colágeno dos ossos, além de quebrar os ossos em pedaços menores para confecção de ferramentas.

d) A pedra menor foi utilizada para extrair a medula dos ossos enquanto a grande foi usada para moldar ferramentas.

5) A expressão “rather than”, no trecho “So that lack raises the possibility that, rather than ancient stones being used to break fresh mastodon bones, truck traffic thrust buried stones against fossilized mastodon bones containing little or no surviving collagen, Haynes says.”, pode ser substituído, sem alteração de significado ou quebra de regras gramaticais, por:

a) Even though the.

- b) Despite the.
- c) Different than.
- d) Instead of the.

6) Em uma das pesquisas que analisou os resíduos encontrados nas pedras, pesquisadores utilizaram um tipo de corante para:

- a) Destacar marcas de desgaste para a análise das pedras.
- b) Diferenciar as pedras possivelmente utilizadas como ferramentas daquelas inseridas durante as construções na década de 90.
- c) Identificar resquícios de colágeno.
- d) Averiguar vestígios de ossos em pedras próximas àquelas encontradas inicialmente.

7) O texto apresenta uma discussão com base em três pesquisas: uma que propôs o uso de pedras como ferramentas há mais tempo do que previamente acreditado; outra que aprofunda os achados da pesquisa inicial; e outra que não teve seus resultados publicados. Com base nas informações apresentadas no texto sobre essas pesquisas, a única alternativa correta, das listadas abaixo, é:

- a) As três pesquisas baseiam-se na presença de colágeno nas pedras para justificar sua utilização como ferramentas.
- b) Os achados das pesquisas são questionados devido às construções que ocorreram na área, as quais podem ter contaminado as amostras.
- c) A utilização dessas pedras como ferramentas há 130 mil anos difere-se dos achados anteriores, pois só há vestígios de humanos nas Américas há cerca de 100 mil anos atrás.
- d) A pesquisa atual opõe-se à proposta da primeira pesquisa, pois busca demonstrar o uso das pedras como ferramentas a partir de vestígios de ossos e marcas de desgaste.

8) As pesquisas apresentam três achados para contrariar as críticas de contaminação, sendo um deles:

- a) Um tipo de crosta endurecida, naturalmente presente nos ossos de mamutes, que não foi danificada durante as construções.
- b) A presença de resíduos apenas nas áreas desgastadas das pedras.
- c) O alto movimento de caminhões que pode ter reenterrado pedras antigas e desenterrado novas pedras.
- d) A ausência de vestígios de colágeno, o que indicaria o uso das pedras como ferramentas para quebrar ossos, não retirar as peles dos mamutes.

9) Com base no trecho “But new analyses bolster the controversial claim, says a team that includes some of the researchers involved in the initial finding”, é possível afirmar que uma nova pesquisa:

- a) Opõe-se aos achados da primeira pesquisa.
- b) Reforça os achados da primeira pesquisa.
- c) Critica os achados da primeira pesquisa.

d) Nega os achados da primeira pesquisa.

10) Explique, com base nas informações apresentadas no texto, qual a hipótese das pesquisas discutidas para a utilização das pedras encontradas e quais evidências são utilizadas para reforçar esses achados.

Os pesquisadores acreditam que as pedras foram utilizadas para quebrar ossos. Algumas das evidências para reforçar essa hipótese são marcas de desgaste nas pedras, as quais contêm resíduos de ossos. A presença de colágeno, dando indícios de seu uso. E uma crosta endurecida intacta para rebater as críticas de contaminação do local.

Fundamental constants place a new speed limit on sound

Under normal conditions, sound waves can't go faster than 36 kilometers per second

Physicists have proposed an ultimate limit to the speed that sound waves can travel under conditions normally found on Earth. The number is based on fundamental constants, important numbers in physics that govern properties and interactions of subatomic particles.

Sound has a speed limit. Under normal circumstances, its waves can travel no faster than about 36 kilometers per second, physicists propose.

Sound zips along at different rates in different materials. But under conditions found naturally on Earth, no material can host sound waves that outpace this ultimate limit, which is about 100 times the typical speed of sound traveling in air.

The team's reasoning rests on well-known equations of physics and mathematical relationships. "Given the simplicity of the argument, it suggests that [the researchers] are putting their finger on something very deep," says condensed matter physicist Kamran Behnia of École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles in Paris.

The equation for the speed limit rests on fundamental constants, special numbers that rule the cosmos. One such number, the speed of light, sets the universe's ultimate speed limit — nothing can go faster. Another, known as the fine-structure constant, determines the strength with which electrically charged particles push and pull one another. When combined in the right arrangement with another constant — the ratio of the masses of the proton and electron — these numbers yield sound's speed limit.

Sound waves, which consist of the vibrations of atoms or molecules, travel through a material as one particle jostles another. The wave's speed depends on various factors, including the types of chemical bonds holding the material together and how massive its atoms are.

None of the sound speeds previously measured in a variety of liquids and solids surpass the proposed limit, condensed matter physicist Kostya Trachenko and colleagues found. The fastest speed measured, in diamond, was only about half the theoretical maximum.

The limit applies only to solids and liquids at pressures typically found on Earth. At pressures millions of times that of Earth's atmosphere, sound waves move faster and could exceed the limit.

One material expected to boast a high sound speed exists only at such high pressures: hydrogen squeezed hard enough to turn into a solid metal. That metal has never been convincingly created, so the researchers calculated the expected speed instead of using a measurement. Above about 6 million times Earth's atmospheric pressure, the sound speed limit would be broken, the calculations suggest.

The role of the fundamental constants in sound's maximum speed results from how the waves move through materials. Sound travels thanks to the electromagnetic interactions of neighboring atoms' electrons, which is where the fine-structure constant comes into play. And the proton-electron mass ratio is important because, although the electrons are interacting, the nuclei of the atoms move as a result.

The fine-structure constant and the proton-electron mass ratio are dimensionless constants, meaning there are no units attached to them (so their value does not depend on any particular system of units). Such dimensionless constants fascinate physicists, because the values are crucial to the existence of the universe as we know it. For example, if the fine-structure constant were significantly altered, stars, planets and life couldn't have formed. But no one can explain why these all-important numbers have the values they do.

"When I have sleepless nights, I sometimes think about this," says Trachenko, of Queen Mary University of London. So he and colleagues are extending this puzzle from the cosmic realm to more commonplace concepts like the speed of sound. Trachenko and coauthor Vadim Veniaminovich Brazhkin of the Institute for High Pressure Physics, in Troitsk, Russia, also reported a minimum possible viscosity for liquids.

That viscosity limit depends on the Planck constant, a number at the heart of quantum mechanics, the math that governs physics on very small scales. If the Planck constant were 100 times larger, Trachenko says, "water would be like honey, and that probably would be the end of life because the processes in cells would not flow as efficiently."

11) De acordo com as informações sobre a velocidade e propagação de ondas sonoras discutidas no texto, assinale a única alternativa verdadeira.

a) A velocidade do som só ultrapassa o limite teórico em poucos materiais de alta densidade, como diamantes.

- b) O som tem um limite de velocidade teórico, o qual é atingido em poucas situações nas condições encontradas na Terra.
- c) Ondas sonoras tendem a se propagar com maior velocidade em materiais de baixa densidade, como metais sólidos.
- d) Dadas as condições apropriadas, ondas sonoras poderiam se propagar em uma velocidade superior ao limite teórico estabelecido.

12) A palavra “exceed”, no trecho “At pressures millions of times that of Earth’s atmosphere, sound waves move faster and could exceed the limit.”, pode ser substituída, sem grandes mudanças de significado ou quebra de regras gramaticais, por:

- a) Lessen.
- b) Surpass.
- c) Decrease.
- d) Reduce.

13) Assinale a alternativa que corresponde à única posição em que o trecho “- moving faster in water than in air for example” pode ser inserido no seguinte parágrafo:

Sound zips along at different rates in different materials [1]. [2] But under conditions found naturally on Earth, no material can host sound waves that outpace this ultimate limit, [3] which is about 100 times the typical speed of sound traveling in air [4].

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

14) No final do texto, o autor apresenta um exemplo sobre viscosidade de líquidos. Das alternativas abaixo, qual representa melhor o intuito do autor em inserir essa comparação no texto?

- a) Exemplificar como pesquisadores estão levando questionamentos cósmicos, como as constantes fundamentais, para conceitos mais comuns.
- b) Comparar o comportamento de líquidos com o movimento de ondas sonoras.
- c) Exemplificar conceitos que tiram o sono de pesquisadores.
- d) Demonstrar como a mudança no limite de velocidade das ondas sonoras poderia afetar outros aspectos, como a viscosidade dos líquidos durante sua propagação.

15) De acordo com as informações apresentadas no texto, o limite máximo para a velocidade de ondas sonoras é algo teórico, pois:

- a) A velocidade do som pode variar, dependendo do material e do meio de propagação.
- b) Em materiais de alta densidade, como diamantes, ondas sonoras se propagam com maior velocidade.

c) Ele refere-se apenas a materiais sólidos e líquidos considerando a pressão atmosférica da Terra.

d) Não é possível averiguar a velocidade do som em todos os materiais e líquidos da Terra.

16) Segundo o texto, vários fatores influenciam a velocidade em que ondas sonoras se propagam através de materiais, exceto:

a) O tamanho dos átomos, pois materiais mais longos tendem a desacelerar a propagação do som.

b) A interação eletromagnética dos elétrons em átomos vizinhos.

c) A pressão atmosférica e o tipo de material.

d) A densidade dos átomos e o tipo de ligação química do material.

17) O trecho “The team’s reasoning rests on well-known equations of physics and mathematical relationships” refere-se:

a) A contribuição dos pesquisadores para a área de estudo.

b) As equações e princípios matemáticos resultantes da pesquisa.

c) A simplicidade dos argumentos sugeridos.

d) A fundamentação dos pesquisadores.

18) Com base no parágrafo destacado, a alternativa que melhor resume sua ideia principal é:

Sound zips along at different rates in different materials. But under conditions found naturally on Earth, no material can host sound waves that outpace this ultimate limit, which is about 100 times the typical speed of sound traveling in air.

a) Na Terra, a velocidade de propagação de ondas sonoras pelo ar é 100 vezes menor do que o limite teórico estipulado para a velocidade do som.

b) Em condições apropriadas, a velocidade de propagação de ondas sonoras pelo ar na Terra pode ultrapassar em, até 100 vezes, o limite teórico estipulado para a velocidade do som.

c) Utilizando uma combinação de materiais e de condições apropriadas encontradas na Terra, é possível ultrapassar o limite teórico de velocidade do som em até 100 vezes.

d) Mesmo que as condições estejam apropriadas e os materiais favoreçam a propagação de ondas sonoras, a velocidade do som na Terra ainda é 100 vezes inferior ao limite teórico.

19) Qual o objetivo do texto ao apresentar o trecho “which consist of the vibrations of atoms or molecules, travel through a material as one particle jostles another”?

a) Exemplificar quais fatores influenciam a velocidade de propagação de ondas sonoras.

b) Exemplificar como os pesquisadores chegaram ao limite teórico de velocidade do som, baseando-se na relação da densidade dos prótons e elétrons.

c) Explicar como experimentos passados não foram capazes de atingir o limite teórico utilizando diferentes materiais.

d) Explicar o que são ondas sonoras e como elas se propagam.

20) Baseando-se nas informações apresentadas e discutidas no texto, explique a hipótese de Trachenko e colegas sobre como seria possível superar o limite teórico de velocidade das ondas sonoras.

Os pesquisadores calculam que utilizando hidrogênio em estado de metal sólido, um material ainda inexistente na Terra, em uma pressão atmosférica 6 milhões de vezes maior do que a terrestre, seria possível ultrapassar o limite teórico da velocidade do som.