

## Conhecimento geológico do material mineral, uma contribuição para arqueologia: conceitos e características petrográficas

Thais Cristina Vargas Garrido<sup>1</sup>  & Diego Chermant Emmerich<sup>2</sup> 

- (1) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Mineralogia e Petrologia Ígnea, Rua São Francisco Xavier, 524 - Sala 4029/Bloco A, 20 559-900 - Rio de Janeiro/RJ. E-mail: thaisvargasuerj@gmail.com
- (2) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Estudante do Curso de Graduação em Arqueologia, Rua São Francisco Xavier, 524 - Sala 9005/Bloco D, 20559-900 - Rio de Janeiro/RJ. E-mail: dchermant@gmail.com

---

Garrido, T.C.V. & Emmerich, D.C.,(2023) Conhecimento geológico do material mineral uma contribuição para arqueologia: conceitos e características petrográficas. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, 7: e1915. <http://dx.doi.org/10.56814/pecen.v7i1.1915>

---

**Editor acadêmico:** Fernando Portela da Cunha. **Recebido:** 09 maio 2022. **Aceito:** 14 março 2023. **Publicado:** 30 maio 2023.

---

**Resumo:** As rochas arenito, calcário, flint, mármore, granito, gnaiss e obsidiana, são frequentemente mencionadas na literatura arqueológica, tendo sido utilizadas há milhares de anos como material para a fabricação de objetos, utensílios, ferramentas e edificações. Este trabalho aborda a matéria-prima geológica utilizada em tempos primórdios da vida do homem primitivo, tem o objetivo de esclarecer a natureza mineral, conceitos e características petrográficas. Trata-se de artefatos líticos constituídos de rochas, minerais silicosos, e mineralóides, de estruturas cristalina, microcristalina, criptocristalina e amorfa. Esses materiais possuem natureza coesa, dureza alta ( $\pm 7$ , escala Mohs), grande resistência à alteração e fraturamento em lascas, assim, representaram importantes elementos para várias aplicações. São mencionados, ainda, os materiais pétreos das primeiras edificações e objetos domésticos de argila e cerâmica. Soma-se ao trabalho a caracterização dos pigmentos inorgânicos em ocre, provenientes de óxi-hidróxidos de metais observados em pinturas rupestres. Tais materiais pétreos e metálicos foram efetivamente frequentes e significativos, e representam uma oportunidade potencial de se estudar as transformações vivenciadas pelos povos primitivos.

**Palavras chave:** rochas, minerais, pigmentos, material lítico.

### Geological knowledge of mineral material a contribution to archeology: petrographic concepts and characteristics

**Abstract** The stones often mentioned in the archaeological literature, sandstone, limestone, flint, marble, granite, gneiss, and obsidian, have been used by humankind for thousands of years as raw material to manufacture objects, utensils, tools, and buildings. This work presents the geological raw material existing in artifacts in the history of primitive man. Furthermore, this report aims to inform about the mineral nature, concepts, and petrographic characteristics of that respective material. These artifacts are produced with rocks, siliceous minerals, and mineraloids containing microcrystalline, cryptocrystalline, and amorphous structural configurations. The objects are lithic artifacts handcrafted mainly from rocks rich in silica ( $\text{SiO}_2$ ) content, minerals, mineraloids, crystalline, microcrystalline, cryptocrystalline, and amorphous silica structures. These materials have a cohesive nature, high hardness ( $\pm 7$ , Mohs scale), conchoidal fracture, and great resistance to alteration, therefore, representing important elements for various applications. Moreover, stone materials from the first buildings and domestic utensils made of clay and ceramics are also mentioned. The characterization of inorganic pigments, the ochres, is also carried out, and they come from metallic oxy-hydroxides that were a source of cave paintings. Such stony and metallic materials were effectively significant hence, representing an excellent opportunity to study the transformations experienced by primitive peoples.

**Key words:** rocks, minerals, pigments, lithic material.

## Introdução

Na trajetória da vida humana, as pedras representaram uma matéria-prima natural com diversas aplicabilidades, deixando evidências materiais das sociedades do passado, e refletindo que sempre estiveram disponíveis nas paisagens ao alcance das populações.

Os arqueólogos usam o termo lítico para se referirem aos itens ou utensílios de pedras feitos ou modificados a partir da ação humana. “A relação entre o ser humano e esses materiais é de tal importância que levou a definir com os seus nomes, as diferentes eras da humanidade até o presente, como a Idade da Pedra à Era do Silício” (NAVARRO, 2006, p. 2)

Esse material se apresentou como artefatos, instrumentos, edificações, abrigos e habitações. Dessa forma, a geologia foi naturalmente usufruída e vivenciada pelo homem, revelando o estilo de vida praticado em cada época e oferecendo a possibilidade de se compreender as transformações por que passaram as sociedades. Os produtos foram aplicados, modificados e aperfeiçoados em função das reais circunstâncias e necessidades praticadas em cada tempo.

Este trabalho objetiva apresentar as características geológicas pétéo-mineralógicas de objetos e materiais frequentemente mencionados na literatura, que fizeram parte da história humana primitiva, incluindo em parte os da Idade dos Metais.

São materiais minerais presentes ao longo da evolução humana: o sílex, obsidiana, basalto, diabásio, granito, calcário, mármore, ardósia, quartzito, arenito, espécimes minerais silicificados, argila, pigmentos inorgânicos, metais nativos e ligas. Assim, na pré-história eram utilizados com finalidades rudimentares, sobretudo os que representavam interações com a realidade do ambiente e a sobrevivência do homem primitivo (hominíneos). Salienta-se, que este, do gênero *Homo* foi primeiramente revelado pela equipe britânica-queeniana em pesquisa liderada por Mary Leakey e **Louis S.B. Leakey**, na Garganta de Olduvai, região africana do *Great Rift Valley* na Tanzânia, ainda aí, a presença de seixos talhados foi relacionada ao notável achado (LEAKEY, 1964).

## Material e Métodos

Inicialmente foi realizada uma compilação da literatura sobre os assuntos matéria-prima lítica e rupestre, disponível em livros físicos e periódicos eletrônicos, visando à fundamentação da matéria. Em seguida, o trabalho compreendeu de atualização, reformulação dos conceitos, sumarização de textos, adaptação e concepções, agregando ainda, o conhecimento obtido da experiência acadêmica dos autores.

### Considerações sobre os estudos líticos.

Além de abordar as matérias pétreas naturais, o presente trabalho considera também pigmentos minerais e materiais de constituição metálica.

Nas décadas de 1930 e 1940, os trabalhos de escavação científica em Olduvai Gorge, conduzidos pela equipe de LEAKEY, op.cit, p.2, levaram a constatação das primeiras ferramentas de pedras pertencentes à Indústria Lítica Olduvaiensi. O acompanhamento do grau de desenvolvimento desses objetos levou a definição de divisões do Paleolítico. Acredita-se que esses utensílios tenham sido feitos pela espécie *Homo habilis* que viveu no continente africano há 2,6 milhões de anos, tempo denominado Tradição Oldowan, com referência a tal sítio arqueológico do Paleolítico Inferior. Tendo também, sido mencionados, achados, relacionados à fabricação de ferramentas de exemplares encontrados em Gona, Etiópia (SEMAW, 1997). Contudo, em West Turkana (Quênia), evidências em um sítio arqueológico de 3,3 milhões de anos, artefatos de pedra observados foram associados em espaço-temporal aos fósseis homínídeos do Plioceno, o que antecede o Oldowan em 700.000 anos (HARMAND et al., 2015).

As notáveis pesquisas de Semaw et al. (2000, p. 1211) com base na datação radioisotópica ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ) e na magnetoestratigrafia, mostraram evidências de ferramentas de pedras

## Conhecimento geológico do material mineral, uma contribuição para arqueologia

produzidas pelos ancestrais humanos (entre 2,6 - 2,5 milhões de anos atrás) na África Oriental e, Stout et al. (2005, p. 380) revelaram a matéria-prima estudada em seixos observados em Gona, como sendo constituídos de chert, traquito, riolito, latito, quartzo latito, basalto e obsidiana.

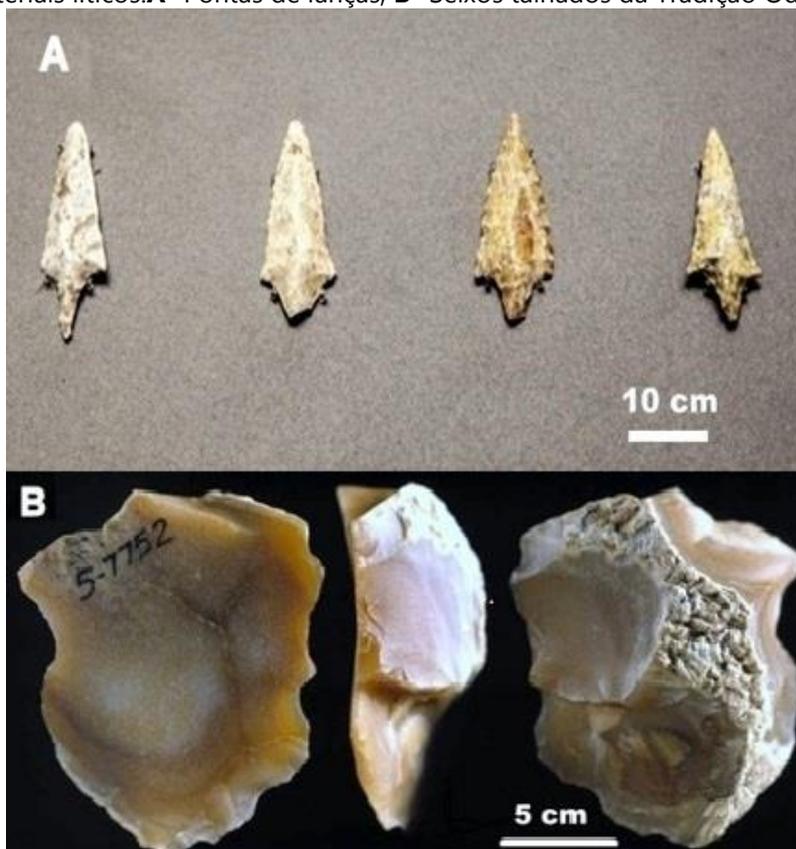
“A abundância de pequenas ferramentas em conjuntos arqueológicos a partir do Paleolítico Inferior foi reconhecida por muitos pesquisadores nos últimos 15 anos” (VENDITTI et al., 2019, p. 109).

Prous (1986) estudou os tipos de artefato líticos e seus elementos descritivos e classificatórios, também, mencionou exemplos da Pré-História do Brasil e da arqueologia mundial.

A “Tradição de Oldowan” foi definida como uma tecnologia primitiva de confecção de ferramentas de pedra lascada representando os mais antigos artefatos, originalmente assim nomeada após as descobertas feitas na Tanzânia. Envolve a lascagem de seixos, batendo as pedras umas nas outras, para produzir flocos com uma ponta afiada, além de ser recortadas no núcleo, como técnica de entalhe para a produção de machados, assim como lascas de sílex para facas que serviam especialmente para o corte de peles e carnes de animais.

A Figura 1 exibe artefatos líticos pré-históricos, materiais valiosos para sobrevivência humana: (Figura 1A) são pontas de lanças utilizadas como instrumentos de caça; (Figura 1B) lasca feita de chert, representa um dos mais importantes tipos de ferramentas de 1,5 a 2 milhões de anos atrás, feitas pelo Homo habilis, tratando-se de pedras silicosas modeladas com bordas afiadas de corte manuais.

**Figura 1** - Materiais líticos: **A**- Pontas de lanças; **B**- Seixos talhados da Tradição Oduvaiense.



Fonte: **A**- Juan Aunión<sup>1</sup>; **B**- Peter A. Bostrom<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/madrid-spain-february-24-2017-four-599106080>. Acesso 16 dezembro 2021.

<sup>2</sup>Disponível em: <http://lithiccastinglab.com/gallery-pages/oldowanstonetools.htm>. Acesso 16 dezembro 2021.

Ao longo da história humana, as ferramentas de pedra chamadas líticas, foram feitas por muitas pessoas, sociedades e culturas diferentes. Os instrumentos primitivos foram produzidos

de substâncias duras (pedra, osso, madeira, metal, concha etc.) embora, determinados artefatos tenham sido feitos de matéria macia como argila (barro). Os materiais minerais duros como o sílex, demais variedades silicosas finas de quartzito, obsidiana, quartzito e basalto se prestam ao talhamento, procedimento que faz aparecer um gume fortemente cortante que permite a criação de instrumentos de corte. Entretanto, várias rochas duras e resistentes como o gnaisse e o granito podem ser picoteadas (marteladas) ou polidas (por abrasão) mas, não, lascadas.

### As técnicas líticas primitivas

Os métodos relativos a técnicas de confecção lítica incluem: lascamento, picoteamento, polimento e técnicas derivadas, como a perfuração e serramento (PROUS, 1986). Lascamento é uma técnica para fazer ferramentas de pedra e armas golpeando lascas de um núcleo com um instrumento de percussão duro (pedra) ou menos duro (chifre). Mais comum são os batedores ou pedras (por exemplo o quartzito) utilizadas como martelos para lascas frágeis, picotear superfícies de pedra, fincar estacas etc. Flocos ou núcleos individuais decorrentes podem ser modificados posteriormente, para criar ferramentas, a saída da lasca faz aparecer um gume cortante. O picoteamento ocorre quando pequenos golpes na pedra vão provocar somente o desprendimento de matéria em forma de um fragmento ou pó, deixando uma cicatriz pequena. Tal técnica permite retirar arestas e cavar concavidades. Essas pedras, sejam elas menos resistentes como o calcário ou mais duras como gnaisse e granito podem ser picoteadas (marteladas) ou polidas (por abrasão), mas não são apropriadas para serem lascadas. Rochas granulares, ricas em sílica (arenitos, gnaisse, granito) são referidas como polidores fixos: em cujos afloramentos localizados perto da água os homens esfregavam as pedras que desejavam polir e até furar. A perfuração é considerada feita com uma broca de pedra lascada, colocada na extremidade de um cabo de madeira, imprime-se um movimento rotativo com as mãos ou um pequeno arco para a realização do furo. Algumas lascas (ditas denticuladas) apresentam várias reentrâncias o que podem ser objetos utilizados para serrar.

### Materiais geológicos conceitos e caracterização

Serão aqui abordadas as seguintes substâncias geológicas: minerais, rochas, mineralóides e pigmentos minerais. Neste trabalho os conceitos sobre esses materiais são baseados na vasta literatura consagrada, sustentados por meio de pesquisas dos autores na academia científica, contribuições de trabalhos atualizados e adaptações a partir de Panchuck (2019) e Klein e Dutrow (2012).

### Minerais

Os minerais representam unidades básicas constituintes das rochas. Podem ser tanto substâncias químicas simples e puras, que se apresentam como um agrupamento de átomos de um único elemento químico, por exemplo, os metais ouro (Au), cobre (Cu) e platina (Pt), ou um não metal, como diamante (C) e enxofre (S), ou ainda, podem ser substâncias com diferentes elementos químicos na sua constituição como exemplos têm-se o quartzito ( $\text{SiO}_2$ ) e feldspato ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). Para serem minerais, essas substâncias devem ser naturais, sólidas, homogêneas, de origem inorgânica, apresentar características físicas próprias e estrutura atômica altamente ordenada, definindo um padrão geométrico repetitivo e tridimensional, de tal forma perfeita, que leva macroscopicamente demonstrar a configuração externa de um sólido com faces planas. Essa organização representa, extraordinariamente, o estado cristalino característico do arranjo atômico estruturado. A condição de mineral requer ainda, que sua composição química

seja definida e representada por uma fórmula química. A classificação mineral tem como base a composição química e o tipo específico de estrutura interna, tais parâmetros juntos representam a essência de cada mineral e determinam suas propriedades físicas.

Existem substâncias que são cristalinas (seus componentes químicos se agrupam em um arranjo organizado, repetitivo e ordenado), contudo, possuem origens orgânicas, por exemplo, os carbonatos de cálcio aragonita e calcita formam a pérola (sistema cristalino ortorrômbico) com estrutura microcristalina, a concha de ostra comestível (sistemas romboédrico ou trigonal) e o coral (sistema hexagonal). Por outro lado, a opala uma sílica hidratada amorfa (não cristalizada) possui origem tanto inorgânica, formada a partir de diferentes tipos de rochas, como orgânica, proveniente de algas diatomáceas de fundos de lagos ou oceanos, em que as paredes celulares são feitas de  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . A ausência de estrutura cristalina não permite a passagem de luz polarizada em análise ao microscópio petrográfico. A obsidiana ou vidro vulcânico é uma rocha constituída de sílica em que falta uma disposição ordenada de átomos é, portanto, de estrutura chamada amorfa. Todas essas substâncias mencionadas podem ser chamadas mineralóides (semelhantes aos minerais) quando lhes falta algum dos parâmetros requeridos para a completa denominação de mineral.

### Rochas

Rochas são agregados consolidados de materiais geológicos que podem consistir da presença repetitiva de um mesmo mineral, diferentes minerais, material inorgânico não cristalizado como o vidro vulcânico, fragmentos de rochas, conchas de organismos, fósseis, e até excrementos de aves ou morcegos (guano). Podem ainda, consistir de materiais orgânicos de origem vegetal parcialmente decompostos, como o linhito (um tipo de carvão mineral). A nomenclatura de rochas, comumente emprega o sufixo "ito" ao nome das rochas (granito, granodiorito) e "ita" aos dos minerais (calcita, magnetita).

As rochas são agrupadas em três categorias genéticas: rochas ígneas ou magmáticas, rochas sedimentares e rochas metamórficas.

### Rochas Ígneas

Rochas ígneas se formam quando a substância rochosa fundida (magma) esfria e se solidifica em profundidade na crosta terrestre (plutonismo) ou na superfície (vulcanismo). O magma (temperatura  $\pm 1300$  graus Celsius) é gerado da fusão do manto superior da Terra ou da crosta inferior que ocorre apenas em circunstâncias tectônicas excepcionais. Por outro lado, a transformação radiogênica de elementos como potássio, urânio, tório libera calor e promove a fusão da rocha. Quando os geólogos se referem ao magma, eles estão falando da rocha derretida que se forma sob a superfície da Terra dando origem a uma rocha ígnea plutônica p.ex. granito, gabro, sienito ou granodiorito, em que se enxergam facilmente os minerais a olho nu. Se esse material fundido (melt) chegar à superfície e continuar fluindo como um líquido, é chamado de lava. A maior parte do magma fica presa na crosta, mas, parte pode ascender entrar em erupção ou alimentar um vulcão e ser expulso como lava. A rocha vulcânica se forma na superfície da Terra ou muito próxima a ela, a partir do resfriamento rápido do magma, são exemplos o riolito, basalto, traquito ou dacito, os minerais são tão pequenos (micrólitos, ao microscópio) que macroscopicamente não são visíveis individualmente. E, pode apresentar na sua superfície marcas circulares com um relevo negativo, indicativas da presença de gases que se movimentaram e escaparam após a solidificação do melt, assim demonstrando pequenas cavidades (vesículas). Quando não ocorre tempo suficiente para ocorrer a cristalização, por causa da solidificação muito rápida, o vidro vulcânico poderá se formar, disseminado no meio dos micrólitos, ou ainda, produzir uma rocha vítrea como a obsidiana.

### Rochas Sedimentares

Quaisquer rochas das proximidades da superfície da Terra são expostas à ação da atmosfera, hidrosfera, biosfera e passam por desgaste físico e alteração química (intemperismo), sendo assim, gradualmente alteradas e desagregadas em fragmentos menores. Formam acúmulos de partículas inorgânicas (minerais e rochas) ou orgânicas depositadas na superfície da Terra (p. e. matéria vegetal). As partículas soltas são chamadas de sedimentos, e quando compactadas constituem as rochas sedimentares. Essas, removidas pela erosão, se colocam em camadas (estratos), de até muitos milhares de metros, são então depositadas em uma estrutura geológica, chamada bacia sedimentar, como é a área oceânica do pré -sal, um reservatório de petróleo em território marinho brasileiro (entre os litorais de Santa Catarina e Espírito Santo), consiste de uma sequência de rochas sedimentares a 7 mil metros abaixo do nível do mar.

Dependendo do processo atuante, essas rochas podem ser incluídas em quatro grupos: rochas sedimentares clásticas, químicas, bioquímicas (biogênicas) e orgânicas.

### **Rochas sedimentares clásticas ou detríticas**

O material rochoso erodido é transportado por agentes como a água corrente, vento, gelo e corrente marinha, em seguida, é depositado como sedimento detrítico ou clástico na superfície da terra, lagos, rios e oceanos. Posteriormente, ocorre compactação devido ao peso de camadas depositadas e a cimentação das partículas (detrito inorgânico ou clasto) por algum elemento ligante (p.e. sílica, carbonato), o que representa a litificação, processo de converter sedimento em rocha sedimentar.

Um critério para a classificação do sedimento detrítico é o tamanho da partícula constituinte: cascalhos são maiores de 2 mm, areia mede entre 2 e 1/16 mm e o silte entre 1/16 e 1/256 mm. Partículas menores que 1/256 mm são denominadas argila que significa um tamanho, mas se refere também a um grupo de minerais silicatos denominados argilominerais (p.e. caolinita, esmectita, montmorillonita, illita). Os cascalhos incluem fragmentos rochosos de granito ou qualquer rocha, quando reunidos formam um conglomerado (salientam componentes arredondados) ou uma brecha sedimentar (componentes angulosos). O arenito é uma rocha sedimentar detrítica constituída de grãos de areia (minerais, ou fragmentos rochosos), a mistura de argila, silte e água é chamada lama, solidificada dá origem ao lamito, folhelho em lâminas estratificadas ou argilito sem estratificação. Rochas clásticas carbonáticas são formadas pelo acúmulo de calcário constituído dos minerais calcita ou dolomita. Rochas bioclásticas apresentam clastos de restos de organismos vivos fossilizados, como a coquina, formada por acúmulo de conchas de moluscos e calcários com fósseis. Os calcários constituem um grupo variadíssimo que inclui formações de origem detrítica, química, orgânica ou mista.

### **Rochas químicas**

A matéria prima das rochas sedimentares químicas e bioquímicas são os compostos químicos e íons, que entram em solução durante o intemperismo químico. Como exemplo, a água do mar contém sílica ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato ( $\text{CO}_3$ ), cálcio (Ca), outros compostos e substâncias, que sob certas condições, são extraídas da água para formar os minerais de rochas sedimentares químicas. Dessas, as mais comuns são as rochas carbonáticas calcários e dolomitos, respectivamente compostos de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) e dolomita [ $\text{CaMg}(\text{CaCO}_3)_2$ ]. Esses elementos livres ou moléculas são extraídos de uma rocha, por dissolução química e, acumulados pela evaporação da água do mar, rio ou lago, ou ainda, por atividade orgânica. As estalactites e estalagmites se formam da precipitação química de carbonato de cálcio de água que pinga gota- a- gota em cavernas. O dolomito é semelhante ao calcário, ele se forma quando o magnésio substitui algum cálcio na calcita, convertendo-a em dolomita devido às modificações químicas, por exemplo, em um ambiente de laguna. As rochas salinas (evaporitos) como o sal-gema (NaCl) são depósitos acumulados e formados por precipitação química

inorgânica do sal, resultante da evaporação de massas de água. O sílex é uma rocha de origem química que aparece como estratos ou nódulos.

### **Rochas biogênicas e bioquímicas**

Uma rocha sedimentar biogênica pode ser constituída por fragmentos orgânicos ou por substâncias resultantes de ação bioquímica. Tanto nas rochas bioquímicas, como químicas, ocorrem componentes que transportam íons em solução como Na, Ca,  $\text{HCO}_3$ . A diferença entre essas rochas é que nas rochas sedimentares bioquímicas, determinados organismos desempenham um importante papel na transformação dos íons em sedimentos.

O diatomito é formado pelo acúmulo de restos microscópicos de organismos como carapaças de algas diatomáceas, com presença da sílica hidratada, opala. Esqueletos de ostras, e estruturas de recifes de corais (secretados pelos pólipos) são constituídos de minerais carbonáticos, como a aragonita, que podem ser sedimentados e convertidos em rocha sedimentar bioquímica. São comuns alguns animais marinhos em muitas variedades de calcários, como o calcário com fósseis de Lioz, procedente de Portugal e utilizado no Brasil durante o período imperial. Assim, a natureza e a presença da rocha sedimentar bioquímica estão diretamente relacionadas a condição de vida dos organismos que as compõem.

### **Rochas orgânicas**

Rochas sedimentares orgânicas se formam a partir do acúmulo e litificação de detritos orgânicos, como folhas, raízes e outros materiais vegetais ou animais. São um tipo específico de rocha sedimentar rica em matéria orgânica, que contém quantidades significativas (> 3%) de carbono orgânico. São assim, formadas pela deposição de material alterado de proveniência orgânica. O carvão é formado da matéria carbonosa de restos de vegetação, que se desenvolveu em estratos sedimentares. A turfa, linhito, hulha e antracito correspondem a diferentes graus de modificações de vegetais, acumulados durante períodos geológicos, diferindo principalmente quanto ao grau de incarbonização, e relacionados a terrenos submetidos ao progressivo aumento de pressão e temperatura. O guano consiste de acúmulo de fezes de aves marinhas ou morcegos, que ao ser consolidado se inclui na categoria de rochas de origem orgânica.

### **Rochas Metamórficas**

As rochas metamórficas são aquelas formadas por mudanças em rochas preexistentes (protólitos) sob a influência de altas temperaturas, pressão e soluções quimicamente ativas. Embora as temperaturas possam ser muito altas, uma rocha que sofre metamorfismo permanece uma rocha sólida, o metamorfismo não envolve o derretimento da rocha, entretanto em um grau mais alto de metamorfismo, o limite das condições metamórficas pode ser ultrapassado, as rochas começam a derreter parcialmente e uma porção ígnea pode se juntar ao processo.

A palavra metamorfismo vem das palavras gregas antigas para "mudança" (meta) e "forma" (morfo). Durante o metamorfismo, o conteúdo mineral e a textura do protólito são alterados devido a mudanças no ambiente físico e químico da rocha. As mudanças podem ser de caráter químico (composicional) e físico (estrutural/textural), assim, os processos geológicos nas profundezas da Terra produzem novos minerais, texturas e estruturas cristalinas. Gnaisse, quartzito, mármore e ardósia são exemplos de rochas metamórficas respectivamente originadas do metamorfismo de tipos como granito, arenito, calcário e argilito.

Por causa de sua estrutura maciça e resistência mecânica, desde os primórdios da história as rochas ígneas e metamórficas foram muito utilizadas para a sobrevivência e o desenvolvimento humano. Um exemplo é o quartzito, não foliado, comumente empregado em

ferramentas de corte. O metamorfismo recristaliza os grãos de areia e os tornam fortemente unidos pelo cimento de sílica. Tal estrutura cristalina entrelaçada do quartzito forma assim, uma rocha dura e resistente.

Em exposição na superfície pode-se observar que, os minerais e rochas se apresentam na forma de cristais, seixos, blocos, nódulos, concentrações, diques, filões e afloramentos rochosos. Oferecem comumente, a matéria-prima a partir dos seixos rolados de depósitos sedimentares em rios ou praias e, não de afloramentos (PROUS, 1986). Nas suas condições naturais características, esses materiais eram utilizados e trabalhados por parte do homem primitivo, atualmente, essa mesma matéria-prima é empregada em utensílios, materiais de construções e paisagismo.

## **Resultados e Discussão**

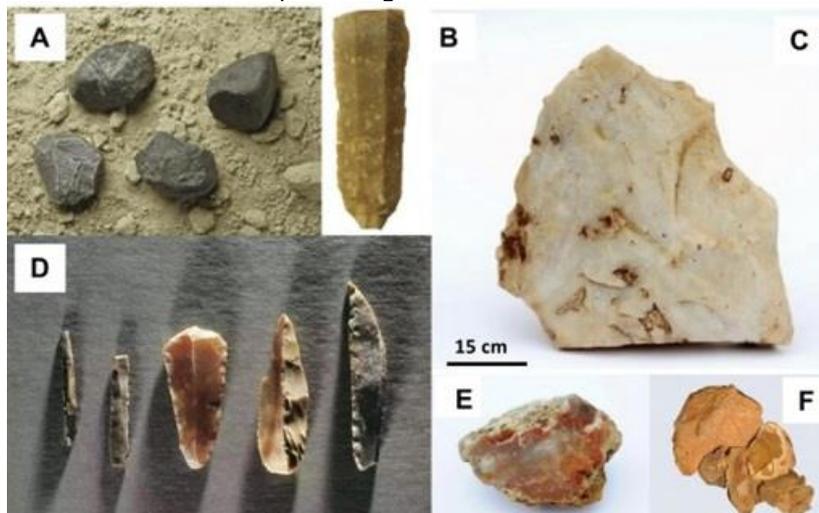
### **Elementos líticos e variedades de rochas silicosas finas**

Essas representaram um importante elemento na vida do homem pré-histórico. Inicialmente, é mostrada na figura 2A, os seixos líticos da cultura Olduvaiense (se refere aos primeiros artefatos dos hominídeos, no Paleolítico Inferior, na África), frequentemente é apresentada como a rocha ígnea vulcânica, negra, o basalto, mas também pode ser uma mais silicosa e clara como riolito, correspondente vulcânico do granito ou como chert, micro-cristocristalino compacto e silicoso.

As rochas silicosas (mais claras) são constituídas de dióxido de silício e estruturas muito finas, formam um material duro (dureza  $\pm 7$ ) e coeso, o que facilita o lascamento com fratura conchoidal (com recortes em curva semelhantes aos traçados exibidos em conchas de moluscos) e a utilização em artefatos (Figura 2D). Comumente, se formam de processos químicos sedimentares, metamórficos e da alteração de rochas ígneas vulcânicas. A obsidiana, um vidro vulcânico escuro devido à presença disseminada de compostos ferrosos. teve grande representatividade na construção de ferramentas primitivas. Conforme, Heinrich (1960), da Universidade de Michigan, o sílex (Figura 2C) também chamado de pederneira é incluído na categoria de rochas calcedônicas, representa um composto silicoso predominantemente constituído de calcedônia (quartzo do sistema cristalino hexagonal, de hábito microfibroso e moganita, uma sílica do sistema monoclinico), quartzo criptocristalino, opala ou cristobalita (sílica do sistema tetragonal). O sílex pode se tornar impuro com abundante carbonato se apresentando-se em um calcário silicoso ou no cré, um calcário terroso finíssimo proveniente de conchas de foraminíferos e ocorre na forma de estratos, nódulos, concreções ou veios. A configuração criptocristalina se refere à presença de partículas tão pequenas, que a estrutura cristalina não pode ser revelada ao microscópio por luz transmitida polarizada, utilizada na petrografia, e sim, com equipamentos de análises com raios X. A calcedônia é a forma comum e dominante de sílica nas ágatas. O quartzito uma rocha metamórfica rica em quartzo foi comumente utilizada na confecção de ferramentas líticas (Figura 2D).



**Figura 2** - Aspectos das rochas silicosas micro-criptocristalinas: **A**- Seixos líticos de Oldwvan; **B**- Flint, um tipo da Bulgária com microfósseis; **C**- Sílex; **D**- Elementos líticos de quartzito; **E**- Chert; **F**- Jasper ferruginoso.



Fonte: **A**- Mary Evans<sup>1</sup>; **B** –Maria Gurova<sup>2</sup>; **C** e **E**- J. M. Barres<sup>3</sup>; **D**- K. Kris Hirst<sup>4</sup>; **F**- Waker (S.I.)<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Disponível em: <https://www.prints-online.com/homo-habilis-tools-8579973.html>.

<sup>2</sup>Disponível em: Revista eletrônica e Associação de Arqueólogos Búlgaros, <http://be-ja.org>. Acesso em 19 dez. 2021.

<sup>3</sup>Disponível em: <https://www.alamy.com/chert-or-silex-is-a-cryptocrystalline-or-microcrystalline-sedimentary-rock-composed-of-quartz-this-sample-comes-from-sierra-de-albarracin-teruel-image387988798.html>. Acesso: 7 mar. 2023.

<sup>4</sup>Disponível em: <https://www.thoughtco.com/prehistoric-stone-tools-categories-and-terms-171497>.

Acesso em 18 dez. 2021.

<sup>5</sup>Disponível em: <https://www.dhr.virginia.gov/lithics/flint-run-jasper/> Acesso em: 7 de março de 2023.

Conforme, Heinrich (1960), da Universidade de Michigan, o sílex (Figura 2C) também chamado de pederneira é incluído na categoria de rochas calcedônicas, representa um composto silicoso predominantemente constituído de calcedônia (quartzo do sistema cristalino hexagonal, de hábito microfibrado e moganita, uma sílica do sistema monoclinico), quartzo criptocristalino, opala ou cristobalita (sílica do sistema tetragonal). O sílex pode se tornar impuro com abundante carbonato se apresentando-se em um calcário silicoso ou no cré, um calcário terroso finíssimo proveniente de conchas de foraminíferos e ocorre na forma de estratos, nódulos, concreções ou veios. A configuração criptocristalina se refere à presença de partículas tão pequenas, que a estrutura cristalina não pode ser revelada ao microscópio por luz transmitida polarizada, utilizada na petrografia, e sim, com equipamentos de análises com raios X. A calcedônia é a forma comum e dominante de sílica nas ágatas.

Os pesquisadores ingleses atribuem o nome chert para os espécimes opacos, esbranquiçados a marrom-claros ou cinza de composição ou mistura de sílica microcristalina ou criptocristalino de fratura concoide. Embora, atribuam os nomes de chert e flint para variedades muito finas de quartzo, o flint (Figura 2B) varia de cinza a preto e quase opaco (marrom translúcido em lascas finas) por causa da matéria carbonosa incluída. Os espécimes opacos, esbranquiçados a marrom-claros ou cinza são denominados simplesmente de chert (Figura 2E). Os pesquisadores ingleses usam o nome flint em substituição ao sílex, conforme se observa na literatura e corroborado por Costa (1969, p. 132).

Moorhouse (1959, p. 384) da Universidade de Toronto e Gilbert (1970, p. 387) da Universidade de Illinois, definem o chert como uma rocha com fratura conchoidal, composta de minúsculos grãos de sílica: quartzo microcristalino, calcedônia microfibrada, quartzo criptocristalino e opala, originados da silicificação em camadas sedimentares de calcários ou dolomitos, associações ferríferas ou em concentrações em *pillow* lavas ou tufos. Os cherts apresentam texturas orgânicas primárias, principais, exibindo *microfósseis silicosos*: radiolários, frústulas de diatomáceas e espículas de esponjas silicosas. As estruturas secundárias se apresentam como nódulos no flint, uma variedade de chert cinza ou preto, que por sua vez

## Conhecimento geológico do material mineral, uma contribuição para arqueologia

ocorre no giz, consiste em calcedônia e quartzo criptocristalino, mas não tem opala. O giz é um depósito sedimentar calcário, poroso, pouco duro, branco de granulação muito fina com calcita derivada de conchas de pequenos organismos marinhos foraminíferos, radiolários ou mesmo, corais aos quais se mistura pequena quantidade de argila.

O jaspe (Figura 2F) é um chert vermelho ou amarelado, constituído de quartzo criptocristalino colorido por óxidos de ferro. Os cherts são compostos por organismos silicosos quimicamente precipitados, portanto, de origem orgânica.

Dessas substâncias minerais, componentes dos artefatos primitivos, a matéria silicosa em contexto de rocha sedimentar é reconhecidamente a mais significativa, sobretudo, por apresentar a propriedade de corte que refletiu contundentemente, na proteção e sobrevivência humanas.

Percebe-se, não haver uma completa padronização da nomenclatura geológica dos materiais silicosos. É necessária uma discussão mais ampla, com pesquisadores de instituições nacionais e internacionais, buscando efetivamente esse consenso.

### Rochas dos materiais líticos e características

Além das rochas silicosas finas as rochas ígneas, metamórficas e sedimentares foram constantemente utilizadas em artefatos, utensílios e edificações na trajetória evolutiva do ser humano. Pode-se constatar a frequência do granito e gnaisse, por representarem o embasamento da crosta continental da Terra, o basalto sob a forma de intrusões ou derrames na superfície, e o arenito, em depósitos e afloramentos superficiais.

#### Obsidiana

Frequentemente observada em artefatos primitivos, a obsidiana é um antigo termo para vidros naturais, trata-se de uma rocha ígnea extrusiva, silicosa, composta de vidro vulcânico, de cor preta uniforme, mas também vermelha ou esverdeada, geralmente com vesículas. Pode eventualmente apresentar pequenos cristais microscópicos, os micrólitos. Quando se quebra em lascas mostra facilmente a fratura conchoidal (como o desenho do interior de conchas marinhas). Quando o magma absorve uma porção de água forma um vidro denominado perlito (resfria e mostra fraturas concêntricas e pequenos esferóides) ou o pichstone (com brilho de piche e 4 a 10% de água). Sua composição química classifica a obsidiana como riolítica, dacítica ou riodacítica (quartzo latito) respectivamente considerando a maior quantidade de feldspato alcalino em relação ao plagioclásio (feldspato sódico). É importante entender que qualquer magma pode originar rochas vitrosas se o resfriamento for suficientemente rápido, ser rico em sílica e ter maior perda de gases dissolvidos. Embora possam corresponder a magmas silícicos de composição variada, é mais comum a obsidiana ter a composição química do granito, a cor preta é devido a presença de ferro. Um vidro extremamente vesicular de cor geralmente cinza, branca ou amarelada forma a pedra-pomes, pode-se descrever como espuma do magma.

#### Basalto

O basalto é a rocha vulcânica mais comum na crosta da Terra, sendo a maior parte do fundo do oceano constituída de basalto. Foi também utilizada frequentemente na confecção de instrumentos do homem pré-histórico. Trata-se de uma rocha dura, afanítica, de cor preta, granulação fina (< 1 mm), composta de plagioclásio, cálcico e piroxênio. Em adição, podem estar presentes magnetita, olivina, feldspatoide ou quartzo, e vidro palagonita (um produto da interação da água com o vidro vulcânico). Pode ainda, mostrar textura vesicular com pequenas cavidades preenchidas por minerais secundários como óxidos de ferro, argila, calcita ou sílica. O diabásio ou dolerito é uma rocha intermediária (1 mm) entre o gabro de granulação grossa e o basalto fino (com plagioclásio, piroxênio ± olivina e magnetita), a composição mineralógica é essencialmente, plagioclásio, piroxênio e minerais opacos principalmente magnetita.

#### Quartzito

## Conhecimento geológico do material mineral, uma contribuição para arqueologia

Também usado na confecção de artefatos primitivos, o quartzito não-foliado é uma rocha compacta, muito dura, sendo muito resistente a desintegração física e química, por apresentar o quartzo, um mineral resistente, como o principal constituinte. Trata-se de uma rocha metamórfica formada quando o arenito rico em quartzo ou sílex foi exposto a altas temperaturas e pressões. Tais condições fundem os grãos de quartzo formando uma rocha densa, dura e cristalina de textura equigranular com superfície de aparência vítrea. A conversão metamórfica de arenito em quartzito, pode ser realizada por precipitação da sílica de águas intersticiais abaixo da superfície da Terra, essas rochas são chamadas de arenitos de quartzo, enquanto as produzidas por recristalização sob altas temperaturas e pressões são metaquartzitos. Um tipo de quartzito de São Thomé das Letras (sul de Minas Gerais) é de origem marinha e mostra foliação o que favorece sua extração em placas para uso ornamental.

### Granito

O granito e granodiorito são rochas ígneas plutônicas comuns na crosta continental, são faneríticas, seus minerais são vistos facilmente a olho nu, são félsicas (claras, ricas em elementos químicos que formam o feldspato alcalino, plagioclásio sódico e o quartzo) com variada quantidade de biotita e/ou hornblenda. No granodiorito a presença de plagiocásio sódico (oligoclásio) sobrepõe a de feldspato alcalino e, apresenta quantidades menores de hornblenda e biotita. Minerais acessórios são o zircão, magnetita, apatita, ilmenita, allanita etc.

### Gnaisse

O gnaisse é uma rocha metamórfica resultante do metamorfismo de muitas rochas ígneas ou sedimentares. Dessa forma pode apresentar variadas associações de minerais. Apresenta foliação grossa, uma estrutura resultante de esforço dirigido compressional formando planos paralelos. Os minerais são segregados em camadas separadas de quartzo e feldspato que se alternam com minerais máficos (escuras, silicatos de ferro e magnésio, a biotita e hornblenda), tal feição é chamada bandamento. Gnaisses graníticos são originados do metamorfismo de granitos.

### Ardósia

Ardósia é uma rocha metamórfica de granulometria muito fina resultante do metamorfismo de folhelhos (rochas foliadas compostas de argila), apresenta clivagem ardosiana ou seja, possui rompimento em planos paralelos, o que facilita sua extração e aplicação em revestimentos na construção civil.

### Mármore

O mármore é uma rocha metamórfica originada da recristalização do calcário. É composto de cristais de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) ou dolomita ( $\text{CaMgCO}_3$ ), a dolomita é o carbonato mais comum depois da calcita. Trata-se de grãos que individualmente podem ser tão pequenos o que o torna difícil, serem identificados visualmente, mas podem ser grossos proporcionando mais fácil a identificação. A calcita e a dolomita têm durezas baixas (respectivamente 3 e 3,5) com clivagens boas, a calcita reage com ácido clorídrico diluído frio e mostra efervescência e a dolomita com o ácido diluído quente.

Tais rochas mencionadas (Figura 3) são comumente observadas nos achados líticos. Contudo, no norte da Itália os primeiros implementos polidos no Neolítico são constituídos de eclogito, onfacitito e jadeitito, litologias raras no mundo, ditas pedras verdes. Sua escassez e ocorrência geológica dos Alpes Ocidentais são excelentes "marcadores" para rastrear o

fornecimento de fontes da matéria-prima, rotas de circulação e relações comerciais, essas rochas são consideradas de extrema importância para a pesquisa pré-histórica (GIUSTETTO *et al.*, 2021).

**Figura 3** - Exemplos de diferentes tipos de rochas, representantes atuais da matéria-prima dos artefatos e construções primitivas, contudo, essas, também são empregadas nos tempos atuais: **A**- Obsidiana com uma crosta fina de óxido de ferro; **B**- Gnaisse facoidal Pedra da Gávea; **C**- Mármore de Estremoz (bloco tendo a maior face 1,20 m de comprimento); **D**- Granito Pedra Bonita; **E**- Ardósia; **F**- Calcário branco e basalto preto, da pavimentação com pedras portuguesas, as larguras das faixas possuem  $\pm 2$  m; **G**- Dunito rocha verde sob a forma de xenólito; **H**- Jadeitito, peça cabeça de machado primitivo; **I**- Basalto vesicular; **J**- Gabro com piroxênio; **K**- Riolito; **L**- Eclogito; **M**- Arenito estratificado; **N**- Calcário estratificado, altura aproximada de 4 m; **O**- Peridotito, juntamente com G, H e L representam o grupo de rochas esverdeadas referidas.



Fonte: **A, G, J, L, M, N, O**- SandAtlas<sup>1</sup>; **H**- Museu Nacional da Irlanda<sup>2</sup>; **K**- M. Rygel<sup>3</sup>; **B, C, D, E, F, I**- Elaboradas pelo autor (2019). A escala refere-se às amostras de mão, as demais imagens têm tamanhos especificados na legenda.

<sup>1</sup>Disponível: <https://www.sandatlas.org/limestone/basalto/riolito/arenito/eclogito/jadeitito/gabro/>

Acesso em: 12 nov. 2021.

<sup>2</sup>Disponível em: <https://www.museum.ie/en-IE/Collections-Research/Collection/Resilience/Artefact/Jadeitite-Axehead/8b57c5b2-4d84-4301-9352-00731d4be205>.

Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>3</sup>Disponível em: <https://www.wikiwand.com/az/Riolit#Media/Fayl:PinkRhyolite.tif>. Acesso: 7 dez. 2021.

### Edificações de pedras em tempos primórdios

A pedra é considerada uma matéria-prima fundamental na história e cultura humanas. A importância desse material foi tal, que estipulou e consagrou um período de estudo da humanidade. E continuou a ocupar um importante papel nas construções, até os tempos atuais, por representar um material de durabilidade e versatilidade de uso e decoração. Resistentes à destruição provocada pelo tempo, as pedras foram usadas em construções pré-históricas com grandes blocos denominados em arqueologia monumentos megalíticos, edificados essencialmente no período neolítico (por vezes também nas Idades do Cobre e Bronze). Megalítico significa pedra grande e, em geral, a palavra é usada para se referir a qualquer estrutura grandiosa construída ou montada, além de coleção de pedras ou pedregulhos.

## Conhecimento geológico do material mineral, uma contribuição para arqueologia

Trata-se de grandes rochas organizadas por mãos humanas, algumas delas como os Nuragues e Dolmens (Figura 4). Os Nuragues são construções edificadas em disposição circular com pedras empilhadas sem união dos componentes. Os Dolmens consistiam basicamente em duas pedras na vertical com uma outra na horizontal e por cima, formando um “teto”. O mais conhecido é o Stonehenge, localizado no sudoeste da Inglaterra no condado de Wiltshire. Esse notável megalito representa uma estrutura composta de blocos de pedras, que chegam a ter 5 m de altura com massa de 50 toneladas dispostos em círculos concêntricos. Pesquisas sobre as rochas que constituem essa edificação mencionam a presença de pedras azuis, trata-se de um tipo de dolerito metamorfoseado de aparência manchada e azulada, efeito causado por metamorfismo regional de baixo grau durante a Orogenia Caledoniana, ocorre ainda o tufo riolítico, basalto e arenitos (OCHOTA, 2016) e (PEARSON *et al.*, 2015). Tais pesquisas consideram ainda, que os afloramentos nas colinas de Preseli, conhecidas localmente como montanhas de Preseli, em Pembrokeshire no País de Gales teriam fornecido as pedras azuis de Stonehenge.

Langer (2001) e Pivetta (2011) registraram que os megalitos também foram observados em território brasileiro, e mencionam os seguintes registros: Emílio Goeldi, pesquisador suíço no final do século XIX avistou no norte do Amapá uma estrutura com posicionamento singular de grandes blocos de pedras. E, Curt Nimuendajú, pesquisador alemão, na década de 1920, e nos anos 1950, na região do rio Flexal no sul do Amapá, como também, os americanos Clifford Evans e Betty Meggers, perceberam aí, construções com blocos de granito. Contudo, tais achados somente foram pesquisados a partir de 2005, quando Mariana Petry Cabral e João Darcy Saldanha determinaram a presença de 30 sítios megalíticos em terras do Amapá. E, o arqueólogo José Proença Brochado encontrou vestígios megalíticos consistindo em 12 lajes retangulares de basalto, medindo de 50 a 215 cm de comprimento por 26 a 60 cm de largura, durante as pesquisas nos vales dos rios Ijuí e Jacuí (RS) em 1967 e 1968.

**Figura 4** - Megalitos: **A** e **B** - Nuragues Idade do Bronze, Sardenha (IT)<sup>1, 2</sup>; Dolmens: **C**- Stonehenge, Inglaterra<sup>3</sup>; **D**- Lanyon Quoit da Cornualha, Inglaterra<sup>4</sup>.



Fontes: **A**- Marco Ciannarella<sup>1</sup>; **B**- Louie Lea<sup>2</sup>; **C**- Mike Pitts<sup>3</sup>; **D**- Valery Egorov<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Disponível em: <https://www.dreamstime.com/stock-photo-nuraghe-main-type-ancient-edifice-sardinia-italy-megalithic-built-middle-bronze-age-image83693882>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>2</sup>Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/nuraghe-palmavera-alghero-sardinia-italy-archaeological-1412582324>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>3</sup>Disponível em: <https://www.britishmuseum.org/blog/how-was-stonehenge-built>. Acesso 7 dez.2021.

<sup>4</sup>Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/foto/dolmen-lanyon-quoit-em-cornwall-gm623963668-109592571>. Acesso 7 dez 2021.

### A argila e a cerâmica nos tempos primórdios

A cultura do homem no período Neolítico apontou a necessidade da confecção de recipientes para armazenamento de alimentos. A argila foi um material muito utilizado, assim como, o seu produto derivado, a cerâmica, sendo acessível, fácil de manusear e durável. O termo argila para o geólogo indica um material natural fino que representa diversos minerais com tamanho  $< 2 \mu\text{m}$  ( $< 0,0002 \text{ mm}$ ). A composição básica da argila é de hidrossilicatos de alumínio (argilominerais), pode conter ainda, elementos alcalinos, como o sódio e potássio, e alcalinos terrosos como o cálcio e o magnésio. O termo argilominerais tem implicações do tamanho granulométrico e composição mineralógica. A argila comumente forma depósitos finos e possui plasticidade (facilidade para se moldar quando umedecida, torna-se um barro). A argila se forma da transformação intempérica ou alteração hidrotermal de feldspatos. Esta se apresenta em diversas cores (branca, amarela, vermelha e verde) e forma depósitos em solos, rios lagos e oceanos. Dois são os principais grupos de argilas: a caulinita, caulim ou caolim ( $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ , geralmente branca devido a pureza e montmorilonita ( $(\text{Na},\text{Ca})_{0,3}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (pode ser cinza, rosa e verde), sendo o principal componente a bentonita (cinza vulcânica alterada) com cerca de 70%.

A técnica que utiliza a argila como uma matéria-prima submetida a altas temperaturas ( $> 800^\circ\text{C}$ ) produz a cerâmica, que permite a confecção de objetos e artefatos.

**Figura 5** - Utensílios de argila: **A**- Vaso decorado, com aproximadamente 5000 anos AP do sítio arqueológico em Heathrow; **B**- Potes de argila escavados na cidade de Noceto, norte da Itália, com cerca de 3500 anos AP; **C**- Peça solidificada de ocre riscada, de 75000 anos AP.



Fonte: **A**- William Francis Grimes<sup>1</sup>; **B**- Ministério de Cultura da Itália<sup>2</sup>; **C**- Edgar Blake<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Disponível em: <https://www.museumoflondon.org.uk/application/files/6415/9618/9366/lr-misc-prehistory-pottery-photo-pack.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>2</sup>Disponível em: <https://www.archaeology.org/slideshow/10044-noceto-ritual-pool-photos>. Acesso: 7 dez. 2021.

<sup>3</sup> <https://archive.archaeology.org/0803/abstracts/letter.html>. Acesso: 7 dez. 2021.

O uso da argila em tempos históricos passados, mostra que essa foi continuamente moldada em potes para armazenar e cozinhar alimentos, quando então, as pessoas começaram a fazer as cerâmicas. A Figura 5A retrata um pote (5000 anos aC) do sítio arqueológico do aeroporto internacional britânico de Heathrow, encontrado durante a construção de um novo terminal. Ao todo, 80.000 objetos foram achados, incluindo 18.000 peças de cerâmicas, 40.000 peças de sílex trabalhado e uma única tigela de madeira encontrada datando da Idade do

Bronze Médio (1500 a.C e 1100 a.C.). Vasos de argila da cultura Terramare (há cerca de 3500 anos) foram encontrados na região de Noceto, Itália (Figura 5 B). No sítio arqueológico da caverna Blombos no sul da África do Sul, Blake (2008), achou o que se considerou a mais antiga evidência da cultura humana em ocre, duas peças sólidas com desenhos riscados, datadas de 75000 AP.

Em geral, todas as rochas podem ser trabalhadas pelo homem. Essas, na forma bruta e facilmente disponível na natureza, foram utilizadas pelas sociedades primitivas e continuam a ser empregadas até os tempos atuais. Dessa forma, as rochas chamadas duras, como o granito, gnaíse e basalto e, as silicosas no contexto sedimentar e no calcário, foram muito empregadas ao longo da história humana primitiva. Os sedimentos de argila e pigmentos foram notáveis na aplicação e desenvolvimento de materiais e peças fundamentais na rotina da vida humana.

### Pigmentos minerais, materiais e cores

As cores sempre tiveram um importante papel no mundo natural deixando marcas ao longo da história, sobressaindo como elementos provenientes de minerais na forma sólida ou moídos até formarem um pó e misturados com outras substâncias (Figura 6).

Pigmentos são substâncias essenciais de pintura que determinam as cores. As cores de matérias inorgânicas pétreas ou orgânicas foram utilizadas como forma de expressão de populações de todo o mundo. Representam compostos derivados de matéria inorgânica mineral, obtidos a partir de reações como a oxidação ou de matéria orgânica como por exemplo o carvão. Pigmentos orgânicos determinam ainda, a cor dos tecidos animais e vegetais. Ao serem misturados com água, óleo e resinas formam as tintas. Esses apresentam-se na forma de pó de cores vivas usados para colorir outros materiais, se encontram naturalmente como terras coloridas. Geralmente são completamente ou quase, insolúveis em água, enquanto os corantes são compostos orgânicos, tipicamente solúveis. Os pigmentos naturais são empregados desde a pré-história e são essencialmente de origem mineral sendo os mais comumente usados. Considera-se que, esses, para serem usados como tinta, costumava-se misturar um ligante como sebo ou seiva vegetal para fixa-los à superfície (POLITO, 2006).

Pigmentos de valor pré-histórico e histórico incluem ocre, carvão, ossos queimados (ósseo negro) sendo branco proveniente da calcita moída (branco lime do calcário e caulim) azul do lápis-lazúli. Estiveram presentes em registros rupestres pintados ou gravados deixados nas superfícies de paredes, tetos de cavernas, abrigos, blocos de rochas ou lajedos a céu aberto, elementos esses constituídos de arenito, granito, calcário etc. Os pigmentos encontrados em sítios arqueológicos são principalmente de origem mineral (inorgânica), são mais resistentes que os vegetais (os povos indígenas brasileiros usavam urucum e jenipapo). As matérias-primas para a produção de pigmentos na arte rupestre com registro do uso e ocre foi documentada na Pré-História desde o Neolítico (LAROCCA *et al.*, 2008).

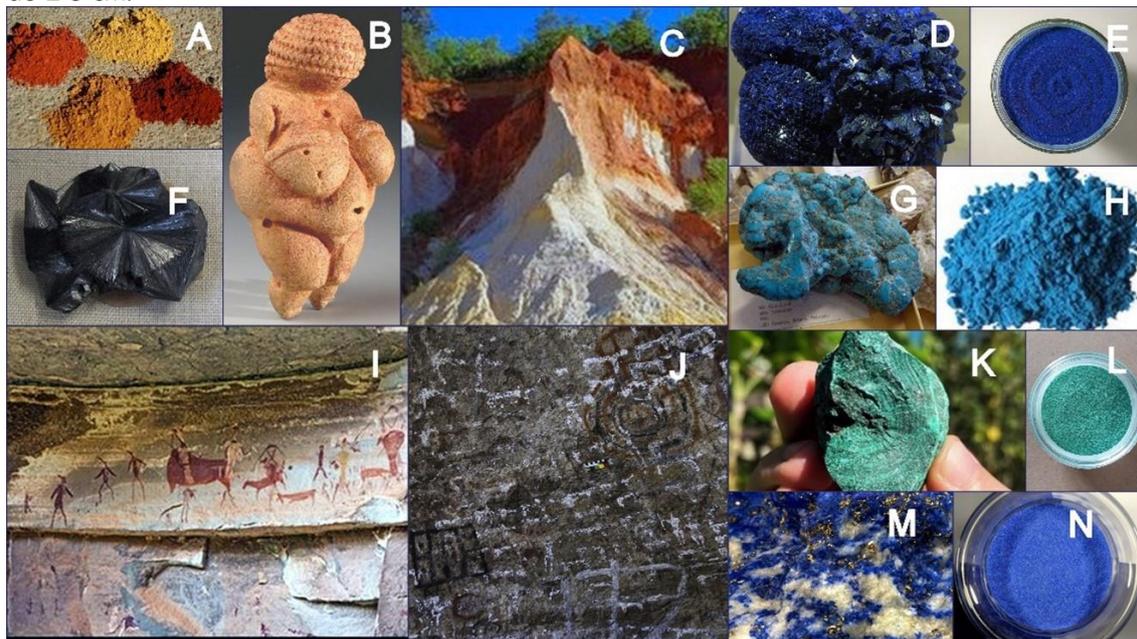
As mais antigas evidências da utilização de pigmentos foram encontradas nos sítios arqueológicos de Blombos na África, de 75000 anos a.C. e Es-SKhul em Israel, de 100000 anos a.C. (BLAKE, 2008; SALOMON *et al.*, 2012).

Os compostos vermelhos e amarelos são obtidos de pedras contendo ferro oxidado, esses tornam-se vermelhos, quando hidroxidados passam a ser amarelos.

Figura 6 - Ocre, minerais e pigmentos relacionados: **A-** Ocre coloridos, amarelo da limonita, marrom da hematita, alaranjado da goethita e vermelho escuro de hematita/magnetita; **B-** Vênus 1 de Willendorf, com 11,1 cm de altura, confeccionada em calcário oolítico, com aderência de ocre avermelhado; **C-** Barranco de ocre naturais, altura aproximada 6 m; **D-** Azurita, carbonato de cobre; **E-** Pigmento de azurita; **F-** Pirolusita radiada, possui traço preto; **G-** Turquesa, fosfato de cobre; **H-** Pigmento de turquesa; **I-** Abrigo primitivo na África do Sul com desenhos em ocre, extensão da parede de 5 m; **J-** Abrigo primitivo de Gode Roriso, Etiópia, observam-se partes de coloração branca constituídas de cera de abelha, extensão aproximada

## Conhecimento geológico do material mineral, uma contribuição para arqueologia

de 4 m; **K**- Malaquita, carbonato de cobre; **L**- Pigmento de malaquita; **M**- Lápis-lazúli; **N**- Pigmento de lápis-lazuli. As amostras de mão têm tamanho de  $\pm 7$  cm e os pigmentos extensão de  $\pm 5$  cm.



Fontes: **A**- James Terry<sup>1</sup>; **B**- Walpurga Antl-Weiser<sup>2</sup>; **C**- Liane, M., Shutterstock.com Collection<sup>3</sup>; **D**- Eric Hunt<sup>4</sup>; **E**, **L**, **N**- Attila Gazo<sup>5</sup>; **F**- Aram Dulyan<sup>6</sup>; **G**- Mike Beaugard<sup>7</sup>; **H**- Indiamart.com<sup>8</sup>; **I**- Kobus Peché<sup>9</sup>; **J**- Rosina et al. 2014<sup>10</sup>; Kelo7.com.br<sup>11</sup>; **M**- flickr.com/photos/gripspix<sup>12</sup>.

<sup>1</sup>Disponível em: <https://blog.stephens.edu/arh101glossary/?glossary=ochre>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>2</sup>Antl-weiser, W. The time of the Willendorf figurines and new results of paleolithic research in Lower Austria. *Anthropologie. Vien.* 47 (1-2): 131-141. 2009.

<sup>3</sup>Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/search/rustell>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>4</sup>Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/ericinsf/295066165/>. Acesso em: 5 dez. 2021.

<sup>5</sup>Disponível em:

<https://www.masterpigments.com/brands/Master-Pigments-%252d-Attila-Gazo.html>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>6</sup>Disponível em: [https://www.wikiwand.com/en/Pyrolusite#Media/File:Pyrolusite\\_radiating.jpg](https://www.wikiwand.com/en/Pyrolusite#Media/File:Pyrolusite_radiating.jpg). Acesso em: 7

<sup>7</sup>Disponível em: <https://www.pepysdiary.com/encyclopedia/12170/>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>8</sup>Disponível em: <http://www.colourindia.in/turquoise-blue-pigment.htm>. acesso: Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>9</sup>Disponível em: <https://www.dreamstime.com/south-african-bushman-rock-art-war-cave-near-injisuthi-drakensberg-africa-image107572115>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>10</sup>Disponível em: P. Rosina et al. /Journal of Archaeological Science 49 (2014) 206 -2012.

<sup>11</sup>Disponível em: <https://www.elo7.com.br/malaquita-pedra-da-abertura-de-caminhos-e-da-tranformacao/dp/16274BE>. Acesso em: 7 dez. 2021.

<sup>12</sup>Disponível em: <https://flickr.com/photos/gripspix/2302261311/in/set-72157604019169707>. Acesso em: 7 dez. 2021.

Ocre é uma família de pigmentos terrosos contendo ferro, são transformados em barro e moídos finamente até formar um pó, quando misturado com seiva de planta, gordura de animais ou água produz a tinta utilizada nas coloridas pinturas rupestres. Assim, inclui o ocre amarelo, vermelho, púrpura (roxo ou violeta), sienna (vermelho alaranjado) e marrom.

O principal ingrediente de todos os ocre é o óxido-hidróxido de ferro conhecido como limonita (espécie mineral, amorfa, de composição  $\text{FeO.OH. nH}_2\text{O}$ ) que lhes dá cor amarela. As seguintes tonalidades incluem: O ocre vermelho obtém do óxido de ferro a sua cor avermelhada do mineral hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sistema cristalino Hexagonal), um óxido de ferro anidro. A magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) fornece o pigmento mais frequentemente identificado nas pinturas rupestres paleolítica e pós-paleolítica registrada em todo mundo (DOMINGO, 2021). Os óxidos e hidróxidos de ferro estão entre os compostos químicos mais difundidos na natureza. Elias et al. (2006) considera a definição o ocre como tendo a seguinte e variada composição mineralógica: hematita, goethita, pigmentos brancos de caolinita ou illita, quartzo, compostos de cálcio como calcita, anidrita, gipsó ou dolomita.



## Conhecimento geológico do material mineral, uma contribuição para arqueologia

O ocre púrpura é quimicamente idêntico ao ocre vermelho, além da mistura conter óxido de manganês moído, atribui-se ainda, a tonalidade a diferentes propriedades de difração de luz associadas ao maior tamanho das partículas. O ocre marrom (goethita,  $\text{FeO}(\text{OH})$ ), sistema cristalino ortorrômbico forma-se em ambientes oxidados pela alteração de minerais ricos em ferro como pirita, siderita e magnetita. O ocre Sienna contém limonita e uma pequena quantidade de óxidos de manganês (menos de 5%), o que o torna mais escuro do que um ocre marrom. Os pigmentos úmidos contêm uma proporção maior de manganês (5-20%), o que os torna um marrom escuro. Os primeiros compostos identificados foram os óxidos de ferro e manganês como componentes principais das pinturas vermelhas e pretas. A Manganita, a forma mineral de óxido-hidróxido de manganês com fórmula  $\text{MnO}(\text{OH})$  produz a cor marrom. Pirolusita, a forma mineral do óxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ) fornece cor preta. O carvão, rocha sedimentar com carbono também propicia o preto, da mesma forma a queima da matéria vegetal.

No calcário, a calcita ou conchas trituradas são minerais de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que produzem o branco, assim como o gipso ( $\text{CaSO}_4$ ), ou o gesso. Os primeiros povos usavam o giz (tipo de calcário fino) para fornecer os tons brancos às suas pinturas primitivas. Nos tempos posteriores foi utilizado o pó fino obtido do giz moído misturado com sal e água, o que formava uma tinta fina chamada cal. Os pigmentos brancos também eram obtidos da caulinita ou caulim, na pintura rupestre na Austrália a utilização de cera de abelha como constituinte dos pigmentos brancos é bem conhecida e determinada cronologia de pelo menos 4000 anos AP (AUBERT, 2012).

Os pigmentos verdes e azuis foram obtidos de carbonatos provenientes dos minerais malaquita ( $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ , verde), azurita ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$  azul celeste), turquesa ( $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8\text{H}_2\text{O}$  cor azul esverdeado), o cobre produz tons de azul, se presentes o cromo e o ferro adicionam variações de tons do verde, o lápis-lazúli possui a cor azul da lazurita ( $(\text{Na,Ca})_8(\text{AlSiO}_4)_6(\text{SO}_4,\text{S,Cl,OH})$  ou hauyna ( $(\text{Na,Ca})_{4-8}\text{Al}_6\text{Si}_6(\text{O,S})_{24}(\text{SO}_4,\text{Cl})_{1-2}$ , ambos feldspatoides (grupo da sodalita), quando ainda presentes a calcita, grãos dourados da pirita e pequenas quantidades de cores preta e esverdeada de augita, diopsídio, mica e hornblenda, tal conjunto é considerado a rocha lápis-lazúli. Os pigmentos azuis foram intensamente empregados na cultura egípcia.

A arte rupestre se utilizou de uma ampla gama de pigmentos, compreende um conjunto de pinturas, desenhos e inscrições realizadas pelo homem pré-histórico.

A província africana de Hararghe (leste da Etiópia) é famosa por inúmeras pinturas rupestres, nessa região na God Roriso (que significa a Gruta dos Gritos). Gomes et al. (2013, p. 4080) identificaram uma cera branca (de abelha) nas pinturas de um abrigo natural de granito, como também pigmentos e óxidos de ferro (uma mistura de hematita e magnetita), além de, partículas de carvão formando um corante vermelho. Posteriormente, Rosina et al. (2014, p. 209) por datações absolutas determinaram uma cronologia em torno de 1000 anos AP para esses constituintes de cera de abelha.

As pinturas rupestres foram encontradas em muitos locais que se tornariam conhecidos pontos turísticos, como as cavernas de Chauvet e Lascaux, na França e Altamira na Espanha. No Brasil existem muitos registros e pesquisas da arte pré-histórica em diversos Estados como Minas Gerais, Piauí, Rio Grande do Norte e Goiás. Assim como, as pesquisas acadêmicas conduzidas na **Serra da Capivara** nas proximidades da cidade de São Raimundo Nonato (PI).

Dentre os materiais pétreos em registros da Pré-História e como forma de expressão artística, tem-se ainda, as estatuetas conhecidas como Vênus. A estatueta desse tipo mais conhecida se chama Vênus I de Willendorf, possui 11,1 cm de altura. Esta foi criada entre 24000 e 22000 a.C., sendo constituída de calcário oolítico colorido com ocre vermelho. Foi encontrada em 1908 durante as escavações do Museu de História Natural da Corte Imperial de Viena, no sítio arqueológico do paleolítico situado perto de Willendorf na Áustria (ANTI-WEISER, 2009). Oolítico é um termo estrutural para rochas que consistem em pequenas concreções análogas a

ova de peixe. Tais formas redondas são os oólitos de constituição silicosa, calcária e ferruginosa atribuída como originada de mares rasos.

Os sedimentos de argila e pigmentos, sobretudo de origem mineral, foram notáveis na aplicação e desenvolvimento de artefatos, materiais e peças fundamentais na rotina da vida humana.

### Os minerais metálicos como matéria prima primitiva

O presente trabalho além de considerar a matéria-prima mais primitiva de materiais pétreos, faz ainda, breves considerações sobre os metais utilizados na idade dos metais. A Idade dos Metais começou por volta do ano 6000 a.C. logo após o período Neolítico. O homem passou a dominar as técnicas de extração e transformação dos metais como o cobre, o bronze (fusão que forma liga de cobre e estanho) e o ferro. Assim, foram fabricados instrumentos de metais empregados para o trabalho cotidiano, na caça e prática agrícola.

O cobre e ferro são metais nativos cristalograficamente pertencem ao Sistema Isométrico. O cobre ocorre em forma de placas, fios torcidos e massas irregulares e ramificadas, é altamente maleável e de cor avermelhada. Depósitos de cobre nativo ocorrem relacionados a rochas basálticas e em depósitos oxidados, associados à malaquita e azurita.

O bronze é mais rígido e resistente do que o cobre, consiste em uma liga metálica com 85-95% de cobre, com estanho como aditivo principal, mas às vezes, com outros elementos como arsênio, fósforo, manganês, alumínio ou silício, em quantidades reduzidas. Por meio de sua descoberta, as pessoas puderam criar esculturas de metal e materiais como ferramentas, armas e armaduras. O estanho deve ter sido extraído principalmente em sua forma de minério de cassiterita ( $\text{SnO}_2$ ), de cor cinza a preto e brilho metálico e em seguida, fundido separadamente, antes de ser adicionado ao cobre fundido para fazer a liga de bronze.

Bronzes de 4500 a.C foram encontrados em um sítio arqueológico da vila de Pločnik, no sul da Sérvia, e artefatos da Idade do Bronze dessa região são considerados evidências da metalurgia primitiva dos Bálcãs (sudeste da Europa), sendo do 5º milênio a.C. (RADIVOJEVIĆ e ROBERTS, 2021, p. 200). Antes deste achado, há 6.500 anos, a ferramenta mais comum era o machado de pedra. Essa substituição de ferramentas de pedra por bronze foi um importante indicador do início da Idade do Bronze em diferentes partes do mundo.

O ferro puro raramente se apresenta na Terra no estado nativo, mas, é comum nos meteoritos, normalmente se apresenta sob a forma combinada de óxidos, sulfetos e carbonatos. Pode ser reconhecido por seu magnetismo forte e a presença de óxido que reveste sua superfície. Ocorre em vesículas, placas e massas lamelares, no estado nativo é altamente instável em condições oxidantes. Normalmente está presente em óxidos como magnetita, hematita ou hidróxido goethita. O ferro foi o último tipo de metal utilizado durante a Pré-História.

Durante a construção do Terminal 5 do Heathrow (2002 - 2008), o maior aeroporto de Londres, uma equipe com 80 arqueólogos trabalhou em um sítio de pesquisa arqueológica de 100 hectares. Esses pesquisadores encontraram evidências de atividade humana da Idade da Pedra, por volta de 6000 a.C. da Idade do Bronze e Idade do Ferro, 80.000 objetos foram encontrados, incluindo 18.000 peças de cerâmicas, 40.000 peças de sílex (referidas nos relatórios científicos como sendo, flints) e uma única tigela de madeira datada da Idade do Bronze Médio (1500 - 1100 a.C.), conforme o relatório da pesquisa arqueológica em Heathrow (LEIVERS, *et al.* 2006).

Esses notáveis materiais naturais em artefatos, objetos, peças e edificações, por suas composições e propriedades intrínsecas, oferecem particularidades para o conhecimento da expressão da vida humana e possíveis traçadores da origem da matéria-prima de cada região.

## Conclusões

Pode-se observar que, na trajetória humana, o uso das rochas e dos minerais como matéria-prima empregada em utensílios e edificações teve grande importância, diretamente relacionada à manutenção da vida das sociedades, ocupando significativo papel até os tempos atuais. Mas, afinal, foram utilizados os mesmos tipos de rochas? A resposta é fácil, embora as rochas sendo espécimes únicas, apresentam-se com peculiaridades locais inerentes aos próprios afloramentos e aos depósitos ao redor do mundo, pois se relacionam diretamente à dinâmica regional natural da crosta. Sendo assim, possuem características distintas que requerem métodos e técnicas específicas da manipulação até o seu aproveitamento. Contudo, no sentido de sobrevivência, principalmente, os materiais silicosos foram imprescindíveis na manutenção da vida humana primitiva.

### Considerações finais

O estudo da matéria-prima lítica nos artefatos primitivos, nos permite observar a importância da relação desse elemento e a evolução humana. A Geologia é uma ciência que oferece a oportunidade de se conhecer diferentes substâncias pétreas, muito utilizadas até os dias atuais. No entanto, a sua compreensão é multidisciplinar, envolvendo conceitos de outras ciências e técnicas analíticas específicas. Nesta oportunidade, os autores apreciaram poder contribuir para o estudo desses materiais dos primórdios da vida humana. Entretanto, sobre tal tema, observa-se quanto é necessário haver maior interação entre as ciências geológica e arqueológica, sobretudo na caracterização microestrutural-cristalográfica mineral, na relação geológica local, e não esquecendo a atenção apropriada para a preservação e respeito desse material científico precioso.

### Agradecimento

Agradecemos a Pró-reitoria de Políticas e Assistência Estudantis (PR-4) - Programa de Iniciação Acadêmica (PROINICIAR-PEDAGÓGICO) a bolsa de estudo concedida, e a oportunidade de apresentação do projeto que conduziu ao desenvolvimento deste artigo. Agradecemos aos revisores e editores do presente periódico, os comentários e o tempo dispensado ao manuscrito.

### Referências

- ANTL-WEISER, W. The time of the Willendorf figurines and new results of paleolithic research in Lower Austria". *Anthropologie. Vien.* 47 (1-2): 131-141. 2009.
- AUBERT, M. A. Review of rock art dating in the Kimberley, Western Australia. *Journal of Archaeological Science*, 39 (3): 573-577. 2012.
- BLAKE E. Letter from South Africa: Home of the Modern Mind. In: *Archaeology Magazine*, Boston, Archaeological Institute of America. marc./abr. 2008, v.1, n. 2. Disponível em: <https://archive.archaeology.org/0803/abstracts/letter.html>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- COSTA J.B. Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1969. 196p.
- DOMINGO, I., CHIELI A. Characterizing The Pigments And Paints Of Prehistoric Artists. *Archaeological and Anthropological Sciences*. Switzerland, Springer-Verlag GmbH Germany/Springer Nature, v. 13, n. 96, p. 1-20, 13, October 2021. <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01397-y>.
- ELIAS, M. *et al.* The colour of ochres by composition. *Materials Science and Engineering B*. Amsterdam, Elsevier, v. 127, n.1, p. 70-80, 15 fev. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2005.09.061>.

- GILBERT, C. M. Rochas Ígneas. *In*: WILLIAMS, H. *et al.* **Petrografia**: Rochas ígneas. Tradução Rui Ribeiro Franco, 1 ed. São Paulo, Polígono, 1970. Cap. 1, p. 3-169.
- GIUSTETTO, R. *et al.* The Neolithic greenstone industry from Valgrana/Tetto Chiappello (Cuneo Province, Northwestern Italy); A combined archaeometric and archaeological study. **Journal of Archaeological Science: Reports**, [S.l.], (40):1-18, dez. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103222>.
- GOMES, H. *et al.* Identification of pigments used in rock art paintings in Gode Roriso-Ethiopia using Micro-Raman spectroscopy. **Journal of Archaeological Science**, [S.l.], v. 40, n.11, p. 4073-4082. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.04.017>.
- HARMAND, S. *et al.* 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya. **Nature**. London, v. 521, n.7552, p. 310–315. 2015. DOI:10.1038/nature14464.
- KLEIN, C., DUTROW, B. **Manual de Ciência dos Minerais**. Tradução Rualdo Menegat. 23ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 716p.
- LANGER, J. **O megalitismo na pré-história americana e brasileira**. CD-ROM Software de Antropologia y Arqueologia-Notícias de Antropologia y Arqueologia, Buenos Aires, Argentina. 2001.
- LAROCCA, F. Grotta della Monaca. Una Miniera pre-protostorica di rame e ferro in Calabria. *In*: CONGRESSO NAZIONALE DE ESPELEOLOGIA, 20, 2007, Iglesias (It). **Actas I CNS** 27-30 abril, Iglesias: 2008. p. 27-30. Memória do Instituto Italiano de Espeleologia, sII, XXI, Bolonha. p. 273-280. 2008.
- LEAKEY, L.S. *et al.* A new species of the Genus Homo from Olduvai Gorge. **Nature**. London, v. 202, p. 7-9, Apr. 4, 1964. doi: 10.1038/202007a0.
- LEIVERS, M.; EVERY, R.; MEPHAM, L. **Heathrow Terminal 5 Prehistoric pottery**. London, v. 2, 2006, 66p.
- MOORHOUSE, W.W. The study of rocks in thin section. 1st ed. New York: Harper & Row, 1959, 514 p.
- NAVARRO, R. F. A evolução dos Materiais. Parte1: Da Pré-história ao Início da Era Moderna. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**. Campina grande PB, v.1, n.1 p.1-11, 2 jun. 2006.
- OCHOTA, M. A. **Hidden Histories: A Spotter's Guide to the British Landscape**. 1st. ed. London: Frances Lincoln. 2016, 288 p.
- PANCHUCK, K. **Physical Geology**. Adaptado de Physical Geology, Steven Earle, 1st. ed. Saskatoon: University of Saskatchewan Textbook Project. 2019, 544 p.
- PEARSON, M. P. *et al.* Craig Rhos-y-felin: a Welsh bluestone megalith quarry for Stonehenge. **Antiquity**, Cambridge, 89 (348): 1331–1352, **07 Dec. 2015**. <https://doi.org/10.15184/aqy.2015.177>.
- PIVETTA, M. As pedras do Sol. Revista Pesquisa Fapesp, São Paulo, ed.186. p. 84-85, 2011. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/as-pedras-do-sol/>. Acesso em: 14 de dez. de 2021.
- PROUS, A. P. **Os Artefatos Líticos, Elementos Descritivos Classificatórios**. Arq. Mus. Hist. Nat. UFMG. Belo Horizonte, 11: 1-88, 1986.
- RADIVOJEVIĆ, M.; ROBERTS, B.W. Early Balkan Metallurgy: Origins, Evolution and Society, 6200–3700 BC. **Journal of World Prehistory**, Bratislava, Slovak Republic, v. 34, p.195-278, 15 jul. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10963-021-09155-7>.
- ROSINA, P. *et al.* Dating beeswax pictograms from Gode Roriso in Ethiopia. **Journal of Archaeological Science**, 49(1): 206-212, set. 2014. DOI:10.1016/j.jas.2014.05.013.
- SALOMON, H., *et al.* Selection and Heating of Colouring Materials in the Mousterian Level of Es-Skhul (c. 100 000 Years BP, Mount Carmel, Israel). **Archaeometry**, 54(4): 698–722, 31 jan. 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2011.00649.x>.
- SEMAW, S. The World's Oldest Stone Artefacts from Gona, Ethiopia: Their Implications for Understanding Stone Technology and Patterns of Human Evolution Between 2.6–1.5 Million

- Years Ago. **Journal of Archaeological Science**, 27, (12):1197-1214, 2000.  
<https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0592>.
- SEMAW, S. *et al.* 2.5-million-year-old stone tools from Gona, Ethiopia. **Nature**, 385, (6614): 333-336. 23 jan.1997. <https://doi.org/10.1038/385333a0>.
- STOUT, D. *et al.* Raw material selectivity of the earliest stone toolmakers at Gona, Afar, Ethiopia. **Journal of Human Evolution**, 48 (4): 365–380. 4 abr. 2005.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2004.10.006>.
- VENDITTI, F. *et al.* Recycling for a purpose in the late Lower Paleolithic Levant: Use-wear and residue analyses of small sharp flint items indicate a planned and integrated subsistence behavior at Qesem Cave (Israel). **Journal of Human Evolution**, (131): 109-128. Jun. 2019.  
[https:// DOI: 10.1016/j.jhevol.2019.03.016](https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2019.03.016).