

## Aspectos da Ciência Astronômica na Antiga Civilização Egípcia

### *Aspects of Astronomical Science in Ancient Egyptian Civilization*

Paulo César da Rocha-Poppe \* e Vera Aparecida Fernandes-Martin 

*Departamento de Física, Observatório Astronômico Antares – UEFS*

*Av. Transnordestina, s/n, Feira de Santana – BA – 44036-900*

Gleide Miriam Falcão Brito e Anna Paula Alencar

*Centro Estadual de Educação Profissional em Saúde do Centro Baiano*

*R. Juraci Magalhães Jr., s/n, Centro, Feira de Santana – BA – 44135-000*

Milena Pereira Silva

*Colégio Estadual São José*

*R. São Vicente de Paulo, 198, Centro, Santa Bárbara – BA – 44150-000*

João José da Silva Carrilho

*Colégio Anísio Teixeira*

*R. Brig. Eduardo Gomes, 356, Ponto Central, Feira de Santana – BA – 44100-000*

Adalberto José Araújo Silva

*Colégio Estadual Wilson Lins*

*Praça Nemésio Martins Silva, 476, Valente – BA – 48890-000*

Saladina Amoedo Athaide

*Colégio Estadual Luis Eduardo Magalhães*

*Rua Vasco Filho, 15, Centro, Feira de Santana – BA – 44003-246*

(SUBMETIDO: [28/10/2022] – ACEITO: [02/02/2023] – PUBLICADO: [07/04/2023])

A Astronomia, dentre as ciências da natureza, é motivadora, interdisciplinar e exerce um fascínio inegável nas pessoas. Nenhuma outra área do conhecimento tem estado, desde a Antiguidade, tão próxima do desenvolvimento do pensamento humano. Descrita como a mais antiga das ciências, este artigo trata de alguns aspectos da Astronomia desenvolvida no antigo Egito, abordando características de um povo que apresentava uma forte tendência para o aspecto prático, diferente da reflexão filosófica praticada na civilização grega. Discutiremos como a necessidade de observar o céu foi importante para estruturar uma administração eficiente e organizada, fundamental não apenas para a agricultura e os calendários, mas também para orientar geograficamente as incríveis construções piramidais que desafiam o tempo. Este texto objetiva contribuir com o estudo no campo da História da Astronomia nas antigas civilizações, subsidiando atividades em cursos de Graduação e de Pós-Graduação.

**Palavras-chaves:** História da Astronomia; Astronomia Egípcia; Ensino de Astronomia.

Astronomy, among the natural sciences, is motivating, interdisciplinary and exerts an undeniable fascination on people. No other area of knowledge has been, since Antiquity, so close to the development of human thought. Described as the oldest of sciences, this article deals with some aspects of Astronomy developed in ancient Egypt, approaching characteristics of a people who had a strong tendency towards the practical aspect, different from the philosophical reflection practiced in Greek civilization. We will discuss how the need to observe the sky was important in structuring an efficient and organized administration, fundamental not only for agriculture and calendars, but also for geographically orienting the incredible pyramid constructions that defy time. This text aims to contribute to the study in the field of the History of Astronomy in ancient civilizations, supporting activities in undergraduate and graduate courses.

**Keywords:** History of Astronomy; Egyptian Astronomy; Teaching Astronomy.

## I. INTRODUÇÃO

Heródoto, um grande historiador e geógrafo grego que viveu no século V a.C., escreveu, particularmente sobre o Egito, que o mesmo representava uma “dádiva do Nilo” [1]. De fato, a organização da sociedade egípcia foi pautada no aproveitamento das águas do rio Nilo, o mais extenso do mundo com aproximadamente 6853 km, onde a agricultura era completamente baseada e ancorada em um eficiente sistema político, rígido e hierárquico, que se manteve, sem muitas alterações, durante um período aproximado de dois mil anos.

Berço de uma das mais antigas civilizações, é um país repleto de acontecimentos históricos e com características geométricas interessantes. O território do Egito (de aspecto trapezoidal retangular) está localizado no Nordeste do continente africano, sendo banhado ao Norte pelo mar Mediterrâneo. Possui fronteiras a Oeste com a Líbia, ao Sul com o Sudão, a Leste com Israel e a Arábia Saudita, sendo este último separado pelas águas do golfo de Aqaba e do mar Vermelho. O mar Mediterrâneo banha as costas setentrionais e recebe as águas do Nilo, através de vários braços que compõem o chamado “Delta do Nilo”, uma planície com morfologia triangular, com cerca de 160 km de comprimento e 250 km de largura.

A saga milenar desta civilização começa por volta do quarto milênio antes de Cristo, onde povos nômades organizados em dois reinos (ao Norte, o Baixo Egito no Delta do Nilo e ao Sul, o Alto Egito no vale do Nilo) que foram unificados por Narmer (ou o seu sucessor), considerado o primeiro Rei (Faraó) da Primeira Dinastia (algo entre e 3100-2800 a.C.) e fundador do Egito faraônico. No entanto, segundo Llyod [2], tal análise pode ser uma visão tradicional que permeia entre alguns egiptólogos, pois, dentro do debate, outras pesquisas baseadas em evidências arqueológicas presentes em lugares como Abidos (local de enterro mais importante do Antigo Egito) e Hieracômpolis, a capital religiosa do Alto Egito durante o final do Período Pré-Dinástico e, provavelmente

também durante o período das Dinastias I e II, interpretam que o Egito foi unificado e governado como um único reino vários séculos antes da Sequência Dinástica, que compreende as Dinastias I até XXXI, algo entre 3100–330 a.C. [3, 4], na qual foi interrompida com a decadência e o domínio alheio do território.

A descoberta de selos de sepultamento do cemitério real do Primeiro Período Dinástico em Abidos (Figura 1), também reforça essa interpretação, pois, de acordo com Wilkinson [5], os egípcios teriam adotado o faraó Narmer como o fundador, embora o processo de unificação política tenha começado antes da Primeira Dinastia. Portanto, de acordo com [2], trata-se de uma conveniência acadêmica considerá-lo como o primeiro rei do Primeiro Período Dinástico. Este é um campo interessante de pesquisa arqueológica na História da Civilização Egípcia [2, 5–14].

Apesar das fronteiras com outros países, hostis em alguns casos, a antiga civilização egípcia era isolada e autossuficiente, pacífica, conservadora e sem quaisquer interesse na expansão territorial. Apesar de viverem isolados culturalmente, era uma civilização magnífica com realizações inconcebíveis nos dias de hoje. Cultuava seus próprios deuses e possuía uma língua e uma escrita bastante peculiar. Era uma terra de agricultores e escribas [15] que dependiam das inundações anuais do rio Nilo (que ocorria geralmente entre Julho e Outubro) para impulsionar o contínuo desenvolvimento.

O antigo Egito possuía um eficiente sistema administrativo que proporcionou a construção de um engenhoso sistema de canais (ligados às águas do Nilo) para irrigação das plantações, de incríveis monumentos piramidais, estátuas e templos que resistem até os dias atuais. Em adição, também possuíam satisfatórios calendários (três por volta de 2500 a.C.) para organização das atividades sociais, religiosas, econômicas, culturais e festivas. Portanto, eram hábeis na medição do tempo e no trabalho com as pedras calcárias, que eram abundantes no vale do Nilo. Como exemplo, podemos citar o grande túmulo de pedra e a Pirâmide dos Degraus, em Sacara, também conhecida como a Pirâmide de Quéops (a

\* E-mail: paulopoppe@uefs.br

grande Pirâmide). Esta impressionante construção possui mais de 2,0 milhões de blocos de pedra calcária, com uma massa estimada (por pedra) de  $\sim 2,5$  toneladas. Uma outra contribuição será apresentada sobre as três principais pirâmides que serviram de tumbas para

os faraós Quéops, Quéfren e Miquerinos, localizadas na cidade de Gizé, próxima ao Cairo (capital do Egito). Trata-se de uma possível conexão com as estrelas do cinturão de Órion (Mintaka, Alnilan e Alnitak).



FIGURA 1. Abu Rawash. Cemitério da Primeira Dinastia no Morro M. Extraído de Wilkinson (2003), pág. 77 – Plate 3.1. As famosas pirâmides na cidade de Gizé, Quéops, Quéfren e Miquerinos, erguidas pela antiga civilização egípcia, podem ser notadas a direita, na linha do horizonte.

No entanto, é importante salientar que tal arte ou habilidade na construção de monumentos não representa, necessariamente, uma conquista científica, diferentemente dos antigos astrônomos babilônicos que desenvolveram teorias e calcularam as posições de Júpiter a partir da área formada no gráfico velocidade-tempo [16]. Em particular, esta civilização também ancorou a sua cultura em um período próximo aos egípcios, entre 4000 e 3000 a.C., na região da Mesopotâmia, que corresponde atualmente à região Oeste e Sudoeste do Iraque.

Embora situados em regiões vizinhas, os egípcios eram mais práticos e focados em obter resultados efetivos para as suas necessidades cotidianas. Não estavam, aparentemente, interessados nos aspectos epistemológicos, filosóficos ou em quaisquer reflexões teóricas associadas aos princípios científicos fundamentais da natureza. Portanto, não apresentavam grandes preocupações com a elaboração de ideias ou teorias astronômicas e matemáticas sobre os

objetos que moviam-se no céu e que eram usados para marcar o tempo, em particular, o Sol e a Lua. Também conheciam os planetas, através dos movimentos destes entre as chamadas “estrelas fixas”. Apesar da existência de um termo próprio para planeta (“*guenemu*”), utilizavam frequentemente o vocábulo “*sebá*”, tanto para estrela como para planeta.

De acordo com Otto Neugebauer ([17], II: 559), a antiga civilização egípcia pouco explorou aspectos relacionados com a Matemática (teorias, modelos, tabelas, etc), diferentemente daqueles encontrados na civilização babilônica contemporânea. No entanto, é importante ressaltar que o fato desta cultura não aplicar Matemática à sua Astronomia não deve ser considerado como uma falta de interesse ao estudo dos movimentos dos corpos celestes. Ao contrário, os antigos egípcios possuíam uma grande reputação associada ao conhecimento do céu (a exemplo dos calendários) e, sobretudo,

de Geometria, o que atraia, desta maneira, estudiosos de outras civilizações.

Buscavam, como qualquer civilização da época, a solução para determinadas necessidades, como, por exemplo, a época certa para plantar e colher, a navegação, a medida e a divisão do tempo e também aspectos de natureza religiosa. Após longas e constantes observações, registros dos dados e inúmeros aperfeiçoamentos, as medidas forneceram conhecimentos científicos que interpretamos hoje em dia como, por exemplo, as estações do ano, a orientação celeste, a divisão do dia em partes iguais e também a posição dos astros. Como consequência natural, temos a agricultura, o transporte, a organização das atividades sociais e também as crenças religiosas.

Enquanto o registro da Astronomia egípcia, assim como das técnicas de agricultura e construção eram feitas em túmulos e edificações, a Matemática (Aritmética, também de natureza prática) era preservada em papiros e em arquivos dos templos, muito mais perenes que as placas de argila babilônicas. Todos os cálculos realizados eram registrados em folhas de papiro produzidas no país desde épocas bem remotas, a partir de uma planta da família das ciperáceas (abundante nos pântanos ao redor do delta do Nilo), cujo nome científico é *Cyperus papyrus*. Curiosamente, os gregos chamavam a folha de papiro de “*Biblion*”, de onde derivou a palavra “Bíblia”. O papel que ora conhecemos e usamos, cujo nome é derivado de “papiro”, é diferente do material egípcio e foi inventado pelos chineses por volta do ano 100 d.C..

Este trabalho objetiva apresentar alguns aspectos astronômicos associados à antiga civilização egípcia, onde fortes vínculos com as práticas sociais, econômicas, religiosas, culturais e também festivas podem ser observados. Embora alguns livros tratem de algumas destas temáticas [18–21], salientamos que tais discussões ainda são incipientes para serem trabalhadas em disciplinas que objetivam explorar aspectos astronômicos desta civilização nos cursos de Graduação e de Pós-Graduação (Profissionais e Acadêmicos). Neste sentido, apresentamos esta contribuição oriunda do Componente Curricular “AST301:

Uma História da Astronomia” do Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Mestrado Profissional em Astronomia (MPASTRO).

Do exposto, iniciaremos com a compreensão cosmogônica do Universo (igualmente, Cosmos) e de uma breve descrição mitológica (Seção II). Em seguida, abordaremos aspectos relacionados aos planetas visíveis (Seção III) e o Tempo na concepção do antigo Egito (Seção IV). Os Calendários construídos como uma forma de organização desta particular sociedade (Seção V) aborda aspectos da gestão administrativa e das estações do ano. Finalmente, a orientação cardeal das pirâmides (Seção VI) será abordada como um exemplo relacionado ao emprego das observações estelares para as construções das estruturas que serviram de tumbas para as múmias dos faraós.

## II. A COSMOGONIA EGÍPCIA

A tentativa de descrever a origem e a evolução do Universo (ou seja, a Cosmogonia e a Cosmologia) permeou todas as civilizações antigas com enfoques fortemente religiosos, embasamentos e representações mitológicas. No caso particular dos antigos egípcios, é importante salientar que os astrônomos da época eram os próprios sacerdotes, incumbidos de realizar de forma sistemática às observações celestes, ou seja, de medir sistematicamente a altura das estrelas de referência, de registrá-las e de compará-las com dados anteriores.

De acordo com a concepção original da civilização egípcia, a origem do Cosmos estava vinculada a um caos oceânico, associada, talvez, a constante influência anual (cheias) das águas do rio Nilo. De acordo com os registros históricos [22], os primeiros seres vivos habitavam uma colina que surgiu (ou emergiu) a partir de uma inundação. Esta interpretação original foi reelaborada na chamada “Cosmogonia Heliopolita”, onde o deus criador Aton (uma manifestação do deus Sol) [23] criou as primeiras divindades: Shu (deus do Ar) e Tefnut (deusa da Umidade). Um segundo par também foi concebido, Nut (deusa da Noite) e Geb (deus da Terra). Uma representação destas divindades é

ilustrada no papiro Greenfield (Figura 2).

Posteriormente, de acordo com a Cosmogonia egípcia, Nut e Geb se uniram as escondidas, contra a vontade do deus Aton. Irritado

por tal união, Aton ordenou que Shu os separassem, decretando que Nut, em nenhum dia de nenhum ano, pudesse dar à luz.

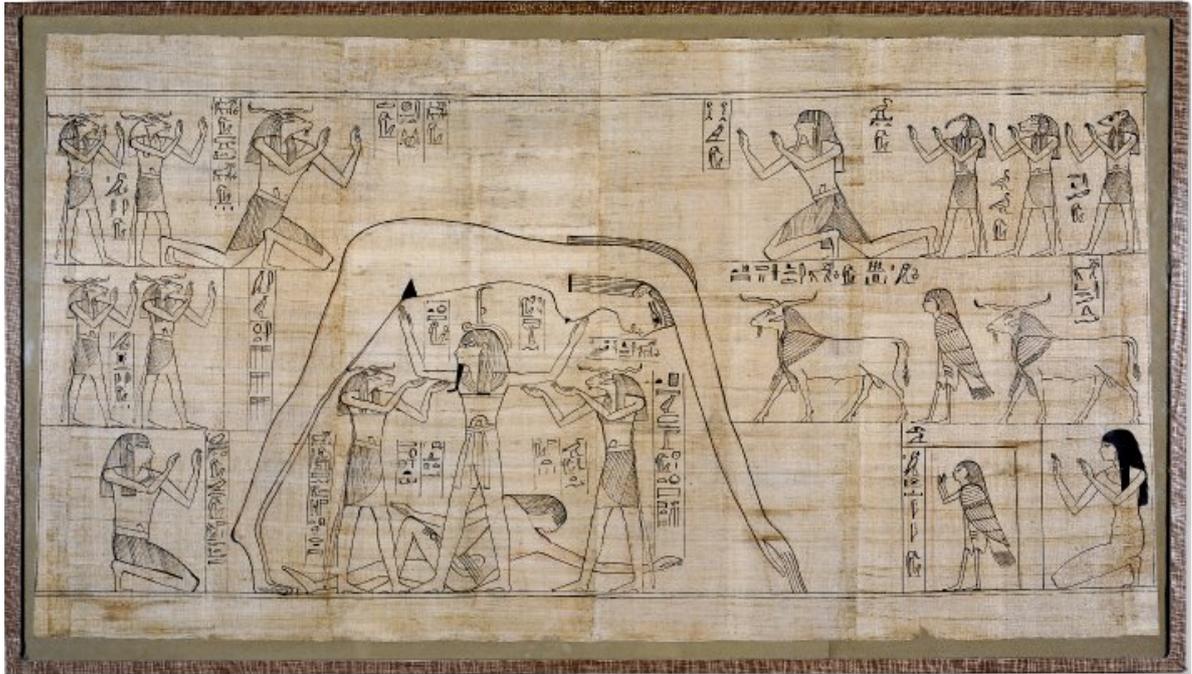


FIGURA 2. Vinheta do Livro dos Mortos de Nesitanebtashru (Papiro de Greenfield – Museu Britânico de Londres). Trata-se de uma ilustração simbólica, representado por deusas e deuses, guardando pouca relação com o aspecto físico do Universo. Neste, o ‘céu’ é o corpo arcado da deusa Nut, a ‘terra’ o deus Geb (deitado) e o ‘ar’ o deus Chu (em pé), sustentando o céu. Imagem extraída de acordo com a licença (CC BY-NC-SA 4.0). Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.

Tot (deus Hermes para os gregos, Mercúrio na mitologia romana), teve pena e obteve, através de um ‘jogo’ com a Lua, ‘frações de sua luminosidade’, com o qual fez 5 dias completos (veremos a conexão deste número de dias no item Calendário). Desse modo, Nut pode dar à luz aos seus filhos: Osiris (deus da fertilidade), Isis (deusa do amor), Seth (deus da guerra) e Neftis (deusa da morte).

Embora irmãos, Osiris casa-se com Isis e Seth com Neftis. Ao primeiro, a incumbência de governar o império antigo. Ao segundo, o deserto. Obviamente, tal contradição não agrada Seth e um plano é então elaborado para matar o irmão e usurpar o trono. No ápice da crueldade, o corpo de Osiris é então esquartejado em vários pedaços e espalhados para que

o mesmo não possa ser reconstituído. No entanto, a esposa, Isis, persevera e consegue reunir o corpo para, pelo menos, enterrá-lo com dignidade (mumificado em um sarcófago).

No reino dos mortos, Osiris revive e consegue engravidar Isis e o filho assim gerado, Hórus, deus do Sol nascente, ‘cabeça de falcão’, vingaria posteriormente a morte do seu pai ao travar uma batalha de vida ou morte com o tio Seth.

Esta sintética abordagem aqui apresentada é o conhecido “mito de Osiris”, o deus da fertilidade do reino dos mortos, que foi capaz de gerar, mesmo morto, um filho. O mito representa um conflito entre ordem e caos e, em particular, morte e vida após a morte. O interesse pela eternidade, como destacado, era maior que

aquele relativo à compreensão da natureza do Universo físico, como é percebido na civilização grega [24]. Assim, podemos caracterizar a Cosmogonia egípcia mais próxima da religiosidade e menos da reflexão filosófica.

O papiro de Greenfield (funerário da princesa Nesitanebtashru, sacerdotisa de Amon-Rá, em Tebas, datado de cerca de 970 a.C., Figura 2), corrobora com essa interpretação.

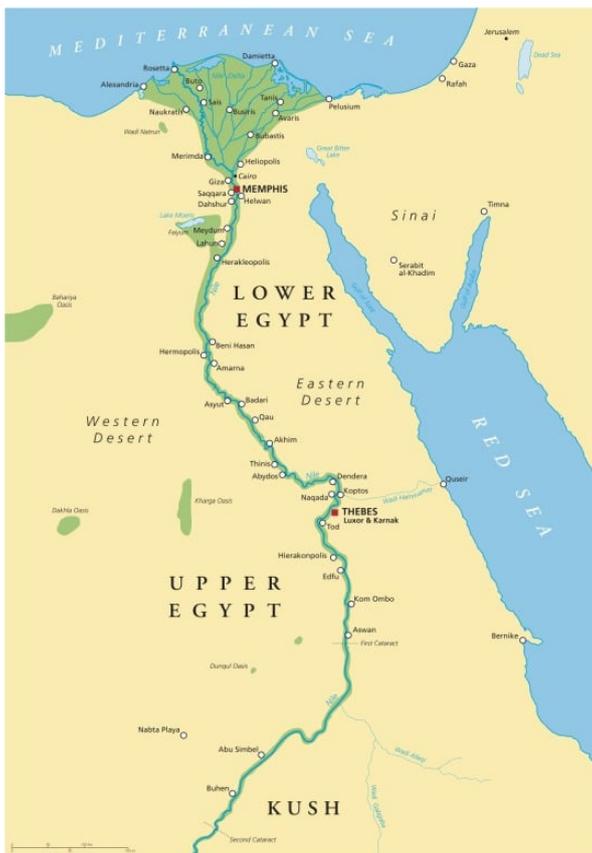


FIGURA 3. Recorte ilustrando a característica geográfica do rio Nilo e a possível correlação com o corpo arcado da deusa Nut (Figura 3). Fonte: <https://carnegiemnh.org/egypt-and-the-nile/>.

Na representação, Nut (noite) era a deusa do céu, bem alongada, na forma de um arco (talvez, uma alusão feita ao rio Nilo, que também apresenta tal característica arqueada – Figura 3). O deus Geb (terra) encontra-se abaixo, deitado, enquanto que o deus do Ar, Shu, está em pé, sustentando a deusa Nut.

Em outras representações, a deusa vem acompanhada de dois pequenos barcos movendo-se pelo corpo coberto de estrelas. O barco que sobe pelas pernas carrega o Sol e indica o nascente, enquanto aquele que desce pelos braços expressa o ocaso e carrega a Lua (Figura 4). Tais descrições não tratam do aspecto físico esperado para o céu, muito menos de uma representação do Cosmos. Na verdade, trata-se de uma representação mitológica baseada em uma Cosmogonia religiosa.

Para o(a) leitor(a) interessado(a) em aprofundar este e outros aspectos da Cosmogonia e da Cosmologia no Antigo Egito, sugerimos as referências [25, 26] e as demais citadas nos respectivos trabalhos.

### III. OS PLANETAS VISÍVEIS

A influência dos objetos celestes (e.g. planetas) na vida das pessoas, uma característica particular da Astrologia, pode ter sido introduzida na sociedade egípcia a partir da invasão dos persas no século VI a.C., dentro do período de declínio e do domínio por parte de outras civilizações que ocorreram nas Dinastias XXI-XXXI, compreendidas entre ~ 1080-330 a.C..

Os planetas, os cinco visíveis, eram conhecidos e observados em diversas culturas. No caso particular dos egípcios, os externos (Marte, Júpiter e Saturno) eram religiosamente ligados ao deus Hórus (cabeça de falcão): Marte, era “Hórus o Vermelho” ou “Hórus do Horizonte”; Júpiter era “Hórus que ilumina as Duas Terras”, ou “Hórus que desvenda o Mistério”; Saturno era “Hórus, o Touro” ou “Hórus, o Touro do Céu”. Vênus era associado ao seu pai Osíris e Mercúrio com Seth, o irmão e assassino de Osíris, que quando surgia ao entardecer, parecia assumir um aspecto diferente daquele observado no alvorecer.

De acordo com [27], existem várias passagens em textos religiosos onde os planetas podem ser mencionados, mas muitos deles são incertos porque os nomes dados não são específicos o suficiente para excluir outras interpretações e as influências de outras civilizações. Este aspecto também ocorre nos respec-

tivos deuses, por exemplo, Saturno com o deus Sol, Marte com Miysis, Mercúrio com Thot, Vênus com Hórus, filho de Ísis, e Júpiter com Amon. Na verdade, os textos estão mal preservados e dificilmente compreensíveis nos detalhes necessários para as devidas interpretações.

De qualquer forma, os egípcios não estavam diretamente interessados no registro

dos seus movimentos entre as estrelas de forma sistemática e precisa como observado em outras culturas. Igualmente, também não se mostravam inclinados em estabelecer teorias a respeito do Sol e da Lua. No entanto, mostravam-se interessados no cálculo do tempo, como abordado a seguir.

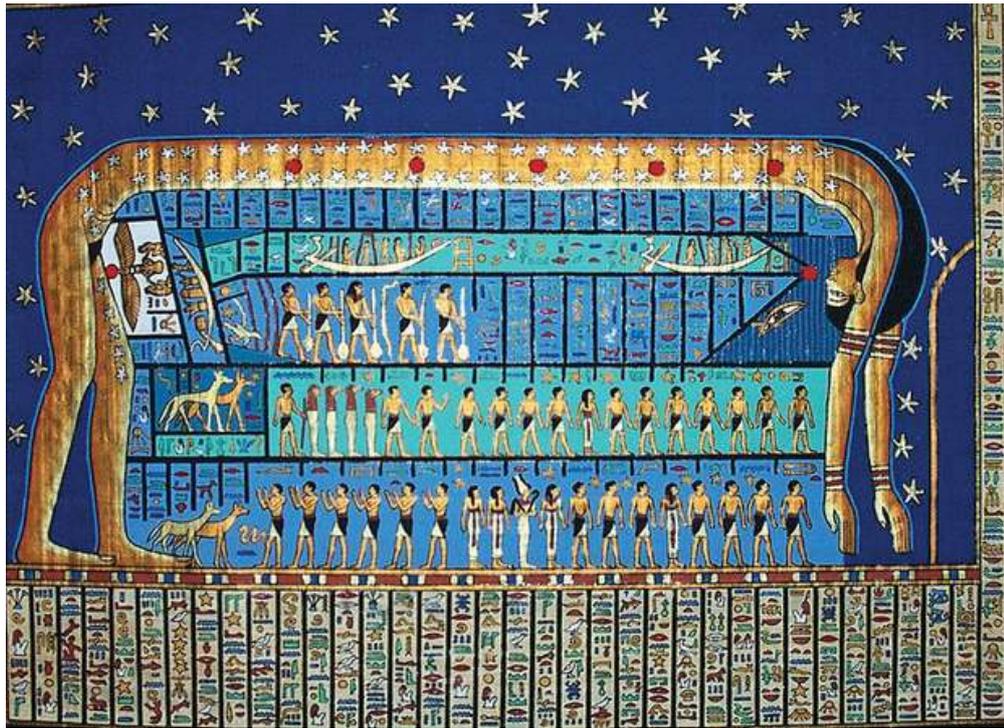


FIGURA 4. O Sol (bolinhas vermelhas) atravessa o corpo da deusa Nut (entre as estrelas fixas) e renasce a cada manhã. Fonte: <https://cdn.britannica.com/s:700x450/15/148115-050-9EF5F4C6/Nut.jpg>.

#### IV. O TEMPO NA CONCEPÇÃO DO ANTIGO EGITO

A continuidade da vida após a morte era o principal interesse dos sacerdotes-astrônomos, em relação, por exemplo, ao conhecimento específico sobre a natureza do Universo (elaborar teorias a respeito do Sol, da Lua ou dos planetas visíveis). O papiro de Greenfield e o mito de Osíris ratificam essa ideia, de modo que uma Cosmogonia religiosa é então estabelecida. A própria noção do “tempo” também

carrega essa essência, onde o mesmo era interpretado através da união das palavras *djet* (eternidade) e *neheh* (nascer). A primeira, associada à contínua sucessão de reinado dos faraós, simbolizava uma contagem linear de ciclos de caráter eterno. A segunda, que abarcava os ciclos periódicos da natureza, representava a perspectiva de constante renovação, como o nascer helíaco (próximo com o nascer do Sol) da estrela Sirius, *Sopdet*, que anunciava as cheias no rio Nilo.



FIGURA 5. Um recorte contendo algumas das constelações egípcias (em colunas) representadas no teto do túmulo do faraó Seti I. Neste painel, decanos com seus números de estrelas e seus deuses e deusas representativos. Descrição de Órion e dos planetas Júpiter, Saturno, Marte (em movimento retrógrado), Mercúrio e Vênus estão também representados nas colunas. Imagem extraída de acordo com a licença (CC BY-NC-SA 4.0). Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.

#### IV.1. O Dia Egípcio

O céu servia para a determinação do tempo e esse era o legado dos sacerdotes-astrônomos do antigo Egito. O povo egípcio foi provavelmente a primeira civilização a estipular e a uniformizar o dia em dois intervalos iguais de 12 horas, estabelecido entre dois nascimentos consecutivos do Sol [7]. Embora envolvessem observações críticas, i.e., no nascer e no pôr do Sol, estrelas (ou grupos de estrelas) também foram registradas, mas resultavam em intervalos maiores, certamente pelas condições especiais de observação (nascer e ocaso do Sol). Contudo, por volta do ano 2150 a.C., o intervalo também foi fixado em 12 horas, tanto para o dia quanto para a noite, extraído de estudos realizados em pinturas de relógios de estrelas em túmulos, a exemplo de algumas das constelações representadas no teto do túmulo de Seti I (Figura 5), faraó da XIX dinastia no Império Novo, filho de Ramessés I e Tiya. Seti I foi o pai de Ramessés II.

Sobre as estrelas, asterismos e constelações descritas nas tumbas dos faraós, indicamos o

Capítulo 6 do livro “The Constellations of Ancient Egypt” [28], incluindo também as respectivas referências citadas. Neste, as constelações estão descritas em ordem decrescente aproximada de ascensão reta, retratando imagens de animais, símbolos e divindades que foram mais significativos para a compreensão da interpretação egípcia do Cosmos.

De acordo com os autores, Lull e Belmonte, das 32 constelações descritas no texto, ambos concordam 100% com 10 delas, 15 de forma parcial, 4 onde as hipóteses de Lull são parcialmente ratificadas por Belmonte e 3 delas no inverso, apresentadas por Belmonte e parcialmente ratificadas por Lull.

É importante salientar que as constelações representam percepções próprias de cada civilização, retratando aspectos muito particulares, como observado na Figura 6, uma adaptação feita para a constelação da Ursa Maior.

Como informação, Eugène Joseph Delporte (1882-1955), um astrônomo belga, propôs em 1930 um novo conceito de constelação, ou seja, a divisão da Esfera Celeste de forma geométrica, em 88 regiões ou partes.

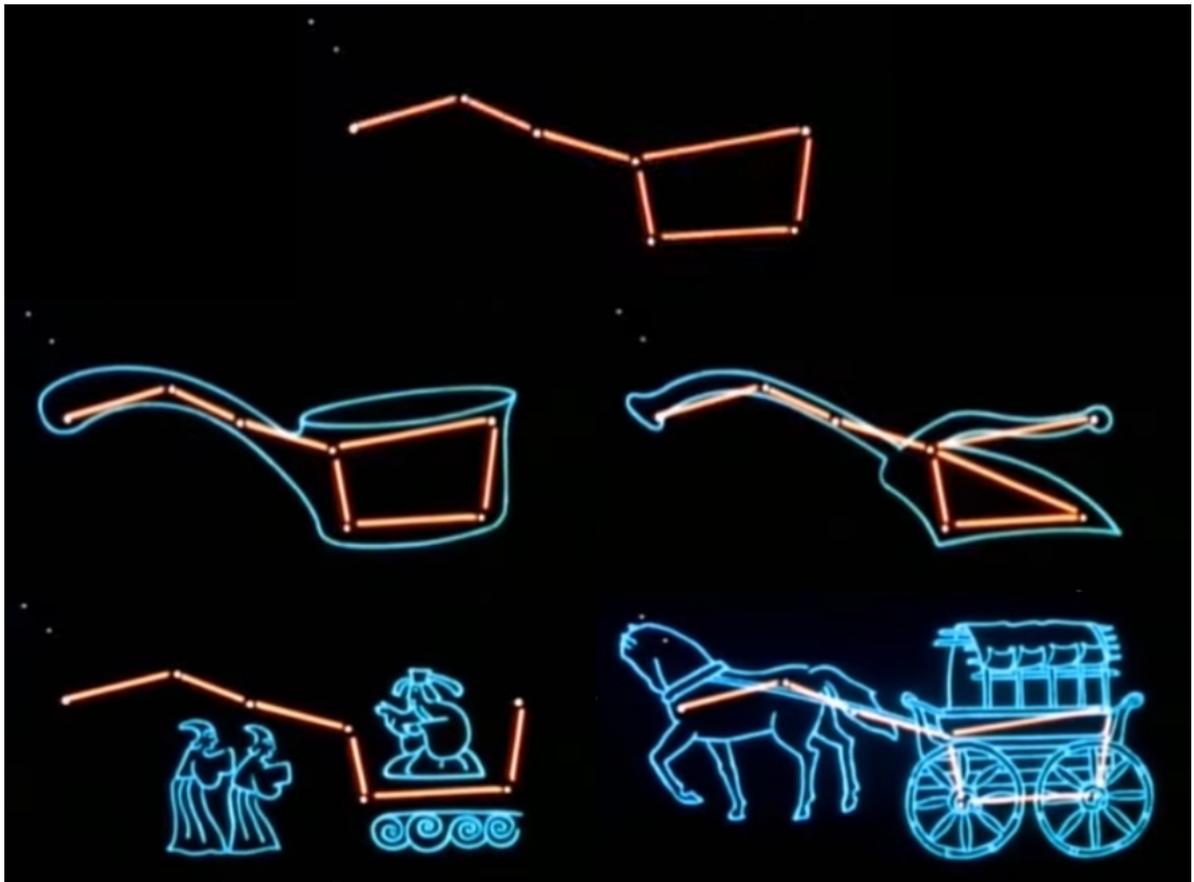


FIGURA 6. Representação da constelação da Ursa Maior (Big Dipper), um asterismo de sete estrelas que foram reconhecidas como um grupo distinto em várias culturas. Na América do Norte, a representação de uma ‘panela’. Para os egípcios, um ‘arado’, um instrumento que servia para lavrar o solo, revolver à terra com o objetivo de descompactá-la e, assim, viabilizar um melhor desenvolvimento das raízes das plantas - totalmente relacionado com a estação do plantio (ver Item V - Calendário Egípcio). Para os orientais, um ‘riquixá’, um meio de transporte de tração humana, muito parecido com a percepção europeia, uma ‘charrete’ com tração animal. Adaptado da famosa série Cosmos (Carl Sagan), Episódio 8, “*Journeys in Space and Time*” - Viagens no Espaço e no Tempo.

Esta divisão foi adotada pela IAU (International Astronomical Union - União Astronômica Internacional) e continua em vigor atualmente. Para maiores detalhes, indicamos a consulta através do link da IAU, onde os mapas celestes foram feitos em colaboração com a revista *Sky & Telescope* (Roger Sinnott & Rick Fienberg): <https://www.iau.org/public/themes/constellations/>. Galáxias, estrelas (variáveis e aglomerados), além de nebulosas brilhantes, são também representadas.

Os seguintes artigos [29–31] também complementam as análises apresentadas acima.

#### IV.2. Relógios de Sol (ou Relógios de Sombra)

A materialização da hora durante a parte clara do dia era realizada através da sombra projetada em relógios de Sol que, na forma mais simplificada, é representada por uma haste vertical fixa e perpendicular ao solo.

Os obeliscos, monumentos na forma de um pilar de pedra quadrangular alongada que vai se afunilando em direção ao topo e terminando com uma ponta piramidal, foram construídos em torno de 3500 a.C., sendo também caracte-

rizados como relógios de Sol, pois o movimento da sombra ao longo do dia permite dividir o mesmo em dois períodos: manhã e tarde. Os obeliscos também mostravam os dias mais longos e mais curtos do ano, quando a sombra observada ao meio-dia era a mais curta ou a mais longa do ano. Mais tarde, marcadores adicionais ao redor da base do monumento indicariam outras subdivisões de tempo.

Além dos obeliscos, um outro artefato, possivelmente o primeiro ‘relógio portátil’, data do Império Novo, época do sexto faraó da XVIII dinastia Tutmés III (~ 1482-1425 a.C.). Trata-se de um dispositivo que dividia um dia en-

solarado em 10 partes (mais duas “horas de crepúsculo”) de manhã e à noite, perfazendo, portanto, 12 horas. O mais antigo destes encontra-se exposto no Museu de Berlim e representa uma peça em pedra na forma de “L” contendo cinco divisões (Figura 7 superior).

Quando a haste longa com 5 marcas espaçadas de forma variável ficava orientada na direção Leste-Oeste pela manhã, uma barra transversal elevada na extremidade Leste projetava uma sombra móvel sobre as marcações (Figura 7 inferior). Ao meio-dia, o dispositivo era girado na direção oposta (Oeste-Leste) para medir as horas da tarde.

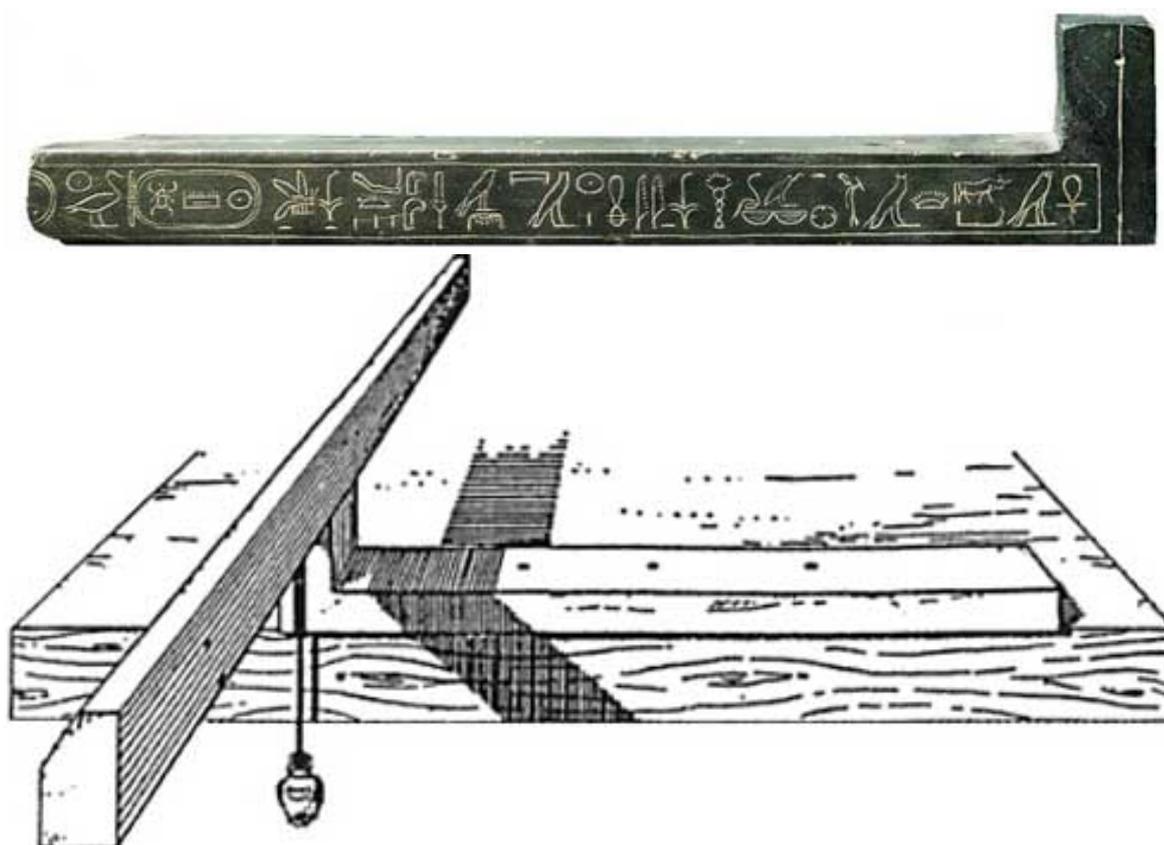


FIGURA 7. Superior: Perfil do relógio de Sol (sombra) egípcio, em forma de “L”, sem a haste horizontal perpendicular (Fonte: Website Verein zur Förderung des Agyptischen Museums Berlin). Inferior: Uma representação equipando o mesmo com uma barra transversal, na forma de um “T”, tal como proposto em 1910 pelo arquiteto e egiptólogo alemão Ludwig Borchardt [32].

A representação esquemática na Figura 7 inferior é a mais comum e apresenta a inserção de uma peça na extremidade dando a

semelhança de um “T”. Esta representação é atribuída ao arquiteto e egiptólogo alemão Ludwig Borchardt (1863-1938) que, em seus traba-

lhos [32, 33], argumentaria que o original proposto estaria incompleto e que um elemento adicional na forma de uma barra transversal (uma haste de dimensões semelhantes ao da base para dar sentido às marcações das horas) era parte integrante de cada relógio de sombra.

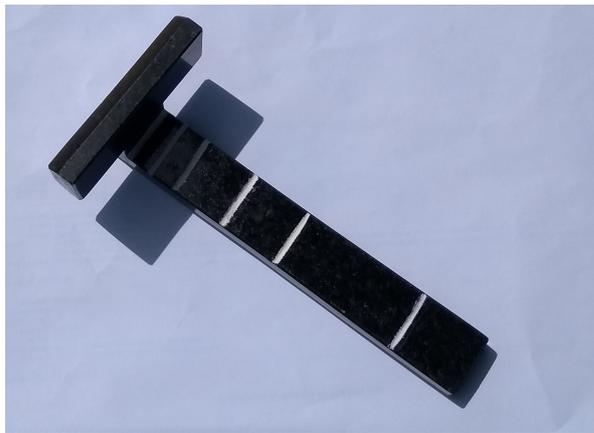


FIGURA 8. Relógio de Sol (sombra) egípcio datado do Império Novo, época do sexto faraó da XVIII dinastia Tutmés III (~ 1482-1425 a.C.), produzido no Mestrado Profissional em Astronomia. A sombra no traço branco mais distante do “T” marcaria o nascer do Sol (1ª hora), de tal modo que 5ª hora estaria ao lado do meio-dia, definido como a linha que une as duas peças, base e o “T”.

Com a adição de uma barra transversal, a teoria de Borchardt afirmava que os relógios de Sol poderiam ser feitos para marcar as horas sazonais, desde que alinhados exatamente na direção Leste-Oeste. Pela manhã, a extremidade da barra transversal estaria voltada para o lado Leste. Ao meio-dia, o relógio de sombras seria girado de 180°, de modo que no período da tarde, a extremidade da barra transversal estaria voltada para o Oeste.

Em 1965, Bruins [34] explorou matematicamente a teoria de Borchardt e concluiu que um conjunto de três barras transversais de diferentes alturas indicaria que os períodos de tempo medidos pelo relógio seriam uma boa aproximação das horas sazonais.

Embora com resultados corroborados posteriormente, a hipótese de Borchardt foi rejeitada por Sarah Symons no trabalho de doutorado

apresentado 1999 na Universidade de Leicester, Inglaterra [35]. De acordo com a autora, o relógio de sombra em forma de “L”, em contraste com o relógio de barra transversal, em “T”, não mede períodos de tempo que estão relacionados com as “horas” do tempo presente ou da antiguidade clássica.

Apesar do importante debate sobre a forma original deste relógio, realizamos, como parte das atividades previstas no Componente Curricular AST301, uma réplica deste curioso instrumento no formato em “T” (Figura 8). Ao leitor(a) interessado(a), indicamos o site da revista Ciência Hoje das Crianças (<http://chc.org.br/experimentando-um-relogio-de-sol/>).

### IV.3. Clepsidra: O Relógio de Água

Apesar de fornecer as horas de forma rápida e simples, relógios baseados no Sol possuem uma grande desvantagem de não poder trabalhar a noite, em dias nublados ou chuvosos. Esta limitação pode ter sido a principal razão pela qual as antigas civilizações passaram a usar um outro fenômeno físico para medir intervalos de tempo: o fluxo contínuo de água, com a vantagem de não necessitar da observação direta dos corpos celestes. Os relógios baseados neste princípio são denominados de “Clepsidras”.

O nome, cunhado por volta de 325 a.C., deriva das palavras gregas *clephtis* (= “stealer”, ladrão) e *hydor* (= água), portanto *clephtis* + *hydor* = *clepsydra*, que significa “o ladrão de água” ou “water stealer” [36].

Um dos mais antigos (Figura 9) foi encontrado no túmulo do faraó egípcio Amenhotep III (~ 1397-1360 a.C.) [28]. Na verdade, os egípcios já conheciam este instrumento desde a era dos Reis de Tebas (Novo Império, Dinastias XVIII, ~ 1540 a.C.), feita pelo astrônomo egípcio Amenemhet, embora a clepsidra mais antiga tenha o nome do faraó Amenhotep III. No caso dos babilônios, o emprego ocorreu somente a partir do século XII a.C. [37].

Representando mecanismos alternativos para medir o tempo durante a noite, são for-

mados por vasos de pedra com lados inclinados que permitiam que a água pingasse a uma taxa quase constante a partir de um pequeno buraco perto do fundo. Outras clepsidras eram recipientes cilíndricos ou em forma de tigela projetados para encher lentamente com água entrando a uma taxa constante.

Em ambos os casos, marcações nas superfícies internas mediam a passagem das horas à medida que o nível da água as atingiam. Esses relógios eram usados para determinar as horas à noite, mas também podem ter sido usados durante o dia. Representam um dos mais importantes relógios primitivos.



FIGURA 9. Relógio de água (clepsidra) de Karnak (Museu do Cairo) revelando três divisões que agrupavam divindades e objetos celestes (estrelas e planetas). O tempo poderia ser medido com este dispositivo, já que o nível de água caía de forma constante e as horas eram indicadas por graduações dentro do recipiente, com doze seções para explicar os meses. As primeiras clepsidras do Egito Antigo datam da época aproximada de 1500 a.C., e sua precisão era da ordem de 5 a 10 minutos.

#### IV.4. Relógios de Estrelas

Os métodos mais precisos de datação fornecidos pelas clepsidras permitiram a produção de novos relógios, baseados, agora, apenas nas estrelas, como aqueles presentes nos túmulos de Ramsés VII (~ 1142 a.C.) e de outros faraós. Um famoso Zodíaco circular (Figura 10) encontra-se no teto da Capela Oriental de Osíris, no templo de Hátor, em Dendera (Figura 11). Trata-se de uma representação do céu onde as estrelas e as constelações são retratadas em alto relevo, sustentadas pelas quatro deusas dos quatro pontos cardeais, assistidas pelas quatro divindades com “cabeças de falcão”.

De acordo com Rogers [38], esta relíquia histórica representa o único mapa celeste com-

pleto que ora dispomos da Antiguidade.

Algumas teorias afirmam que o relevo do Zodíaco serviu de base para a criação de sistemas astronômicos posteriores. Atualmente, a data mais aceita aponta que ele foi esculpido até o ano 50 a.C., pois mostra estrelas e planetas da maneira que eram observados nessa época. Esse e outros zodíacos parecem ter surgido apenas após a conquista do Egito pelos gregos, no século III a.C.. A sustentação para tal hipótese está no fato de que os egípcios não se preocupavam com os movimentos planetários para construir tal representação, mas, sobretudo, no aspecto espiritual.

Para um maior detalhamento do zodíaco como tratado na antiga tradição egípcia, incluindo os planetas visíveis e outras discussões sobre as constelações clássicas, indicamos a consulta à referência [28].



FIGURA 10. O Zodíaco de Dendera (planisfério ou uma representação astrológica) é um conhecido Baixo-Relevo (uma forma escultórica utilizada na decoração de vários elementos arquitetônicos) do antigo Egito esculpido no teto da “*pronaos*” (entrada) de uma câmara dedicada a Osíris no templo de Hathor de Dendera. Encontra-se exposto no Museu do Louvre em Paris. <https://www.louvre.fr/en/explore/the-palace/the-guardian-of-egyptian-art>

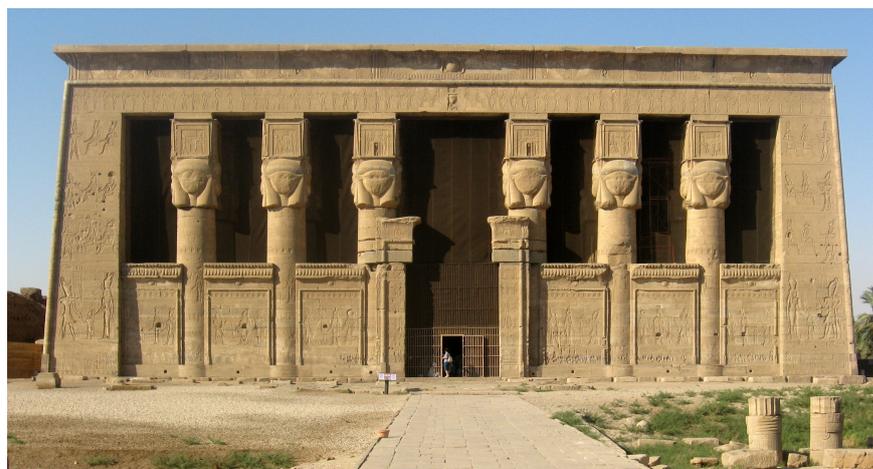


FIGURA 11. Templo de culto dedicado à deusa Hathor, datado de 380 a.C.. O templo de Dendea era conhecido como o “Castelo de Sistro” ou “Pr Hathor”, casa de Hathor. Imagem de Domínio Público.

## V. CALENDÁRIO EGÍPCIO

O calendário, do latim “*calendarium*”, consiste em um elaborado processo que permite agrupar os dias (unidade fundamental) em períodos (semanas, meses e anos) através de determinadas regras, muitas vezes próprias para atender necessidades de uma determinada sociedade, baseadas (geralmente) em evidências observadas na natureza, como os ciclos naturais do dia e da noite, as fases da Lua e as estações do ano. Em geral, os calendários são baseados nos ciclos do Sol e da Lua, com ênfase em um desses objetos.

Para os sacerdotes-astrônomos do antigo Egito, o céu representava o laboratório ideal para a determinação do tempo e o registro deste era fundamental para a organização administrativa do país. Para tal, conhecimentos básicos da Astronomia, pautados em observações sistemáticas de determinados objetos celestes, poderiam suprir com louvor tais necessidades (sobretudo as agrícolas). Mas, curiosamente, embora notórios observadores, estes povos não estavam interessados em desenvolver teorias sobre os movimentos aparentes dos objetos (Sol ou da Lua) observados, muito menos dos planetas que se moviam entre as chamadas “estrelas fixas”, ou através dos seus próprios agrupamentos aparentes de estrelas (constelações). Na verdade, era um povo essencialmente prático, voltado para suprir suas necessidades básicas.

A linguagem escrita, os hieróglifos, eram registrados em papiros e reuniam inscrições contendo informações preciosas sobre as observações e os métodos empregados para contar os dias. No entanto, quando comparado com as tabuletas de argila da civilização mesopotâmica, eram bastante vulneráveis, sendo assim destruídas (textos e documentos) ao longo do tempo. Mas, importantes registros foram recuperados e uma visão dos calendários egípcios pôde então ser revelada [39].

As estrelas, agrupadas em constelações, eram empregadas para descrever o movimento anual do Sol na Esfera Celeste. Tal observação, realizada de forma meticulosa, conduziu ao primeiro calendário civil, que era bastante

simples, mas satisfatório para os propósitos daquela civilização.



FIGURA 12. Representação parcial do céu noturno obtido com o software “Stellarium” (<https://stellarium.org/>, Coordenadas Geográficas de Feira de Santana). A constelação do Cão Maior, que abriga a estrela Sírius, fica próximo da constelação de Órion (Caçador), também de grande importância para os antigos astrônomos egípcios. Fonte: Os Autores.

Ao acompanhar sistematicamente o movimento do Sol, os antigos sacerdotes-astrônomos perceberam que o nascer da estrela mais brilhante no céu, ‘*Sopdet*’, Sírius [40], Sotis para os gregos, depois de um longo período ausente, coincidia com a inundação anual do rio Nilo (ver Figura 12 para uma localização desta constelação no céu noturno). Desse modo, o nascimento helíaco da estrela Sírius passaria a marcar o início do ano egípcio (desde o Médio Império, Dinastias XI e XII, ~ 2040 a 1786 a.C. e durante o Novo Império, Dinastias XVIII-XVII, ~ 1786 a 1085 a.C.), associando-o ao calendário civil, o qual não é muito diferente do que a sociedade moderna emprega atualmente, i.e., um intervalo de tempo compreendido por 12 meses. Nesse primeiro calendário, cada mês, entretanto, era formado por 29 ou 30 dias, vinculado ao ciclo natural das fases da Lua, o que fornecia um ano de  $12 \times 29,5$  dias = 354 dias. Com o passar do tempo, ficaria evidente que com este número de dias, o início do ano regido

pelo calendário não passaria a coincidir com o nascimento helíaco da estrela Sírius, de modo que 1 mês foi acrescentado de forma irregular, a cada 2 ou 3 anos como uma “solução”.

Uma segunda versão mais precisa, associado a um novo sistema administrativo, foi proposto em função das estações do ano, onde o comprimento deste foi baseado no intervalo entre dois solstícios de verão, culminando em um valor superior ao anterior, agora de 365 dias. Provavelmente, este resultado foi realizado com auxílio de um gnômon (relógio solar), cuja prática era conhecida por várias civilizações, a partir da observação diária da extensão variável da sombra ao meio-dia. A dissertação referenciada em [41], fruto do MPASTRO, é indicada para maiores informações sobre o gnômon.

Então, a medida que as estações avançavam ao longo do ano, em direção ao solstício de verão, o Sol fica cada vez mais alto no céu (independente do Hemisfério do observador), de modo que a sombra projetada no gnômon ao meio-dia fica cada vez menor, até atingir seu tamanho mínimo no solstício de verão; em seguida, a altura do Sol começa a diminuir, revelando uma sombra maior ao meio-dia, atingindo a extensão máxima no solstício de inverno. A determinação do comprimento do ano também poderia ter sido realizada através do nascimento helíaco sucessivo da estrela Sírius, onde, após alguns anos, o período de 365 dias também seria obtido.

A concepção do novo calendário baseado nas estações do ano apresenta, contudo, um diferente formato em relação as nossas tradicionais divisões. Para os antigos egípcios, as estações eram divididas em apenas três períodos de 4 meses (“*abed*”) com 30 dias cada (“*heru*”), com um conjunto de semanas distribuídas, perfazendo assim um total de 360 dias: Inundação (as cheias do Nilo, de Julho a Outubro), Semeadura (saída das águas, de Novembro a Fevereiro) e a Colheita (excasses das águas, de Março a Junho). Acrescentavam, ainda, 5 dias (“*heru renpet*”), considerados fora do ano, cujos gregos chamavam de “epagômenos”, perfazendo assim um total de 365 dias, no fim dos quais se celebrava “a abertura do ano”, isto é, o Ano Novo Egípcio. Nesses 5 dias adicionais,

comemorava-se o nascimento das cinco divindades presentes na teologia heliopolitana (ver item 2): Osíris, Horus, Seth, Isis e Neftis. As Figuras 13 e 14 ilustram o calendário egípcio imposto pelo regime de águas do rio Nilo. Os respectivos nomes egípcios das estações são também representados.

Com o decorrer do tempo, os sacerdotes-astrônomos perceberam que o calendário posto em prática de 365 dias não estava em perfeito compasso com o correto início das estações do ano, passando a acumular, de forma inevitável, um erro. A solução mais prática seria calcular e adicionar um certo número de dias para solucionar a defasagem. Mas, curiosamente, tal sugestão apresentada não foi acatada pelos escribas (sacerdotes-astrônomos) e um novo ano lunar foi proposto para ser usado em harmonia com o calendário civil. Segundo Parker [42], o calendário baseado na Lua, de 12 ou 13 meses, objetivava determinar os festejos religiosos e marchava junto com o primeiro calendário civil proposto.

Datando os acontecimentos acima por volta de 2500 a.C., podemos dizer que o antigo Egito possuía três calendários em atividade: o baseado no nascimento helíaco de Sírius, o civil de 365 dias pautado nas três estações do ano, e o lunar que marchava junto e determinava as datas das grandes festas.

## V.1. O Problema com o Ano Solar

O ano solar, por definição, representa o período que compreende um número inteiro de dias e corresponde à revolução da Terra em torno do Sol. Observando o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas do Sol pelo equinócio vernal (da primavera), o ano solar (trópico), assim chamado, é cerca de 20 minutos mais curto que o ano sideral (baseado nas estrelas), e o seu valor é de 365, 242199 dias. É preciso salientar no contexto aqui tratado a precessão do equinócio vernal, onde o ponto vernal (ponto gama) se desloca no sentido inverso (retrógrado) do movimento anual do Sol ao longo da Eclíptica [18].

Comparando então o ano egípcio de 365 dias

com o solar (trópico), podemos concluir que o mesmo fica mais curto a cada ano a uma fração de 0,242199 dias ( $\sim 1/4$  de dia, ou 5h48m46s). Portanto, ao findar de 4 anos, teremos um atraso de quase 1 dia (0,968796 dias), de modo que o novo ano egípcio começava 1 dia antes dos equinócios ou dos solstícios. Continuando este raciocínio, veremos que em 1460anos ( $365/0,25$  ou  $4 \times 365$ , pois ocorre uma defasagem de um dia a cada quatro anos) o atraso alcança 1 ano

e era restabelecida a coincidência momentânea do ano civil egípcio com o ano trópico ou solar. Tal coincidência era comemorada com grandes festividades, pois esse fenômeno era considerado como um benefício dos deuses. Esse ciclo de 1460 anos era chamado de “Período Sótico” e está relacionado ao nascimento helíaco da estrela Sírius (Sopdet), que indicava o começo da estação das inundações, tendo, portanto, grande importância na vida egípcia.

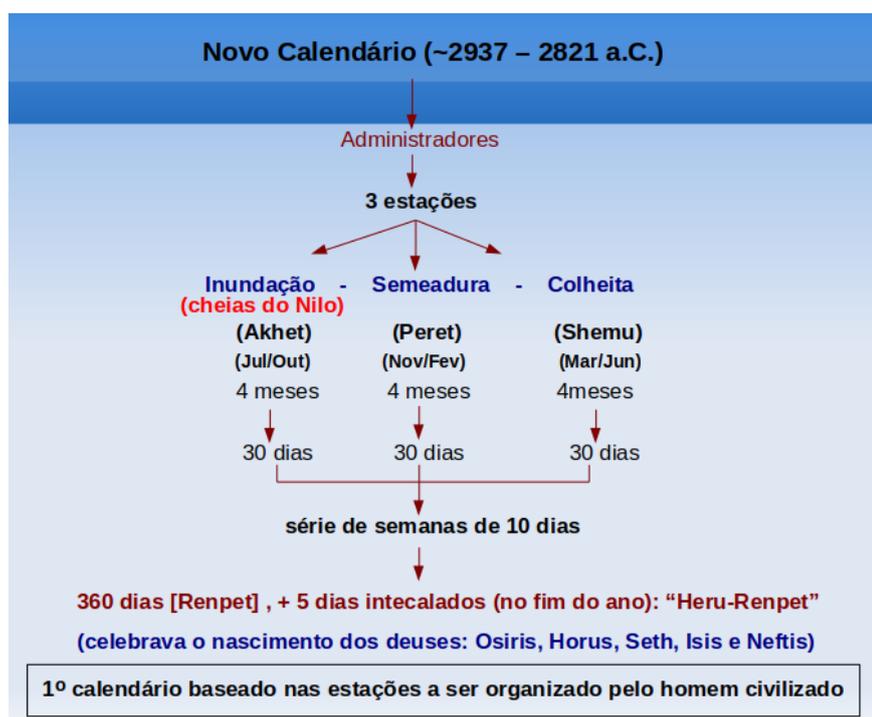


FIGURA 13. Diagrama ilustrativo do calendário egípcio, considerado prático e de fácil gestão administrativa. É considerado o 1º calendário baseado nas estações do ano (Akhet, Peret e Shemu). Imagem: Próprio Autor.

Ptolemeu III Evérgeta, terceiro soberano da dinastia ptolemaica, tendo governado o Egito entre 246 e 221 a.C., notou essa diferença e sugeriu uma correção para o problema. Contudo, a solução não foi implementada e só aconteceu entre 26 e 23 a.C. (no império de *Augustus*) com o novo calendário Alexandrino. Como em 4 anos o atraso é de aproximadamente 1 dia, foi simplesmente proposto a inserção de 1 dia no calendário egípcio a cada 4 anos para evitar a defasagem com o ano solar.

## VI. OS PONTOS CARDEAIS E A ORIENTAÇÃO DAS PIRÂMIDES

Os 4 pontos cardeais (Norte, Leste, Sul e Oeste) são facilmente determinados com o auxílio de um gnômon durante um dia ensolarado, em que o Sol nasce no lado Leste e se põe no lado Oeste, fornecendo sombras de comprimentos distintas ao longo dos dias [41]. No entanto, a observação contínua e detalhada do céu noturno permitiu aos antigos astrônomos egípcios o emprego de um outro método.

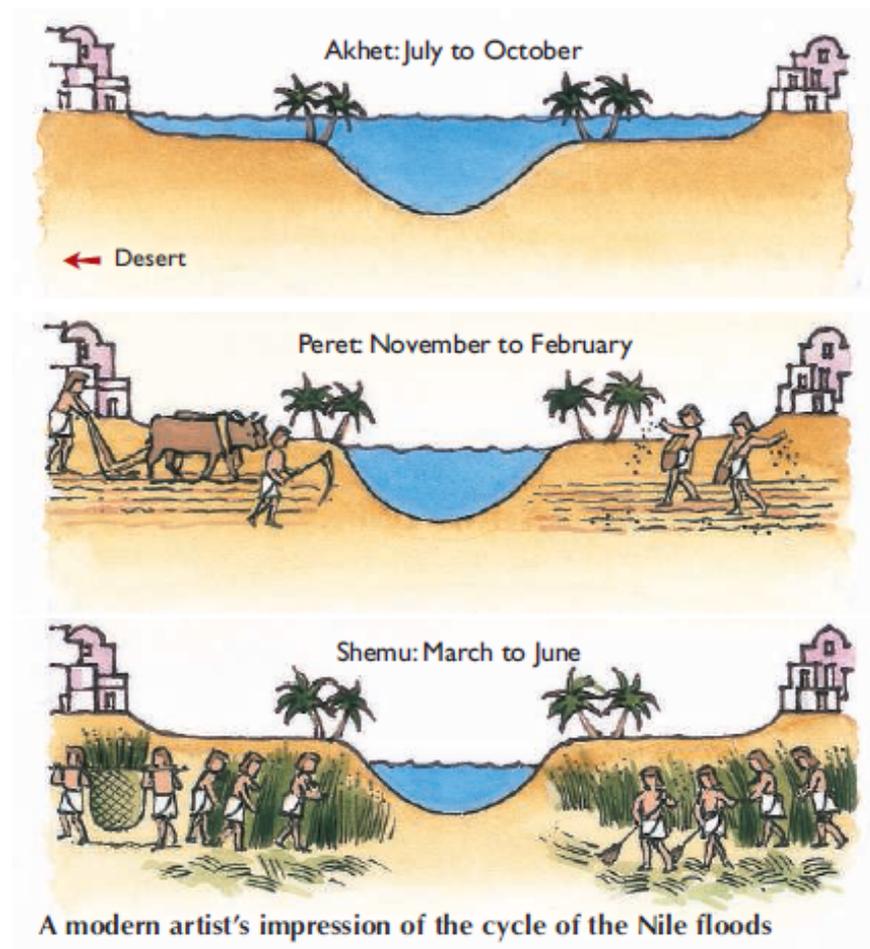


FIGURA 14. Desenho ilustrativo caracterizando o ciclo de águas no rio Nilo, associada às estações do ano: inundação (Akhet), Semeadura (Peret) e Colheita (Shemu). Imagem: Domínio Público.

Do ponto de vista de um observador (em qualquer Hemisfério, Norte e Sul), as estrelas giram de modo lento e contínuo em torno do pólo celeste visível. Este ponto corresponde à direção do eixo de rotação do planeta (eixo do mundo) e, no Hemisfério Norte, é atualmente marcado por uma estrela brilhante, Polaris (estrela do Norte, na constelação da Ursa Menor), de magnitude visual 1,97. No Hemisfério Sul, infelizmente, não dispomos de uma estrela tão brilhante. A  $\sigma$  Octantis, também chamada de Polaris Australis, é a estrela de referência, situada a pouco mais de 1 grau [43] do Polo Celeste Sul e com magnitude visual de 5,47, ou seja, no limite da visualização a olho nu, estabelecido em 6,0 magnitudes.

Mas, no caso do Hemisfério Norte, a cerca

de quatro milênios atrás, ou seja, no tempo das pirâmides, o 'eixo do mundo' apontava para uma direção ligeiramente diferente, de modo que o Pólo Celeste Norte não era marcado por nenhuma estrela visível. Nesta nova configuração, o céu boreal girava em torno de uma região 'escura', ou seja, sem a presença de uma estrela indicativa de referência.

De acordo com [9], o conselheiro do faraó Quéops, Hemiunu (também chamado Hemon), foi o arquiteto responsável pela construção da Grande Pirâmide. Uma vez encontrado o local ideal no planalto de Gizé, nos arredores do Cairo, a tarefa seguinte (ou o desafio) era a construção a partir de uma base acima de 50 mil metros quadrados e uma estrutura com mais de 1 milhão de blocos de pedra [44].

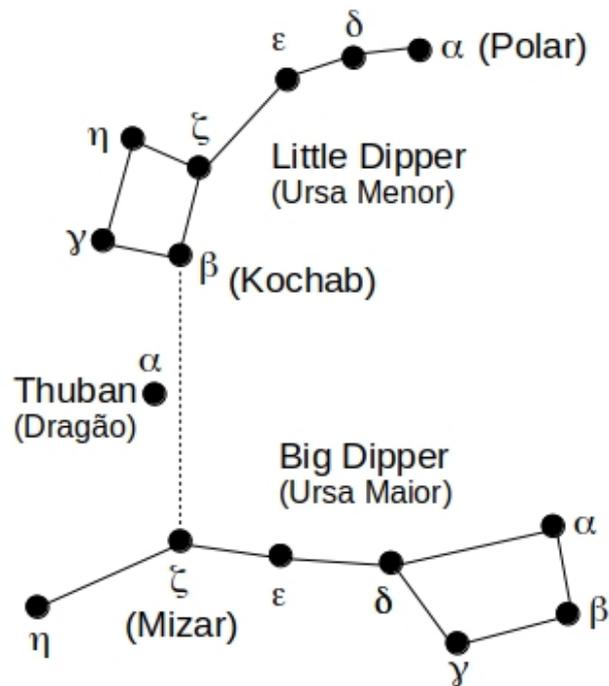


FIGURA 15. Representação das constelações da Ursa Maior (Big Dipper) e Ursa Menor (Little Dipper) empregadas para definir o Norte verdadeiro a partir do alinhamento aparente das estrelas Kochab e Mizar, e que passava próxima de Thuban ( $\alpha$  Draconis), na época, a estrela mais próxima do Polo Norte Celeste. Imagem: Os Autores.



FIGURA 16. Representação esquemática das posições das estrelas Kochab e Mizar nas respectivas constelações das Ursas Menor e Maior usadas para definir o Norte verdadeiro e orientar a construção das pirâmides em relação aos pontos cardeais. Desse modo, em 2467 a.C., um astrônomo egípcio com um simples fio de prumo podia aguardar o alinhamento vertical das duas estrelas, cerca de  $10^\circ$  acima e abaixo do pólo invisível, que forneceria diretamente o Norte verdadeiro. Imagem: Os Autores.

A tarefa em si já era, por si só, impressionante. No entanto, se agregarmos a esta a robustez estrutural no empilhamento das pedras e a precisão obtida no alinhamento com as linhas Norte-Sul e Leste-Oeste, a façanha passa a ser algo ‘que nos deixa sem um adequado adjetivo’. De fato, ainda hoje, não é possível atravessar uma folha de papel entre dois blocos.

O perfeito alinhamento obtido com os quatro pontos cardeais permitia que a pirâmide ficasse relacionada com aquele ponto no céu onde todas as estrelas parecem girar a sua volta.

As estrelas que seguem essa característica, i.e., de não se pôr no horizonte, são denominadas de “circumpolares”, de tal forma que aquelas mais afastadas do centro de rotação, irão sempre compartilhar no horizonte o nascer e o ocaso. Hoje, esse ponto está associado a estrela Polar. Mas, naquela época, esse ponto correspondia a uma posição relativamente próxima da estrela Thuban (alpha da constelação do Dragão) e de uma linha imaginária vertical unindo duas estrelas das constelações da Ursa Maior (Mizar,  $\zeta$  *Ursae Majoris*) e da Ursa Menor (Kochab,  $\beta$  *Ursae Minoris*). Portanto, quando a configuração ilustrada na Figura 15 era obtida ao longo da noite, por meio de um fio de prumo, ou seja, quando Kochab ficava “alinhada” acima de Mizar, a linha imaginária que passava por ambas (e próxima de Thuban) indicava a direção do Norte verdadeiro no horizonte.

Essa é a teoria apresentada pela arqueóloga e egiptóloga Kate Spence [14], baseada nos desvios ‘sutis’ no alinhamento das bases da pirâmide em relação ao Norte verdadeiro, que indica o possível modo (observação de estrelas) usado pelos antigos egípcios para orientar as grandes pirâmides.

Por exemplo, a pirâmide de Khufu (Quéops) está alinhada com mais precisão ao Norte, desviando-se ligeiramente para a direção Oeste.

É importante ressaltar que a precisão baseada no método do fio de prumo foi relativamente curta (de alguns poucos anos). Devido a componente do movimento de precessão da Terra, onde o eixo de rotação comportasse como um pião ao perder a energia rotacional inicialmente fornecida, este eixo precessiona

com um período da ordem de 26 mil anos, de modo que o Polo Norte Celeste foi alinhado exatamente entre Kochab e Mizar apenas no ano 2467 a.C., de acordo com os estudos realizados por Kate Spence na Universidade de Cambridge [14].

Deste modo, os erros de orientação das pirâmides anteriores e posteriores acompanham fielmente a lenta deriva de Kochab e Mizar em relação ao Norte verdadeiro. Como o erro no alinhamento do par Kochab-Mizar pode ser facilmente calculado para qualquer data, o erro na orientação de cada pirâmide informa quando a pirâmide foi construída.

Então, de acordo com a arqueóloga e egiptóloga, as construções foram iniciadas, provavelmente, entre 2485 e 2475 a.C., baseadas em uma nova metodologia que permite determinar as idades das pirâmides com uma incerteza nas datas da ordem de apenas 5 anos. Os impactos são diretos em vários campos de estudos, como na cronologia das várias dinastias.

Esta metodologia é totalmente diferente daquela praticada anteriormente, baseada na reconstrução de informações sobre o reinado dos Faraós, onde a precisão é da ordem de 100 anos.

Essa percepção astronômica teria sido empregada por Hemiunu e a Grande Pirâmide pôde então ser alinhada (ver Figura 16).

## VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da Astronomia praticada na antiga civilização egípcia envolve, necessariamente, os campos da Egiptologia, Arqueoastronomia e História da Ciência.

Estas áreas quando reunidas fornecem importante pistas que permitem recontar, parcialmente, o conhecimento astronômico realizado pela antiga civilização egípcia. Dizemos em parte, pois, as informações assim tratadas são baseadas em uma coletânea de fontes que remontam séculos e que incluem textos religiosos, decorações funerárias e registros de construção. Portanto, combinar os dados antigos (completos ou fragmentados, traduções e interpretações) com o próprio céu, não é uma tarefa

fácil (aliás, em nenhuma outra cultura antiga).

As fontes assim reunidas retratam o entendimento do então Universo por meio de uma linguagem diferente, simbólica, que podem (ou não) refletir os conhecidos corpos celestes (Sol, Lua, planetas e estrelas) ou eventos astronômicos (eclipses, cometas, supernovas, etc.).

A esfera celeste representa um laboratório aberto (o mais democrático dentre eles) à investigação científica, acessível desde a antiguidade a todos aqueles interessados em explorar o Universo. Embora tenhamos, infelizmente, o céu noturno cada vez mais ofuscado pelas luzes artificiais das cidades, este fantástico laboratório ainda desperta, desde as mais antigas civilizações, um grande fascínio e curiosidade.

O componente curricular AST301 – Uma História da Astronomia, é parte integrante do elenco de disciplinas do Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS, na qual objetiva abordar à relação dessa ciência no desenvolvimento das mais remotas civilizações. Embora tenhamos a cada dia um novo resultado advindo das constantes evoluções dos instrumentos de observação e de detecção em distintos comprimentos de onda, é importante ressaltar que a interpretação do desenvolvimento da Astronomia remonta a compreensão do Universo observável através da sistemática prática de observar a olho nu as alternâncias das partes clara e escura do dia, os deslocamentos ordenados,

regulares e previsíveis na Esfera Celeste do Sol, da Lua e dos planetas, ou de outros menos frequentes como os cometas. Portanto, podemos assegurar que estas e tantas outras manifestações do Universo induziram, ao longo do tempo, uma série de questionamentos que culminaram, posteriormente, no estabelecimento dos primeiros ensaios da Astronomia, cujos conhecimentos iniciais buscavam resolver determinadas necessidades que permeavam distintas culturas. Nesse sentido, acreditamos que a abordagem da História da Astronomia é fundamental no processo de formação acadêmica e esse é um dos esforços que ora realizamos em nosso Programa de Pós-graduação, oferecendo textos que possam contribuir e complementar aqueles no campo da História da Astronomia.

Neste artigo, apresentamos alguns aspectos desta ciência que se estabeleceu entre 4000 e 3000 a.C. no antigo Egito, associando características sociais, econômicas religiosas, culturais e também festivas, de um povo com uma forte tendência para o aspecto prático.

## Agradecimentos

Os autores agradecem as várias sugestões apresentadas para a melhoria do texto, contribuindo assim para a formação acadêmica em cursos de graduação e de pós-graduação.

- 
- [1] J.A.S. Evans, *Herodotus, Explorer of the Past: Three Essays*. Chicago: Princeton University Press (1991).
  - [2] A.B. Lloyd, *A Companion to Ancient Egypt (Volume I e II)*. New Jersey: Wiley-Blackwell (2000).
  - [3] N. Grimal, *A History of Ancient Egypt*. London: Blackwell Publishing (1992).
  - [4] I. Shaw, *The Oxford History of Ancient Egypt*. Oxford: Oxford University Press (2000).
  - [5] R. H. Wilkinson, *The Complete Temples of Ancient Egypt*. London: Thames & Hudson (2000).
  - [6] A. Millard, *The Egyptians (Peoples of the past)*. London: MacDonald & Company (1975).
  - [7] C. A. Ronan, *The Cambridge Illustrated History of the World's Science*. Portland: Book Club (1983).
  - [8] J. Morley, D. Salariya, *How Would You Survive As an Ancient Egyptian?*. London: Orchard/Watts Group (1999).
  - [9] I. Shaw, *The Oxford Illustrated History of Ancient Egypt*. Oxford: Oxford University Press (2003).
  - [10] T.A.H. Wilkinson, *Early Dynastic Egypt*. London: Taylor & Francis e-Library (2003).
  - [11] G. Hart, *The British Museum Pocket Dictionary of Ancient Egyptian Gods and Goddesses*. London: The British Museum Press (2001).
  - [12] J. Baines, J. Malik, *Cultural Atlas of Ancient Egypt*. London: Andromeda Oxford Limited (2004).
  - [13] A. McDonald, *The Ancient Egyptians: Their*

- Lives and Their World*. London: The British Museum Press (2008).
- [14] K. Spence, *Ancient Egyptian Chronology and the Astronomical Orientation of Pyramids*. *Nature* **408**, 16 (2000).
- [15] NE1: “Sesh”, na língua egípcia. Refere-se a todos aqueles que sabiam ler e escrever. Eram religiosos em grande parte e, também, os astrônomos da época.
- [16] M. Ossendrijver, *Ancient Babylonian astronomers calculated Jupiter’s position from the area under a time-velocity graph*. *Science* **351**, 482 (2016).
- [17] O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. New York: Springer-Verlag (1975).
- [18] R. Boczko, *Conceitos de Astronomia*. São Paulo: Edgard Blücher (1984).
- [19] J.P. Verdet, *Uma História da Astronomia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor (1991).
- [20] R.R.F. Mourão, *O Livro de Ouro do Universo*. São Paulo: Ediouro (2000).
- [21] J.F.M. Rocha, *Origens e Evoluções das Idéias da Física*. Salvador: EDUFBA (2002).
- [22] K. Menninger, *Number Words and Number Symbols*. Massachusetts: Cambridge University Press (1969).
- [23] NE2: Heliópolis, segundo os gregos, era a antiga cidade egípcia Onu, onde Aton era uma antiga divindade local.
- [24] J.L.E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*. Revised Edition. New York: Dover Publication Inc. (1953).
- [25] H.L. Lesko, *Cosmogonias e Cosmologias do Egito Antigo*. In: SHAFER (org), *As Religiões no Egito Antigo: deuses, mitos e rituais domésticos*. São Paulo: Nova Alexandria (2002).
- [26] H.L. Lesko, *Representações Cosmogônicas no Antigo Egito*. In: A. BUENO, E. CREMA, D. T. ESTACHESKI (org.), *Estudos em História e Cultura do Próximo Oriente*. Rio de Janeiro: Sobre Ontens/UERJ (2020).
- [27] J.F. Quack, *The Planets in Ancient Egypt*. Oxford Research Encyclopedias, Planetary Science. Oxford: Oxford University Press (2019).
- [28] J. Lull, J.A. Belmonte, *The Constellations of Ancient Egypt*. In: J. A. Belmonte, M. Shaltout (eds.), *Search of Cosmic Order: Selected Essays on Egyptian Archaeoastronomy*. Cairo (2009).
- [29] J.A. Belmonte, M. Hoskin, *Reflejo del Cosmos. Atlas de Arqueoastronomía en el Mediterráneo Antiguo*. Madrid: Equipo Sirius (2002).
- [30] A. Berio, *The Celestial River: Identifying the Ancient Egyptian Constellations*. Victor H. Mair (Editor), Sino-Platonic Papers. Department of East Asian Languages and Civilizations from University of Pennsylvania Philadelphia (2014).
- [31] G. Priskin, *The Constellations of the Egyptian Astronomical Diagrams*. *ENIM* **12**, 137 (2019).
- [32] L. Borchardt, *Altägyptische Sonnenuhren*. *ZÄS* **48**, 9 (1910).
- [33] L. Borchardt, *Die Altägyptische Zeitmessung*. Berlin: W. de Gruyter & Co. (1920).
- [34] E.M. Bruins, *The Egyptian shadow clock*. *Janus* **52**, 127 (1965).
- [35] S. Symons, *Ancient Egyptian Astronomy: Timekeeping and Cosmography in the New Kingdom*. Thesis (Doctor of Philosophy). Department of Mathematics and Computer Science from University of Leicester, Leicester (1999).
- [36] G.J. Whitrow, *Time in History-Views of Time from Prehistory to the Present Day*. Oxford: Oxford University Press (1989).
- [37] J.H. Breasted, *The Beginnings of Time-Measurement and the Origins of Our Calendar*. In: *Time and its Mysteries*, Series I. New York: James Arthur Foundation, New York Press (1936).
- [38] J.H. Rogers, *Origins of the ancient constellations: I. The Mesopotamian traditions*. *Journal of the British Astronomical Association* **108**, 9 (1998).
- [39] T.F. Canhão, *O calendário egípcio: Origem, estrutura e sobrevivências*. *Cultura. Revista de História e Teoria das Ideias* **23**, (2006).
- [40] NE3: É a estrela mais brilhante no céu noturno, com uma magnitude aparente de  $-1,46$ . Encontra-se localizada na constelação do Cão Maior (Canis Major).
- [41] M.F.S. Silveira, *Uma Proposta de Atividades Práticas de Astronomia para Observação do Analema Solar*. Dissertação (Mestrado). Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia, Departamento de Física da UEFS, Feira de Santana (2019).
- [42] R.A. Parker, *The Calendars of Ancient Egypt*. Chicago: University of Chicago Press (1950).
- [43] NE4: Como comparação, o diâmetro da Lua na fase Cheia é de  $0,5$  grau.
- [44] I.E.S. Edwards, *The Pyramids of Egypt*. London: Penguin (1993).