



*Aspectos científicos da*  
***mumificação***

Prof. Emiliano Chemello

## **Sumário**

<b>A MUMIFICAÇÃO NA HISTÓRIA DA HUMANIDADE .....</b>	<b>3</b>
<b>Ponderações Iniciais .....</b>	<b>3</b>
<b>A mumificação no Antigo Egito .....</b>	<b>4</b>
<b>A VIDA E A MORTE SEGUNDA A CIÊNCIA.....</b>	<b>6</b>
<b>Uma visão termodinâmica da vida.....</b>	<b>6</b>
<b>As transformações do corpo após a morte .....</b>	<b>9</b>
<b>OS ASPECTOS QUÍMICOS DAS MUMIFICAÇÕES .....</b>	<b>12</b>
<b>As famosas múmias egípcias.....</b>	<b>12</b>
<b>O Homem de Tollund.....</b>	<b>16</b>
<b>TÉCNICAS ATUAIS DE PRESERVAÇÃO EM HUMANOS.....</b>	<b>19</b>
<b>A conservação do corpo de Lênin .....</b>	<b>20</b>
<b>A plastinação.....</b>	<b>21</b>
<b>BIBLIOGRAFIA UTILIZADA .....</b>	<b>23</b>
<b>PARA SABER MAIS.....</b>	<b>25</b>
<b>AGRADECIMENTO .....</b>	<b>26</b>
<b>SOBRE O AUTOR .....</b>	<b>26</b>

\* A foto da capa corresponde à múmia conhecida como “o homem de Tollund”, considerada a mais bem preservada no pântano da Europa e quiçá do mundo. As explicações científicas para esta preservação terão um capítulo especial neste artigo.

[Este artigo pode ser reproduzido total ou parcialmente desde que seja devidamente referenciado]

## A mumificação na história da humanidade

### Ponderações Iniciais

Uma das poucas certezas que temos na vida é a morte. Ela é, ao meu ver, um tipo de certeza no mínimo “estranha”, pois não sabemos previamente como e muito menos quando iremos partir desta para seja lá o que nos espera no pós-morte. As religiões trazem várias interpretações a respeito da morte e, freqüentemente, com mais intensidade sobre o que há depois dela, mas, invariavelmente, ninguém escapa deste destino, independente de status social, raça e demais distinções que as pessoas fazem em vida. Como se demonstrou ao longo da história, muitos tentaram, com objetivos diversos, perpetuar a forma do corpo e evitar a decomposição. Para esta prática de preservação do corpo se dá o nome de mumificação.

Freqüentemente quando se ouve ou lê o termo múmia logo vem a nossa memória uma associação ao povo egípcio. E pelo fato deste povo ter produzido as múmias mais famosas do mundo, cercadas de mistério e superstições, haverá muitas referências ao processo realizado pelos egípcios neste artigo (veja **Figura 1**). Não obstante, ao longo da discussão, explorarei informações sobre outras práticas em momentos distintos da história, com objetivos igualmente diferentes, a fim de demonstrar o que me é de principal interesse: a química envolvida nos processos de conservação dos corpos.

Antes de analisar “quimicamente” os aspectos envolvidos no processo de mumificação, julgo necessárias algumas ponderações iniciais sobre o que significava, para o povo egípcio em especial, o ritual religioso que ocorreu a mais de três mil anos. Contudo, não é objetivo aqui exaurir o assunto, pois ele é inesgotável. Acredito que esta atitude – de situar o leitor e “alimentá-lo” com aspectos importantes da história – tem um alto grau de bom senso, pois creio que não seja importante apenas saber o que se fazia, mas também com qual propósito.

Começarei as ponderações fazendo uma análise do termo “múmia”. Segundo o Dicionário Eletrônico Houaiss, uma das acepções de múmia seria: “... qualquer cadáver encerrado em local muito seco e quente que, passando pelos processos de dissecação e endurecimento, não entra em estado de putrefação”. Perceba que esta definição engloba as múmias naturais, que podem ocorrer devido às condições do ambiente. Mas as mais famosas foram produzidas artificialmente, através de técnicas de embalsamamento. A ligação de múmias com o povo egípcio é tanta que nas acepções da palavra, neste mesmo dicionário, há referências apenas a este povo, desconsiderando o fato de haver inúmeras citações na bibliografia de múmias de outras civilizações, inclusive mais antigas que as do próprio povo egípcio. Contudo, a expressão “múmia” não é de origem egípcia, mas na verdade deriva da palavra árabe “*mumiyah*”, que significa “corpo preservado por cera ou betume”. Hoje, técnicas, como a da plastinação, permitem que consigamos conservar o corpo por um tempo relativamente longo. Iremos tratar mais detalhadamente sobre a plastinação na última parte deste artigo.

Outro aspecto importante que gostaria de explorar um pouco mais é o de que múmias antigas não terem sido produzidas somente na civilização egípcia, havendo citações na literatura de mumificações de origem asteca e múmias, tanto naturais como artificiais, no Peru e Chile. Como exemplo, podemos citar os chinchorros, um povo que viveu cerca de dois mil anos antes que os egípcios. Eles formaram uma cultura sul-americana



**Figura 1** - Restos mumificados do Faraó egípcio Ramsés II que viveu entre 1290 e 1204 a.C.



**Figura 2** - Foto de uma múmia produzida pelos chinchorros.

(atual norte do Chile e o sul do Peru) que usava técnicas impressionantes e que produziu as múmias mais antigas já encontradas até hoje (veja **Figura 2**). Virgilio Schiappacasse, professor do museu de História Natural de Santiago do Chile, em entrevista à revista Superinteressante, afirmou que “... na costa chilena há sítios arqueológicos [...] com mais de 9.000 anos”.

Há também ocorrências de mumificações em tempos não tão remotos. A múmia mais famosa do mundo moderno está guardada em um mausoléu na Praça Vermelha, em Moscou. O corpo do líder comunista Vladimir Lênin, morto em 1924, foi preservado por uma equipe de embalsamadores que trabalhou durante quatro meses para criar a ilusão de que ele estava apenas dormindo. Esta preservação e seus aspectos químicos merecerão um breve capítulo à parte mais adiante neste artigo.

### *A mumificação no Antigo Egito*

Diante da idéia de imortalidade, durante séculos formou-se o eixo central da vida religiosa e social dos antigos egípcios. Foi com uma existência religiosa voltada para os destinos além-túmulo e a preservação desta imortalidade que as crenças na ressurreição e na vida futura guardaram uma grande unidade durante longos períodos, estando presente nos elaborados ritos funerários, na construção de sepulturas, no aperfeiçoamento das minuciosas técnicas de mumificação e nos cuidados com o destino da alma e da morada espiritual.



**Figura 3** – Representação do ritual de mumificação pelos egípcios.

Todo o ser humano, segundo os egípcios, possuía uma força espiritual, uma força vital e um corpo. Na morte, quebrava-se o vínculo entre estes três elementos. Para renascer e viver para sempre em uma terra em que todos permanecessem jovens, ágeis e belos, a força vital e a força espiritual de uma pessoa tinham que reconhecer seu corpo e se unir novamente a ele. A felicidade no além dependia da habilidade do embalsamador.

Quem não fica com medo ou então um pouco impressionado com as produções cinematográficas que exibem as múmias cercadas por mistérios? Mesmo agora, pirâmides, sarcófagos, tesouros e maldições povoam a imaginação e são popularizados na literatura, no cinema de aventura, suspense ou terror, nos bailes de carnaval e, atualmente, no lucrativo surto "esotérico" da nossa sociedade. Este artigo não procurará tratar destas questões, mas sim demonstrar as técnicas - avançadas para a época - de mumificação na tentativa de perpetuar a existência do corpo do homem na Terra no afã de uma vida pós-morte.

Ao prepararem as múmias, os egípcios tinham uma verdadeira lição de anatomia. Aproveitavam o momento para aprender as relações das estruturas internas do corpo humano (veja **Figura 3**). Esse processo de mumificação contribuiu muito para a medicina e justifica o destaque que os egípcios antigos possuíram nesta área. Naquele tempo já existiam médicos, os quais no Egito antigo eram chamados de “*sunu*”, palavra equivalente a “Doutor”. Dentre os três tipos de categorias de *sunus*, merece destaque uma que atendia as pessoas em espécies de consultórios, parecido com o que acontece hoje. O mais interessante disto tudo é que eles eram especialistas em determinadas áreas do corpo. Cito o exemplo do mais antigo *sunu* do Egito antigo, Hesy-Ra, que viveu por volta de 3000 a.C e só cuidava de dentes.



Os vermes despertavam uma atenção toda especial, sendo que os Faraós tinham médicos exclusivos para tratar deste mal. Quando apareciam, muitas vezes indicavam o prenúncio de diarreias fatais. Como eram encontrados freqüentemente em múmias, os egípcios acreditavam que estes micróbios seriam legítimos mensageiros da morte.

## A vida e a morte segund a ciência

### *Uma visão termodinâmica da vida*

Uma análise de alguns conceitos da termodinâmica poderá nos ajudar a entender o que acontece com o corpo após a morte. E para entender a morte, vamos primeiro compreender o que é vida. Para isto, um importante conceito da ciência é o da “entropia”. Por definição, trata-se de uma “medida da desordenação de um sistema”. Uma definição um tanto “amarga”, confesso. Há também a segunda lei da termodinâmica, igualmente “amarga”, que nos diz que, em sistemas fechados, a entropia do sistema aumenta espontaneamente. Vejamos se eu consigo “adoçá-las” um pouco para você.

Consideremos primeiramente um sistema simples - comparado com o ser humano, onde os sistemas internos são mais complexos<sup>1</sup>: uma árvore. Imagine uma sequóia, um dos maiores seres vivos da Terra. Sua semente tem um tamanho próximo de uma cabeça de alfinete, mas sua altura pode chegar aos incríveis noventa metros! Como ela consegue isto? Basicamente pela incorporação de madeira que é produzida a partir de dióxido de carbono e água, através de um processo chamado fotossíntese. E esta ocorre espontaneamente ou necessita de uma “forcinha extra”? Sem dúvida que sim, e a “forcinha extra” vem do espaço - a energia liberada na fusão nuclear do Sol promove a fase clara da fotossíntese.



**Figura 4** – O físico Erwin Schrödinger.

O físico Erwin Schrödinger (**Figura 4**) em seu livro *O que é vida*, publicado em 1944, fez uma análise sobre o ponto de vista da física e concluiu que os seres vivos são formados e mantidos através da incorporação de elementos distribuídos de modo desorganizado no ambiente. Concluiu que a vida é um processo em que há ordem a partir da desordem. A segunda lei da termodinâmica - ramo da ciência que estuda as relações entre entropia, calor e trabalho - nos diz que a entropia tende a aumentar espontaneamente na direção da linha do tempo. Isto indica que vivemos em um mundo dominado pela desordem. Em uma primeira análise, esta lei parece inviabilizar a existência da vida. Esta é justamente uma das idéias mais disseminadas pelos criacionistas. Tanto que eles fazem uso de argumentos relativos a esta lei para contrapor as idéias de que nós surgimos a partir de ancestrais unicelulares - idéia esta pregada pelos evolucionistas.

Ao ler a explicação que o biólogo Roberto Takata propôs em um artigo publicado na Internet, me lembrei de minha mãe reclamando que meu quarto estava desorganizado. Quando isto acontecia, procurava me munir de considerações científicas para desfazer seus argumentos - o que, frequentemente, não tinha êxito e eu era obrigado a arrumá-lo. Lembro-me que disse certa vez a ela que não era para se preocupar tanto com a arru-

---

<sup>1</sup> Não há um consenso na ciência do que seja um sistema complexo. Porém, a idéia mais aceita é que um sistema é tão ou mais complexo quanto mais informações forem necessárias para descrevê-lo. Podemos considerar um exemplo de sistema complexo o nosso cérebro, com cerca de 100 bilhões de neurônios. Isto não significa, porém, que um sistema complexo tenha que, necessariamente, ser constituído por um número grande de partes. Um gás, por exemplo, possui um número muito grande de moléculas, mas para estudá-lo basta apenas observarmos uma fração dele. Já num sistema complexo, este fracionamento não é possível, visto que o todo não é a simples superposição dar partes.

mação do quarto, pois haveria sempre uma tendência à desordem, uma lei natural com a qual eu não podia competir.

Takata, em seu artigo, nos pede para pensarmos em um quarto, cômodo da casa onde dormirmos. A nossa noção de quarto ordenado se casa com a noção de ordem entrópica na medida em que apenas um conjunto restrito de disposição das partes será considerado um local bem arrumado: as roupas e meias dentro das gavetas fechadas, o colchão sobre a cama e assim por diante. Uma meia fora da gaveta é um elemento de 'desordem' – quer em cima da cama, sobre a escrivaninha, em baixo do armário, etc. Há então mais disposições diferentes que consideraremos “desordem” (quarto desarrumado) do que “ordem” (quarto bem arrumado). Se deixarmos a disposição ao acaso, mais provavelmente ela se dará em uma das que consideraremos desarrumada. Devemos despendar energia para que o quarto permaneça na disposição que consideramos – ou que nossas mãos consideram - arrumado. E haja energia para isto! Ainda hoje não aprecio arrumar o quarto<sup>2</sup>.

Será que nós, seres vivos, com nossa complexidade e organização interna contrariamos a segunda lei da termodinâmica? A resposta é não. Isto se deve ao simples fato de que nós, humanos e demais seres vivos, ao contrário de sistemas em equilíbrio, como a passagem da água na fase líquida para a fase vapor, e vice-versa, em um recipiente fechado, somos um sistema que se encontra “afastado do equilíbrio” devido ao ‘gradiente’ energético imposto pelo sol, além de trocarmos energia e matéria como ambiente (sistema aberto<sup>3</sup>). Além disso, consideramos os seres vivos como sendo exemplos de sistemas auto-organizadores<sup>5</sup>.

Outra analogia poderá ajudar no entendimento. Imagine que, logo pela manhã, ao colocar leite na xícara com café, ambos os líquidos não se misturem formando um sistema homogênea, mas fiquem separados de tal forma que você consiga ver claramente onde está o café e o leite. Certamente você pensará que não acordou direito e está ainda dormindo, sonhando com tudo isto. E de fato isto só pode ser um sonho, visto que a probabilidade de ocorrer este fenômeno é muitíssimo menor do que, quando devidamente acordado, você ver o leite e o café formarem uma mistura homogênea.

---

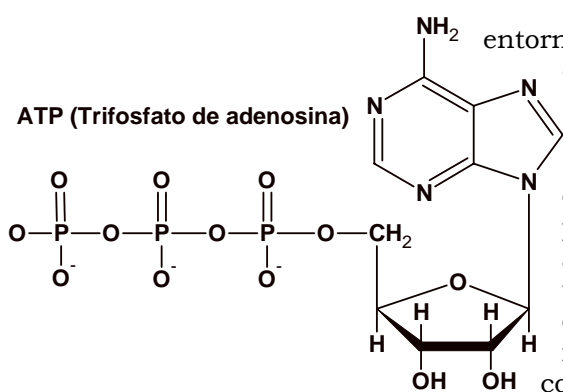
<sup>2</sup> Segundo alguns autores (FERREIRA, 2005; LAMBERT, 1999), o conceito de entropia como sendo o grau de desordem de um sistema pode levar o leitor a interpretações erradas ou incompletas. Exemplificações do conceito de entropia com objetos macroscópicos que não interagem entre si não devem ser feitas. Segundo os autores, é preferível uma abordagem estatística associada à quantidade de microestados. Esta interpretação evita alguns problemas em determinadas situações. Os autores consideram que objetos espalhados em uma sala, por exemplo, não formam um sistema de interesse termodinâmico, pois não estão em interação, ou seja, não trocam energia entre si. Os exemplos aqui mencionados têm um caráter didático, o que, por vezes, pode tornar as explicações um pouco reducionistas. Mas é importante lembrar que analogias são boas para se compreender alguns conceitos, mas por vezes – para não dizer sempre – possuem limites. Não se objetiva aqui fazer uma análise detalhada do conceito de entropia, mas sim dar uma noção básica e, o mais importante, relacionar isto tudo com o tema principal deste capítulo: vida x morte.

<sup>3</sup> Em termodinâmica existem basicamente três sistemas: aberto, fechado e isolado. O sistema aberto se caracteriza por permitir a troca de energia e massa com sua vizinhança. O fechado apenas permite a troca de energia. Já o isolado não permite a troca de energia e de massa.

<sup>5</sup> Não se deseja entrar aqui nos pormenores de determinados conceitos, como o da auto-organização dos seres vivos. No entanto, recomendo a leitura: Prigogine I. O fim das certezas: tempo, caos e as leis da Natureza. Ed. UNESP, São Paulo, 1996.

A explicação de porquê o leite e café se misturarem da forma como estamos acostumados todas as manhãs requer o entendimento do conceito de microestado. Imagine dois estados: o primeiro em que leite e café formam uma mistura heterogênea; o segundo em que ambos os líquidos formam uma mistura homogênea. Cada um destes estados possui microestados, que variam de acordo com as posições que poderiam ser ocupadas pelas moléculas do café. Na mistura heterogênea, o café – leia-se “suas moléculas” – pode se distribuir pelo leite de inúmeras maneiras, e cada uma corresponde a um microestado. Como nesta situação ocorre uma maior desordem, este estado é praticamente inevitável. No caso do estado de uma mistura homogênea, as moléculas de café ficam agrupadas de tal forma a ocupar um volume menor, o que significa menos microestados possíveis, ou seja, mais ordem, o que é altamente improvável conforme a segunda lei da termodinâmica prevê.

Outro aspecto importante é o fato da maior desordem (entropia) implicar em perda de informação. Para compreender isto, imagine uma caixa e dentro dela um quebra-cabeça montado. Ao agitarmos a caixa promovemos a desorganização das peças do quebra-cabeça. Quando montado, ele possuía uma figura facilmente reconhecível (a informação). Após sacudirmos a caixa, esta informação é perdida e o reconhecimento da informação é impossível.



Nós, as plantas, os animais, trocamos energia e massa com o entorno. Através do sistema metabólico complexo, as condições do organismo humano tendem a permanecer estáveis (homeostase). Em função de uma imensa gama de reações químicas, lutamos contra a desordem e procuramos manter esta organização. Nos alimentamos e produzimos moléculas, como a ATP (trifosfato de adenosina) que promovem os processos em que há necessidade de energia – o transporte ativo nas células, por exemplo. Agora, se considerarmos o sistema “homem + meio ambiente”, então perceberemos a desordem do sistema ocorrer – basta observar os recentes fenômenos naturais em que o homem, em parte, é culpado, como o aquecimento global.

Imagine agora que aquela árvore, a sequóia, com seus noventa metros de altura, foi cortada em pedaços. Expondo um destes pedaços ao ambiente, veremos que a madeira tenderá a se degradar. Mesmo não havendo bactérias ela irá se desfazer, só que mais lentamente – as bactérias são catalisadoras da degradação. Os processos de reconstituição da madeira não ocorrem mais e ela tende a se decompor. Um fenômeno semelhante acontece com nosso corpo após a morte.

A manutenção da vida é uma batalha constante contra a entropia. Deste a concepção, passamos por vários estágios e ficamos seres mais complexos. Como a manutenção da vida é uma luta pela organização, quando esta cessa, imediatamente o corpo começa a deteriorar-se rapidamente. As informações registradas em nosso cérebro são perdidas à medida que a deterioração avança. A seguir, veremos detalhes sobre o processo da decomposição do corpo após a morte.

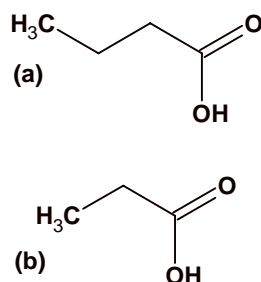


### As transformações do corpo após a morte

Nós somos compostos pela seguinte proporção média: 64 % de água, 20 % de proteínas, 10 % de gordura, 1 % de carboidratos e 5 % de minerais. Em incríveis quatro minutos após a morte, o corpo já começa se decompor. Este início é comandado por um processo chamado **Autólise** – ou Autodigestão. As células de um corpo são privadas de oxigênio, a quantidade de dióxido de carbono cresce e o pH decresce, o que é um “veneno” para as células.

Toda a enzima, bioquimicamente falando, trata-se de proteína que possui função catalisadora em nosso metabolismo e que se localiza dentro das células. A palavra enzima vem do grego *enzumos*, que significa “fermentado”. Em vida este tipo de proteína tem ação catalisadora e é de fundamental importância para os processos metabólicos do nosso organismo. Todavia, após a morte, ela passa de heroína a vilã, sendo uma grande responsável pelo primeiro estágio da decomposição do corpo.

As enzimas celulares (lipases, proteases, amilases, etc) começam a dissolver as células de dentro para fora, eventualmente causando sua ruptura e liberando fluidos com nutrientes. Este processo ocorre numa maior velocidade em tecidos com uma quantidade alta de enzimas (como o fígado) e onde há bastante água (como o cérebro), mas isto tende a acontecer em todas as células do corpo.



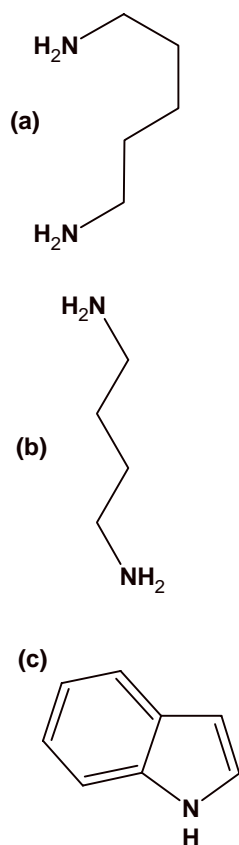
**Figura 5** – Representação no plano das moléculas dos ácidos (a) butírico e (b) propiônico.

A Autólise geralmente não apresenta evidências visuais por alguns dias. Enquanto isto, o corpo sofre aclimação com a temperatura ambiente (*algor mortis*), o fluxo de sangue diminui causando a descoloração da pele (*livor mortis*) e a cessação da produção de ATP torna os músculos rígidos<sup>6</sup> (*rigor mortis*). Depois que muitas células sofrem a ruptura e o fluido de nutrientes celulares fica disponível, começa o processo de putrefação.

A **putrefação** é a destruição dos tecidos moles de um corpo pela ação de microorganismos (bactérias, fungos, protozoários) e resulta no catabolismo dos tecidos produzindo líquidos ou gases. Geralmente o primeiro sinal visível de putrefação é uma coloração esverdeada da pele devido à formação de sulfahemoglobina no sangue parado. O processo progride em distensão dos tecidos causando a formação de vários gases (sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono, metano, amônia, dióxido de enxofre e hidrogênio), principalmente nos intestinos. Isto é associado à fermentação anaeróbica (sem a presença de gás oxigênio) que libera produtos ricos em ácido graxos voláteis, em especial os ácidos butírico<sup>7</sup> e propiônico (veja **Figura 5**). O fluido acumulado nos intestinos geralmente expurga para o reto, apesar de poder ser forte o bastante para rasgar a pele e causar danos maiores ao corpo.

<sup>6</sup> A causa bioquímica do *rigor mortis* é a hidrólise do ATP no tecido muscular. As moléculas de miosina derivadas do ATP se tornam permanentemente aderentes aos filamentos e os músculos tornam-se rígidos.

<sup>7</sup> Certa vez no laboratório da universidade eu estava fazendo algumas experiências com ácidos carboxílicos. Então pedi à moça que guardava os reagentes um pouco de ácido butírico concentrado. Ela relutou, questionou se realmente era necessário utilizá-lo, mas ao final acabou sucumbindo, trazendo-me um frasco dentro de outro frasco que tinha o ácido. Sem querer eu deixei cair um pouco na capela. Na hora não havia visto e, logo após sair do laboratório, ouvi os gritos de indignação da laboratorista quando, sem ver o ácido, encharcou a maga do guarda-pó. Certamente, ela o inutilizou. Encontrado na manteiga rançosa, o ácido butírico é um dos principais contribuintes para o cheiro fétido característico dos cadáveres.



**Figura 6** – Representação das moléculas de (a) cada-verina, (b) putrescina e (c) indole.

Logo depois da expurgação, a decadência ativa começa. Músculos, compostos por proteínas, que por sua vez são constituídas por aminoácidos, são degradados pela ação bacteriana. Mais adiante, a decomposição de gorduras e proteína produz compostos fenólicos e glicéris, incluindo indole, 3-metilindole (skatole), putrescina, cadaverina e vários ácidos graxos que são detectados de forma significativa (veja **Figura 6**). Neste ponto, os processos promovidos por bactérias aeróbicas e anaeróbicas atuam de forma intensa e atividades de insetos são muito proeminentes<sup>8</sup>, além de carnívoros que podem contribuir para a um significativo declínio do cadáver.

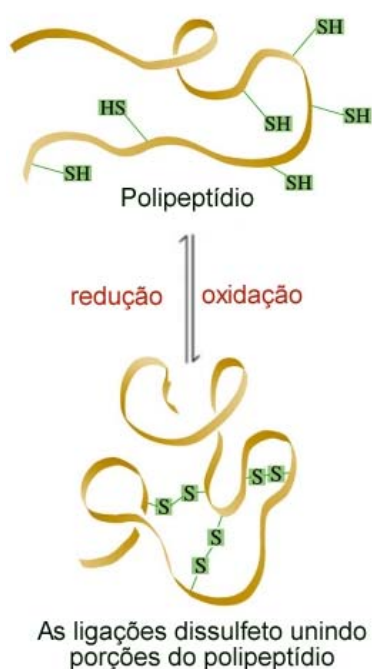
A **Saponificação** (a formação de sabão pela gordura em condições de pH alcalino) ou Adipocera tipicamente ocorre depois do início da putrefação devido ao ambiente quente e úmido, gerando uma massa mole branca com tons de amarelo. A adipocera é resultado da hidrólise de gordura com a formação de ácidos graxos. Esta fase é acelerada pela presença de bactérias, especialmente espécies putrefacientes, tais como a *Clostridium*. A adipocera demora várias semanas ou meses para finalizar.

**Diagênese** é um processo natural que muda a proporção de compostos orgânicos (colágeno) e inorgânicos (hidroxiapatita, cálcio, magnésio) do osso quando este é exposto a condições ambientes favoráveis, principalmente na umidade. Isto é realizado pela troca natural de componentes do osso e a deposição em vazios e defeitos na superfície.

A queratina, uma proteína fibrosa insolúvel encontrada no cabelo, é resistente ao ataque de muitas enzimas proteolíticas<sup>9</sup>. A integridade desta proteína – razão pela qual o cabelo e o esqueleto perduram por muito tempo – é devido às ligações (ou pontes) dissulfeto nas moléculas de cistina (veja **Figura 7**). Sua destruição pode ocorrer devido a fenômenos físicos ou dano microbiano: *Streptomyces spp.* catalisa a decomposição.

A decomposição do corpo pode ser descrita nestas etapas, apesar de sabermos que os produtos e os processos são complexos e que eles dependem, em muito, do ambiente em que o corpo está exposto. Em determinadas condições, alguns processos são estagnados e temos a preservação do corpo. Em outros casos, as reações são catalisadas. Apesar da complexidade, a decomposição depende principalmente da temperatura e da umidade do local.

Alguns estudos indicam uma fórmula ( $y = 1285/x$ ), em que “y” é o número de dias que o corpo leva para se tornar apenas esqueleto ou mumificado e “x” é a temperatura média em graus Celsius durante o processo de decomposição. Suponhamos que a temperatura de um local, em média, seja 10 °C, logo, temos  $1285/10 = 128,5$  dias para uma pessoa tornar-se esqueleto. Evidentemente que, devido à complexidade do processo, esta estimativa é bastante sujeita a erros, mas é um bom indicativo para pessoas, como investigadores policiais, estimarem a data da morte de um cadáver.



**Figura 7** – As ligações dissulfeto são responsáveis pela grande estabilidade do cabelo.

<sup>8</sup> Muito antes dos seres humanos conseguirem detectar os primeiros traços fétidos da putrefação do corpo, os insetos são atraídos pelo odor a uma distância que chega a três quilômetros. As moscas-varejeiras, como a *Phaenicia sericata* são tipicamente encontradas em cadáveres. Tais moscas, existentes em praticamente todo o mundo (com exceção das regiões polares), pousam no corpo e põem ovos minúsculos. Estes eclodem em dois ou três dias sob a forma de larvas inquietas que se alimentam da carne.

<sup>9</sup> As enzimas proteolíticas promovem a proteólise, ou seja, a decomposição de protídeos em compostos mais simples.

A idéia da mumificação surge justamente como alternativa para quebrar este impiedoso processo de decomposição do corpo. Isto significava, em suma, eliminar as enzimas. Para isto, há basicamente duas formas. A primeira é privar as enzimas de água. A segunda é destruir o exato ambiente químico de que necessitam. Ao longo da história várias civilizações procuraram utilizar substâncias que promovessem uma conservação do corpo. A seguir, iremos saber mais sobre as técnicas e compostos utilizadas pelo povo egípcio em suas múmias.

## Os aspectos químicos das mumificações

### *As famosas múmias egípcias*

No antigo Egito surgiu uma corporação especial de profissionais da morte. Conhecidos como embalsamadores, estes especialistas em desidratação tomaram o conhecimento básico da preservação de caça e peixes e foram gradualmente aperfeiçoando-o até criarem uma elaborada tecnologia da imortalidade. Estima-se que estes mumificadores começaram suas práticas a pelo menos 5.000 a.C e foram evoluindo em suas técnicas até o declínio por volta de 300 a.C.

No período de esplendor desta prática, por volta do ano 1000 a.C, a primeira fase da mumificação envolvia a remoção do cérebro, seguido por todos os órgãos internos. Em relação ao coração, os egípcios acreditavam que ele era o centro de todos os aspectos de vida emocional, físico e intelectual. O coração era tratado separadamente e enterrado na tumba, ao lado do corpo, em um jarro lacrado.

Os órgãos do corpo eram enrolados individualmente em longas faixas de linho e colocados em canopos. Estes canopos eram vasos feitos de rochas, como alabastro (constituída por gipsita) ou calcário (carbonato de cálcio). As tampas dos jarros eram moldadas na forma dos quatro filhos de Hórus. Cada um dos filhos era encarregado de proteger um órgão.



**Figura 8** – Minério de carbonato de sódio - Natrão.

No período da pré-dinastia (5000 a.C – 2663 a. C), as sepulturas eram simples, meros buracos na areia do deserto onde os corpos eram atirados. A areia quente agia como um bom agente secante, pois desidratava o corpo enterrado. Naquela atmosfera árida, a desidratação ocorria antes mesmo que se adiantasse o processo de apodrecimento destes corpos. Por serem as campas (pedra que cobre a sepultura) pouco profundas, era comum que tempestades de areia as destampassem, espalhando cadáveres naturalmente mumificados pelo caminho. Este fenômeno teria propagado a crença de que os corpos deviam ser preservados, já que a natureza lhes revelava este desejo.

Em contraste, o ambiente das tumbas era relativamente úmido. Na tentativa de simular a ação dessecante da areia seca e quente, os egípcios usavam o 'natrão' (minério de carbonato de sódio - veja **Figura 8**). Este era trazido principalmente do oásis Uadi el-Natrun, a noroeste da capital Cairo. Os egípcios empacotavam o natrão dentro do corpo da múmia em pequenas bolsas, além de esparramarem sobre o corpo, sendo este minério um eficiente composto na absorção de água do cadáver<sup>10</sup>.

Depois de quarenta dias, o mesmo estava encolhido e duro. Para restabelecer a aparência em vida, os egípcios enchiam o corpo com uma gama de materiais. Antes de envolver o corpo em linho, eles o lavavam, massageavam-no com uma variedade de bálsamos, como de cedro e cominho, e cobriam-no com agentes de embalsamento orgânico - resina ou cera de abelha para excluir alguma umidade que ainda restasse<sup>11</sup>.

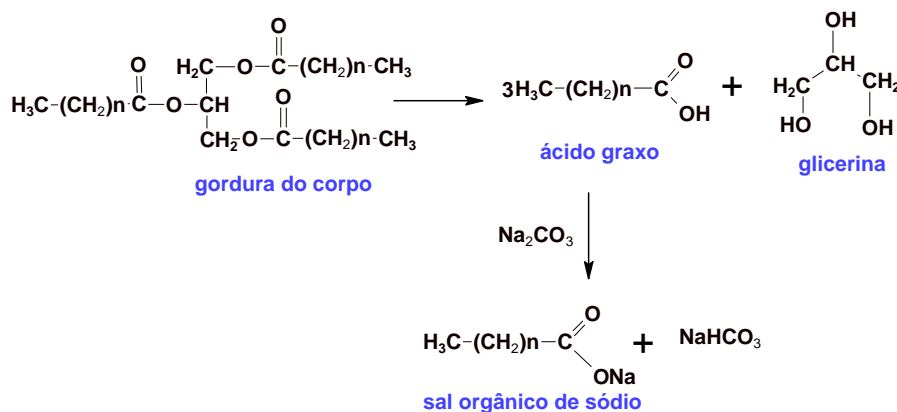
<sup>10</sup> Em 1994, os pesquisadores americanos Bob Brier e Ronn Wade tentaram fazer uma simulação dos métodos egípcios antigos em um cadáver moderno. Utilizaram 250 kg de natrão. Após, o corpo foi colocado em um depósito a temperatura de 40 °C durante cinco semanas. Um leve cheiro de maresia emanava do cadáver, nem se comparando com o odor fétido da putrefação.

<sup>11</sup> Cabe aqui ressaltar que tanto faraós como pessoas comuns eram mumificadas. Contudo, os embalsamadores tratavam os clientes de acordo com o que as famílias podiam pagar. Foram mumificados faraós com misturas de resinas caras e linho especialmente tecido e

Em 1908, Alfred Lucas, um químico que trabalhava em um departamento de antiguidades no Egito, levou a sério uma investigação química em restos mumificados. Ele analisou pequenas amostras de natrão com o teste da chama e titulando-as com ácidos, observou que aquele natrão era uma mistura de vários sais de sódio, tais como cloreto de sódio (NaCl), carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) e sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Em uma pesquisa mais recente, o Dr. Andrew Middleton juntou-se a um departamento do Museu Britânico de pesquisa científica e passou a fazer análises com natrão usando técnicas de difração de Raios X. A técnica foi realizada sobre uma amostra cristalina de natrão, menor que o tamanho de uma cabeça de alfinete, onde foi produzido um padrão de difração que revelou sua estrutura. O NaCl possui uma estrutura regular, mas se outros sais existissem, outros padrões de difração seriam encontrados. O trabalho de Middleton mostrou que muitas das amostras de natrão continham uma proporção alta de NaCl. A significação dos resultados para o processo de embalsamento, explicou Middleton, "... não está claro".

**Figura 9** – Reações química que ocorriam quando os egípcios adicionavam natrão aos corpos que posteriormente sofreriam a mumificação.



Roy Garner, do Museu de Manchester, mostrou que aquele natrão possuía uma concentração razoável de carbonato, o que favorecia uma melhor preservação do corpo. A análise do natrão feita por Garner provou que a amostra possuía um pH alcalino. Ele argumenta que isto catalisava a transformação de gorduras do corpo em ácidos graxos (hidrocarbonetos de cadeia longa com uma carboxila terminal) e glicerol. Os ácidos graxos podem formar sais orgânicos de sódio através de reação com o carbonato de sódio (veja **Figura 9**).

O sal de sódio do ácido graxo e o glicerol são ambos solúveis em água. Assim, eles teriam sido dissolvidos quando o corpo era lavado. Esta perda de gordura contribuiu para a forma encolhida da múmia e também removiu uma fonte de energia vital para as bactérias que causam degradação, agindo a favor da preservação.

Em 1970, uma equipe de cientistas chefiada pelo epidemiologista americano Aidan Cockburn, através da técnica de difração por raios X, conseguiu identificar três componentes em múmias: mirra, óleo de canfora e óleo de um componente da família do zimbro. A equipe ficou surpresa pelo modo com estes componentes se polimerizaram. Era como se a múmia tivesse sido preservada sob camadas de um vidro orgânico, semelhante ao âmbar.

---

peças pobres com materiais menos nobres, como serragem e roupas velhas. Deste daquele tempo o poder econômico influenciava as ações das pessoas.



Na Bíblia há diversas citações do uso de mirra durante a preparação de cadáveres para o sepultamento. Uma em especial faz referência a esta resina aromática durante a preparação do corpo de Cristo para seu enterro. Eis a citação:

*“Também Nicodemos, o homem que viera a ele pela primeira vez a noite, veio trazer um rolo de mirra e aloés, cerca de trinta e três quilos [disso]. Tomaram assim o corpo de Jesus e envolveram com faixas, junto com os aromas, do modo como os judeus costumam preparar par ao enterro”. [João 19:39-40]*

No entanto, não há relatos do embalsamento de Jesus Cristo, pelo menos não da forma como os egípcios praticavam, com a extração de cérebro e demais órgãos. Era costume na época preparar os corpos com essências para evitar o cheiro ruim da decomposição.

A mirra era um dos ingredientes do óleo de unção (veja em Êxodo 30:23-25). Ela é uma resina proveniente de pequenas árvores do gênero *Commiphora*, tais como *Commiphora myrrha* ou a *Commiphora abyssinica*. Inicialmente, a resina é macia e pegajosa, mas, ao pingar no solo, endurece. Os aloés citados fazem referência à resina extraída da árvore *Aquilaria agallocha*, encontrada hoje na Índia e em regiões vizinhas.

Os embalsamadores, ao longo do tempo, foram aperfeiçoando suas técnicas de preservação e utilizaram uma razoável gama de substâncias extraídas da natureza. Em 1990, um pesquisador israelense, Arie Nissenbaum, aplicou testes na resina de quatro múmias egípcias. Ele detectou asfalto na resina de todos os três corpos da época grega e romana.

Heródoto, um grande historiador de seu tempo, descreveu em seus trabalhos a extração de petróleo pelos egípcios. Alguns historiadores datam estas atividades extrativas até 30.000 a.C. Eram explorados produtos como o asfalto natural, betume e frações do petróleo, obtidas quase sempre à flor da terra e usadas na iluminação, medicina e, como constatou Nissenbaum, na mumificação.

Art Aufderheide, um dos maiores especialistas mundiais em antigos corpos preservados, infere que, após centenas de anos de mumificações, os egípcios haviam extinguido os zimbros e as demais coníferas que produziam tais resinas. Vale citar o fato de que a técnica de mumificação era um grande negócio<sup>12</sup>. Os embalsamadores egípcios prestavam seus serviços não apenas aos seus compatriotas, mas também aos europeus que moravam em outros lugares, como Alexandria. Devido ao fato da fonte de resinas estar se acabando, eles utilizaram asfalto para diluir as substâncias extraídas.

Outros cientistas, como Richard Evershed e Stephen Buckley da Universidade de Bristol, investigaram os óleos orgânicos e resinas que eram usadas na mumificação de treze múmias de proveniência conhecida. Evershed e Buckley usaram cromatografia gasosa em amostras de múmias para separar os vários componentes apresentados no material orgânico. As estruturas dos componentes foram determinadas por espectrometria de massa.

---

<sup>12</sup> Para adquirir o asfalto, os egípcios viajavam até o mar Morto. Notícias sobre o “ouro egípcio” que poderia ser ganho com o alcatrão do mar Morto começaram a se proliferar. Então, o rei da Síria mandou uma expedição militar para apoderar-se do controle deste lucrativo comércio na Palestina. Os egípcios ficaram furiosos e também enviaram tropas em 312 a.C. Segundo Nissenbaum, a batalha que se seguiu foi, provavelmente, a primeira guerra pelo petróleo. Vencida a guerra, os egípcios retomaram as atividades comerciais.

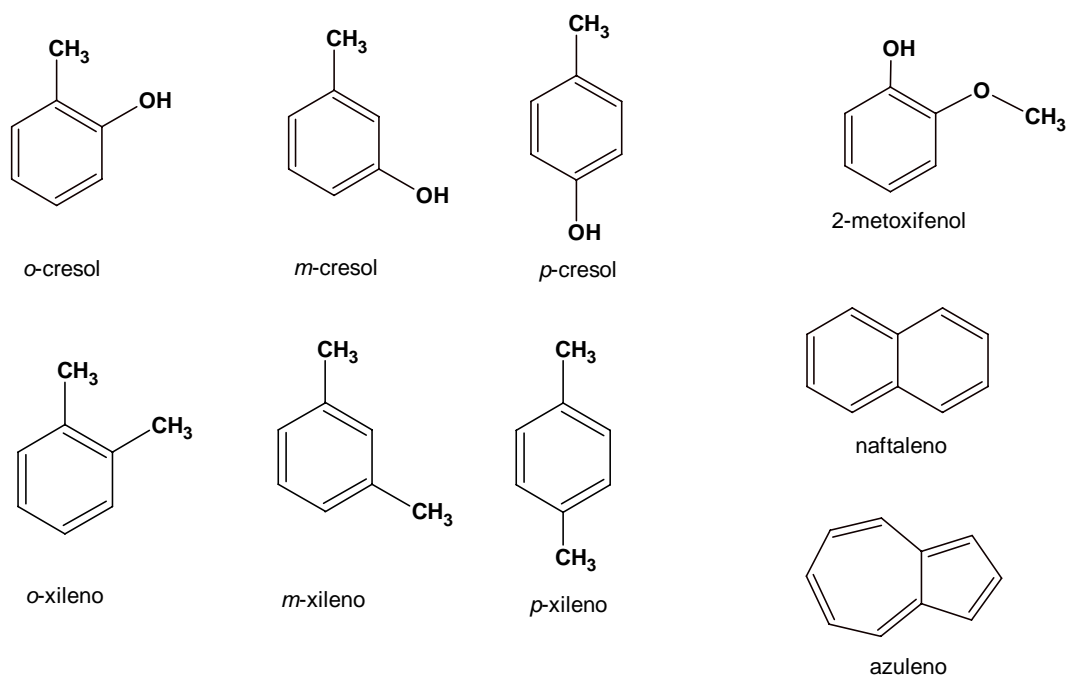
Hoje em dia é difícil realizar pesquisas a respeito de múmias, pois os curadores dos museus são bastante reticentes quando a liberação de amostras. Mas os pesquisadores resolveram o problema usando duas técnicas completares baseadas na combinação de cromatografia gasosa e espectrometria de massa. A quantidade usada nas análises ( $< 0,1$  mg) ajudou o estudo a ser não destrutivo. Em um artigo publicado na revista *Nature*, os autores relataram que ácidos graxos, n-alcanos, ésteres e esteróides estavam entre as combinações achadas nos óleos, sendo que algumas foram identificadas como polímeros naturais. Cera de abelha também foi identificada neste estudo. A seleção de tratamentos orgânicos usados pelos egípcios, diz Evershed, inclui combinações com propriedades antibacterianas conhecidas. A presença de substâncias que teriam polimerizado espontaneamente ajudou estabilizar e assim preservar os tecidos.

Buckley e Evershed puderam concluir, a partir das múmias analisadas, que os embalsamadores egípcios nunca usaram betume proveniente do mar morto e que este foi usado de forma extensiva durante o período Romano (30 a.C – 395 d.C), talvez pelo fato de ser mais barato ou fácil transportar o betume nesta época do que anteriormente.

Johann Koller e colaboradores divulgaram seus estudos na revista *Nature* (2003). Os resultados foram obtidos por cromatografia gasosa realizada em amostras de material embalsamado que pertencia à múmia Sa-anekh-kare, datada em 1500 a.C. Os pesquisadores observaram a presença de compostos fenólicos, tais como cresóis<sup>13</sup>, xilenos, guaiacol (2-metoxifenol), naftalenos e azulenos. Os resultados da pesquisa apontam para o cedro (*Cedrela fissilis*) como sendo a fonte destes compostos. Heródoto (490-425 a. C) e Plínio, o velho (23/24-79 a. C), já descreviam em seus relatos históricos de que os egípcios faziam uso de material proveniente de cedro, mas antes deste trabalho não se tinha uma comprovação científica. Os pesquisadores ainda concluíram que os metil e etilguaiacol identificados confirmam as declarações de Heródoto e Plínio de que um “líquido forte” era utilizado no embalsamento pelos egípcios.

---

<sup>13</sup> Os cresóis estão presentes em uma solução aquosa, alcalina, utilizada na agropecuária com o nome ‘creolina’. Ela é usada na limpeza doméstica. O desinfetante lisol, por sua vez, é uma emulsão de cresóis em sabão, sendo limpante devido ao sabão e desinfetante devido aos cresóis.



Recentemente, Buckley, Clark e Evershed em suas investigações analíticas puderam concluir que os egípcios mumificavam não só pessoas, mas inclusive animais. A mistura de bálsamos, segundo os pesquisadores, era a mesma utilizada em humanos no mesmo período. Provavelmente isto aconteceu em virtude do fato de os egípcios gostarem muito deles, tanto que cada deus era associado à imagem de um animal. O canopo de Hórus, filho de Osíris, por exemplo, era representado por um falcão.

### O Homem de Tollund

Talvez você tenha se perguntado quem é aquela múmia que compõe a capa deste artigo. Chegou o momento de esclarecer um pouco mais esta imagem. Creio que você se surpreenderia se eu dissesse que aquela é uma múmia preservada a mais de dois mil e duzentos anos. Acredito também que a maioria pense, em virtude da incrível preservação, que ela tenha sido mumificada artificialmente, por avançadas técnicas de preservação da época. O que mais impressiona é saber que a está múmia é a mais bem conservada encontrada até hoje – se não a mais, sem dúvida está dentre as melhores que já se viu. Vejamos alguns aspectos químicos desta incrível preservação.

O homem de Tollund é o nome dado a esta múmia encontrada em 1950 na cidade de Silkeborg, a 400 km de Copenhague, em uma região de muitos pântanos. Antes de morrer, ou melhor, antes de ter sido assassinado, o homem de Tollund tinha entre trinta e quarenta anos. Datações realizadas pela técnica de carbono-14<sup>14</sup> indicaram que este homem viveu a mais de 2.400 anos. Segundo o que se sabe, este homem foi morto com

<sup>14</sup> A datação por carbono-14 é uma técnica amplamente utilizada pelos cientistas para a verificação de quanto antigo é um determinado material. O carbono-14 é formado na atmosfera pela colisão de raios cósmicos e átomos de nitrogênio. Este tipo de carbono liga-se ao oxigênio formando o dióxido de carbono, o qual é absorvido pelos seres vivos. Enquanto vivos estes possuem uma quantidade de carbono-14 praticamente constante. Contudo, após sua morte a quantidade vai diminuindo devido ao decaimento do carbono-14, o qual é radioativo e tende a se transformar em uma configuração mais estável. É com base na análise de meia vida, ou seja, do tempo necessário para que a massa de carbono-14 seja reduzida à metade, que a técnica se baseia para a datação.



**Figura 10** – O homem de Tollund, uma múmia natural com mais de 2200 anos, dona de uma preservação impressionante.

uma corda e jogado no pântano (ver detalhe da corda no pescoço - **Figura 10**). Neste charco reside o segredo por trás da mumificação do Homem de Tollund e de diversos outros corpos achados em pântanos em vários lugares da Europa.

A preservação do corpo do homem de Tollund não é obra do ser humano, pelo menos de forma intencional, mas da natureza, ou mais especificamente da “alquimia do pântano”. Certamente quem o atirou no pântano não imaginava que o corpo de sua vítima permaneceria neste estado de conservação. Segundo um artigo (Painter, 1991) o segredo está na decomposição do musgo *Sphagnum*. Este então libera uma substância instável chamada glycuronoglycan<sup>15</sup>, também conhecida como “sphagnan”. A evidência responsável pela conservação dos tecidos através da turfa<sup>16</sup> é a reação de Maillard entre os grupos amina no colágeno e os grupos carbonila no sphagnan com resíduos de D-lyxo-5-hexosulopyranuronic acid, um ácido húmico.

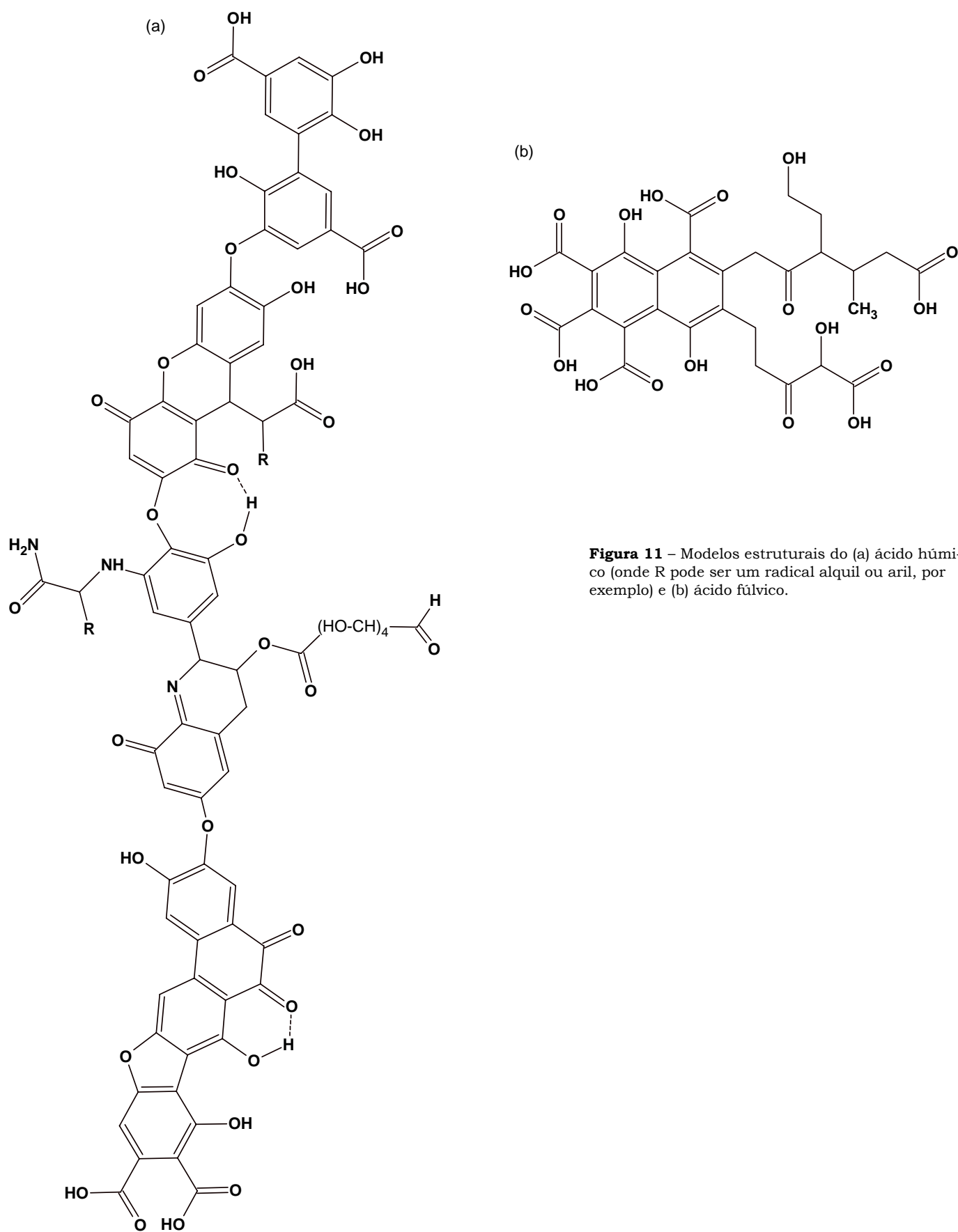
O Sphagnan e seus compostos transitórios, como o ácido húmico, têm o efeito de extrair cálcio dos ossos, amaciando o esqueleto. Este, por sua vez, sob o peso das camadas de turfa, acaba quebrando e se deformando. Os mesmos agentes químicos que promovem uma complexa interação com o nitrogênio presente nas proteínas que constituem a carne humana desaceleram o crescimento de bactérias, promovendo a preservação.

Desde a antiguidade reconhecia-se as propriedades da matéria orgânica no solo – que o digam os egípcios antigos que aproveitavam as cheias do rio Nilo que promoviam uma camada de material orgânico, a qual garantia a fertilidade do solo<sup>17</sup>. A esta parte orgânica do solo damos o nome de húmus. Este é composto por uma mistura de compostos vegetais e animais em vários estágios de decomposição. Este material pode ser dividido em substâncias não-húmicas (proteínas, aminoácidos, polissacarídeos, ácidos orgânicos de baixa massa molar, dentre outros) e húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas). Ao contrário das substâncias não-húmicas, que possuem estruturas relativamente esclarecidas, as substâncias húmicas possuem uma variedade e complexidade de estruturas, podendo variar de poucas centenas a diversos milhares de unidades de massa atômica (veja **Figura 11**).

<sup>15</sup> Optou-se pela não tradução dos nomes científicos, vista a complexidade dos mesmos no referido artigo.

<sup>16</sup> Nome dado à matéria esponjosa, mais ou menos escura, constituída de restos vegetais em variados graus de decomposição.

<sup>17</sup> A idéia mais aceita da origem da palavra ‘química’ é a da origem egípcia. Este povo antigo chamava aquela terra preta de ‘chemya’, muito provavelmente porque o solo negro do Egito foi berço das artes químicas e alquímicas.

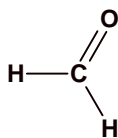


**Figura 11** – Modelos estruturais do (a) ácido húmico (onde R pode ser um radical alquil ou aril, por exemplo) e (b) ácido fúlvico.



## Técnicas atuais de preservação em humanos

Hoje em dia são utilizados métodos parecidos com os desenvolvidos pelos egípcios para a preservação dos corpos. Segundo os historiadores, as técnicas modernas de preservação começaram na guerra civil americana, quando os corpos dos soldados mortos em batalha eram levados até suas famílias em tanques de formaldeído. Uma solução aquosa contendo cerca de 40 % de formaldeído é vendida hoje com o nome de “formol” ou “formalina”. A importante descoberta da circulação por William Harvey, em 1628, dá suporte ao atual método de escoar o sangue do sistema circulatório e substituí-lo por um líquido do qual o formaldeído (metanal – veja **Figura 12**) é o principal componente. Além deste aldeído, a glicerina é utilizada para ajudar na hidratação do tecido. Atualmente a mesma é utilizada nos cremes hidratantes com a função de agente umectante (Veja **Figura 13**).

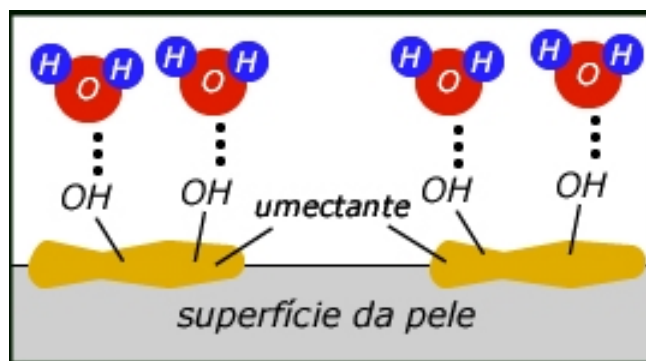


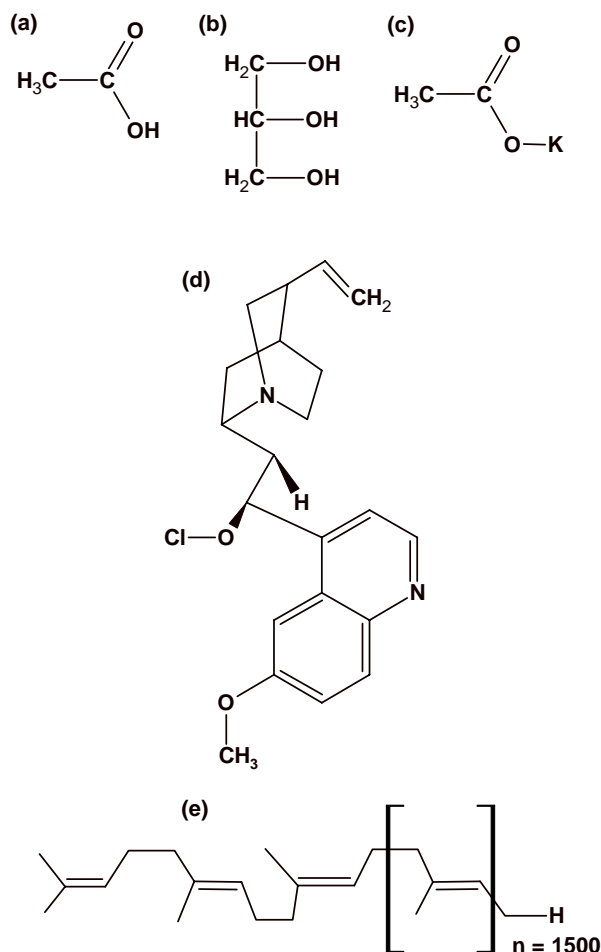
**Figura 12** – O formaldeído, que pelas regras da IUPAC é chamado de metanal, quando em uma solução 40 % é conhecido como formol.

Contrariamente a idéia dos egípcios, que visavam uma conservação do corpo para uma vida pós-morte, hoje em dia utiliza-se o formaldeído para conservar o corpo para o funeral. Após o enterro, o formaldeído evapora e permite que ocorra a ação microbiana na degradação do corpo. Mas há outras técnicas de conservação e também outros fins. A seguir farei uma análise sucinta de algumas das mais famosas múmias do mundo moderno. Em seguida, descreverei o processo de plastinação que tem como objetivo o estudo da anatomia do corpo humano.

**Figura 13** – A glicerina (ou glicerol) é um subproduto da fabricação do sabão. Por esse motivo, toda fábrica de sabão também vende glicerina. Ela é adicionada nos cremes de beleza e sabonetes, pois é um bom umectante, isto é, mantém a umidade da pele. Em produtos alimentícios ela também é adicionada com a finalidade de manter a umidade do produto e aparece no rótulo com o código “umectante U.I”.

Os umectantes, como a glicerina, interagem com a superfície do material que se deseja umectar (pele, cabelo, produto alimentício) e também com a água. A interação com a água ocorre por meio de pontes de hidrogênio (representadas pelos pontilhados na figura).





**Figura 14** -. Moléculas de (a) ácido acético, (b) glicerina, (c) acetato de potássio, (d) cloreto de quinina e (e) guta-percha.

### A conservação do corpo de Lênin

Vladimir Ilyich Ulyanov, ou simplesmente Lênin, foi considerado a força motriz por trás da revolução russa. Morreu em 1924, vítima de um acidente vascular cerebral. Após sua morte, a família queria que ele fosse enterrado. Contudo, os futuros sucessores de Lênin a ignorou. Foi idéia de Joseph Stalin que se embalsamasse o revolucionário para que os russos se acostumassem com sua morte de forma gradual. O Kremlin ordenou que Lênin fosse temporariamente embalsamado, visto que diversas delegações vindas de toda a Rússia tinham dificuldade para chegar à capital e ver seu ídolo. Cinco semanas após sua morte, a quantidade de pessoas começou a diminuir. O problema era que algumas manchas marrons começaram a surgir em sua pele, revelando os primeiros sinais de decomposição.

Por uma ironia do destino, Lênin, que em vida conduziu uma violenta campanha contra a Igreja Ortodoxa Russa, teria seu corpo colocado na Praça Vermelha<sup>18</sup>. Os corpos dos santos russos ortodoxos eram preservados sob o vidro nas catedrais em todo o país. Mas havia um problema: ninguém jamais tentara preservar um corpo humano “exatamente” como fora no auge de sua vida. Porém, Stalin tinha em mente a perfeição. Leonid Krasin, um colaborador próximo de Lênin, tentou realizar testes de preservação em outros corpos através do congelamento dos mesmos, mas não obteve sucesso. O tempo passava e a tenção começava a fazer os ânimos se exaltarem.

O comitê responsável resolveu então entregar o corpo de Lênin a dois técnicos mortuários: o bioquímico Boris Zbarsky e o anatomista Vladimir Vorobiov. Ambos sabiam da responsabilidade e que suas vidas seriamente comprometidas caso não houvesse sucesso<sup>19</sup>. Começaram logo os trabalhos. Em um porão embaixo da cripta temporária de

<sup>18</sup> A igreja considerava um milagre a preservação natural de um corpo, sendo um aspecto a se levar em consideração quando ela pretendia conferir a alguém um título de santo, beato ou mártir. Na história há diversos relatos de santos que foram mumificados a fim de assegurar a preservação de seu corpo, confirmando sua condição de santidade. Contudo, há anos que a Igreja Católica praticamente abandonou esta idéia, da mesma forma que abandonou a idéia das missas em latim e a visão do inferno como um lugar de fogo, enxofre e eternos tormentos físicos.

<sup>19</sup> Este fato me fez lembrar a história de Arquimedes que, segundo o romano Virtúvio no livro IX *De architectura*, foi “gentilmente convidado” a resolver um problema relacionado à coroa do rei Hieron de Siracusa. Conta a lenda que o rei pensava ter sido enganado pelo ourives que havia produzido sua coroa de ouro. Arquimedes então, pensativo em conseguir uma forma de provar se a coroa era ou não de ouro – pois isto valeria a sua sobrevivência, visto que o rei havia lhe intimado a resolver o problema -, percebeu que quando seu corpo entrava nas termas de água, o volume de líquido que extravasava era igual ao do seu corpo submerso. E foi a partir deste princípio observado (conta a lenda que ele saiu em direção à sua casa gritando, completamente nu, “Eureka!”) que ele conseguiu achar um modo de resolver o problema. Realizando experimentos, pôde concluir, pelas observações feitas, que a coroa do rei era constituída por uma liga de ouro e prata. Sem dúvida foi um “bom incentivo” para uma descoberta científica.

Lênin, estocavam substâncias, tais como formalina, glicerina, etanol, cloreto de quinina, guta-percha<sup>20</sup> e mel (veja **Figura 14**).

Os dois nunca revelaram ao público tudo o que fizeram com Lênin, mas Ilya, filho de Zbarsky, o qual seguiu a carreira do pai e escreveu um livro sobre suas experiências, revelou que o corpo foi eviscerado e sua cavidade limpa com água destilada e ácido acético. Posteriormente injetaram formalina. Após secá-lo, mergulharam em outro tanque contendo glicerina, acetato de potássio, água e cloreto de quinina – a mesma solução, segundo Ilya, foi usada para os tratamentos de manutenção de Lênin nos anos que se seguiram. O processo todo durou quatro meses.

Enfim, o corpo de Lênin estava pronto. Quando sua família o viu pela primeira vez após a mumificação, Dimitri Ulyanov, irmão de Lênin, ficou atônito. Disse que Lênin estava com uma aparência melhor do que quando vivo. Satisfeito com o resultado, o Kremlin instalou o corpo em um elegante mausoléu em forma de pirâmide (a princípio sem nenhuma alusão aos antigos egípcios) na Praça Vermelha. Conta-se que Zbarsky ficou muito tenso durante os meses de preparação do corpo. Dizem que ele sofria de pesadelos em que ouvia uma mosca zumbindo dentro do sarcófago de Lênin. Hoje, duas vezes por semana, os mausoleístas inspecionam o corpo em busca de sinais de deterioração.

### A plastinação

Leva mais ou menos 1500 horas para transformar um cadáver em um 'plastinado'. A plastinação é um processo que substitui fluidos de cadáveres por materiais plásticos (silicone, resina de epóxi e poliéster), o que permite às partes do corpo adquirirem plasticidade.

A plastinação foi desenvolvida em 1977 pelo anatomista alemão Gunther von Hagens, no Instituto de Anatomia de Heidelberg, na Alemanha (veja **Figura 15**). Sem sombra de dúvida, Hagens teve uma grande idéia: o desenvolvimento de uma técnica de conservação que permite o estudo macroscópico (e microscópico também) de cadáveres sem os incômodos odores ou as mudanças de tonalidade dos tecidos, o que normalmente ocorre quando se utiliza as técnicas tradicionais de conservação. Os estudos anátomo-científicos do corpo humano puderam ser, então, mais didáticos e esclarecedores.

Outro aspecto inovador, além da técnica, foi a introdução do público leigo nesse circuito científico, pois von Hagens decidiu transformar tal material de estudo em peças de exposições, organizadas sob o título de "Body Worlds" (veja mais na seção "Para saber mais..." no final deste artigo). A técnica baseia-se, em um primeiro momento, na substituição da água e gordura do corpo por polímeros, como resinas epóxi, silicones e poliésteres. Geralmente, usa-se acetona para desidratar o corpo antes da aplicação, sendo que a acetona está a uma temperatura de -25°C. Após a desidratação, o solvente é substituído pelos polímeros em um processo a vácuo.

Uma revisão. Polímeros são compostos formados a partir da polimerização (repetição) de uma ou mais unidades fundamentais, chamadas monômeros. Por exemplo, temos o polietileno utilizado na fabricação de sacolas plásticas. Ele é o produto da polimerização do etileno, um alceno

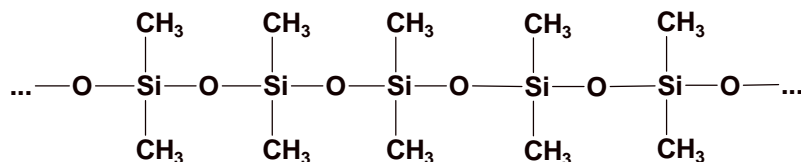


**Figura 15** – Dr. Gunther von Hagens em seu trabalho

<sup>20</sup> A guta-percha é obtida do látex de vários exemplares da família *Sapotaceae*, em particular uma árvore do gênero *Palaquium*. Cerca de 80 % da guta-percha é o polímero trans do isopreno.

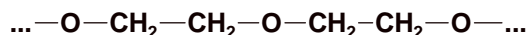
proveniente do petróleo. A seguir, um pouco mais sobre os polímeros utilizados no processo de plastinação.

Silicones são polímeros compostos por silício e oxigênio intercalados, contendo também grupos orgânicos na sua estrutura. São utilizados desde implantes para fins de saúde e estéticos até em impermeabilizantes.



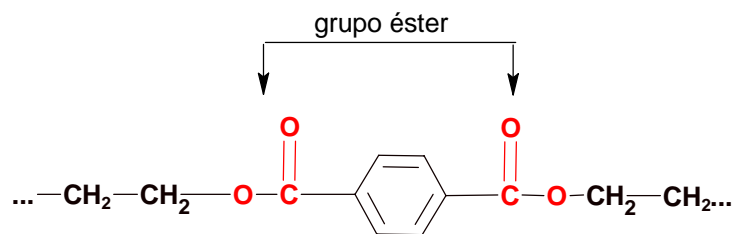
exemplo de estrutura dos silicones

Os silicones são formados por moléculas não muito grandes e possuem um aspecto oleoso, sendo normalmente usados como impermeabilizantes de superfícies, presentes em ceras de polimento, líquidos para realçar o pára-choque e painéis plásticos de automóveis. À medida que a parte orgânica da molécula do monômero de silicone fica maior, as ligações se 'cruzam' e o silicone assume o aspecto de elastômero conhecido como 'borracha de silicone'.



carbó wax (exemplo de resina epóxi)

Resinas epóxi, que se caracterizam por uma excelente estabilidade química, entram na composição de tintas para recobrir o chão e as paredes de laboratórios e indústrias, além de poderem ser utilizadas para revestir a parte interna das latas de conservas de alimentos.



poliéster

Tecidos feitos com fibras têxteis de poliéster são muito usados para confeccionar vela de barco, guarda-chuvas e capas impermeáveis. Perceba na imagem acima os grupos funcionais éster de um monômero com este grupo funcional que se repete várias vezes.

## Bibliografia Utilizada

- ARNT, Ricardo. Prazo de validade: 7000 anos, *Super Interessante*, Ed. 112, janeiro 1997, p. 26-30.
- ARNT, Ricardo. Múmias Plebéias, *Super Interessante*, Ed. 127, abril 1998, p. 28-37.
- ATKINS, P., JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente* - Porto Alegre: Editora Bookman, 2001.
- ATKINS, P. PAULA, J. *Physical Chemistry for the Life Sciences*. Freeman, 2005.  
[http://www.whfreeman.com/college/book.asp?disc=&id\\_product=1149000445&compType=PREV](http://www.whfreeman.com/college/book.asp?disc=&id_product=1149000445&compType=PREV) - acesso em 23/10/2006.
- AUFDERHEIDE, A.C. *The Scientific Study of Mummies* - Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- BAHN, P. G. The making of a mummy. *Nature*, 356, 109 (1992).
- BOHANNON, J. Anatomy's Full Monty. *Science*, 301, 1172-1175 (2003).
- BUCKLEY, S. A., CLARK, K. A., EVERSLED, R. P. Complex organic chemical balms of Pharaonic animal mummies, *Nature*, 431 (2004) 294-299.
- BUCKLEY, S. A., EVERSLED, R. P. Organic chemistry of embalming agents in Pharaonic and Graeco-Roman mummies. *Nature*, 413 (2001) 837-841.
- CARDOSO, C. *Deuses, múmias e ziggurats: uma comparação das religiões antigas do Egito e da Mesopotâmia* - Porto Alegre: EDIPUC, 1999.
- CARVALHO, F. M., Os Faraós no Consultório. *Super Interessante*, Ed. 71, agosto 1993, p. 59-61.
- CANTO, E. L. *Plástico. Bem supérfluo ou mal necessário?* - 2ª ed. - São Paulo. Editora Moderna, 2004.
- CHEMELLO, E. Sabão: uma molécula com dupla personalidade? *NAEQ*. Fevereiro 2004 - disponível em:  
[www.uces.br/ccet/defq/naeq/material\\_didatico/textos\\_interativos\\_27.htm](http://www.uces.br/ccet/defq/naeq/material_didatico/textos_interativos_27.htm).
- CHEMELLO, E. Carbono-14, datando o passado. *NAEQ*. Fevereiro 2004 - disponível em:  
[www.uces.br/ccet/defq/naeq/material\\_didatico/textos\\_interativos\\_29.htm](http://www.uces.br/ccet/defq/naeq/material_didatico/textos_interativos_29.htm)
- COUTEUR, P. L., BURRESON, J. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história* - Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2006.
- DAVID, R. A. Mummies: new light on ancient societies. *Nature*, 290 (1981) 639-640.
- Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa - versão 1.0, 2001.
- FERREIRA, J. P. M. Como interpretar a entropia? *SPQ - Sociedade Portuguesa de Química*. Boletim 96, janeiro-março 2005. Disponível em:  
[http://spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ\\_096\\_038\\_15.pdf](http://spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_096_038_15.pdf)
- GARROTE, M. S. F., SILVA, N. P. Uma abordagem termodinâmica da vida. *Revista Ciência Hoje*, vol. 37, nº 221, novembro 2005.



- GANAL, J. N. *Preparations in Anatomy, Pathology, and Natural History* – Paris, Philadelphia, 1840. Disponível on-line no Google Books - <http://books.google.com>
- JOHNSON, P. *História Ilustrada do Egito Antigo* - Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.
- KOLLER et al. Analysis of a pharaonic embalming tar. *Nature*, 425 (2003) 784.
- KOOLMAN, J., ROEHM, K. H. *Color Atlas of Biochemistry* - New York: Thieme Stuttgart, 1996.
- LAMBERT, F. L., Shuffled cards, messy desks, and disorderly dorm rooms – examples of entropy increase? Nonsense. *J. Chem. Edu.*, 76 (1999).
- MAAR, J. H. *Pequena História da Química* – Florianópolis: Papa-Livro, 1999.
- MELLA, F. A. A. *O Egito dos Faraós* – São Paulo: Editora Hemus, 1998.
- MONTET, P. *O Egito no Tempo de Ramsés* – São Paulo: Cia das Letras, 1989.
- NCBI PubChem - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov> - acesso em 22/10/2006.
- NOVOTNY, E. H. *Estudos Espectroscópicos e cromatografia de substâncias húmicas de solos sob diferentes sistemas de preparo*. Tese de Doutorado: Universidade de São Paulo, 2002.
- OLIVEIRA, Adilson. O Caos e a ordem. *Revista Ciência Hoje*. Internet: <http://cienciahoje.uol.com.br/55440> - acesso em 18/10/2006.
- OLIVEIRA, H., MINAYO, M. C. S. A auto-organização da vida como pressuposto para a compreensão da morte infantil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 6(1):139-149, 2001.
- OLIVEIRA, P. M. C. Mecânica estatística, caos e complexidade – *Revista Ciência Hoje*, vol. 37, nº 9, p. 20-26.
- PAINTER, T. J. Lindow man, tollund man and other peat-bog bodies: The preservative and antimicrobial action of Sphagnan, a reactive glycuronoglycan with tanning and sequestering properties. *Carbohydrate Polymers*, Volume 15, Issue 2, 1991, pg. 123-142.
- PRINGLE, H. *O mundo das múmias* – Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.
- PEIXOTO, E. A. Sódio. *Revista Química Nova na Escola*, nº10, novembro 1999.
- RIVAL, M. *Os Grandes Experimentos Científicos* – Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1997.
- STEIGER, F. Segunda Lei da Termodinâmica, Evolução e Probabilidade. [tradução de Roberto Takata]. *Sociedade da Terra Redonda – Scientia*. Internet: <http://www.str.com.br/Scientia/segunda.htm> – acesso em 14/10/06.
- SPEIGHT, J. G. *Handbook of Petroleum Product Analysis* - New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- TAKATA, R. O que é vida? *Feira de ciências* – Internet: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala26/26\\_01.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala26/26_01.asp) – acesso em 14/10/06.

The Tollund Man - A Face from Prehistoric Denmark – *Internet*:  
<http://www.tollundman.dk> – acesso em 25/10/2006.

VOLKE, K. *Chem. In uns. Zeit*, 27, 42-47 (1993) apud MAAR, J. H., 1999.

MÉNDEZ, E. M. P. et al. Humic substances . compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and bio-medicine. *J. Appl. Biomed.* 3: 13.24, 2005.

WISSEMAN, S. Preserved for the afterlife. *Nature*, 413 (2001) 783-784.

WILLCOCKS, E. Secrets of the mummies. *Education in Chemistry* - November 2001.

Para saber mais

National Geographic On-line

Andes Expedition – Searching for Inca Secrets

<http://www.nationalgeographic.com/andes>

Mysteries of Egypt

<http://www.nationalgeographic.com/egypt/imax/>

Egypt secrets of an Ancient World

<http://www.nationalgeographic.com/pyramids>

Ice Treasures of the Inca

<http://www.nationalgeographic.com/mummy>

Mummy bundles of Puruchuco

<http://channel.nationalgeographic.com/channel/inca>

The mummy road show – Care to unravel a mystery?

<http://channel.nationalgeographic.com/channel/mummy>

Howstuffworks - Mummys

<http://science.howstuffworks.com/mummy.htm>

Revista Ciência Hoje / Ciência Hoje na Escola

<http://www2.uol.com.br/cienciahoje/che/egito1.htm>

Mummy Tombs

<http://www.mummytombs.com>

NOVA | The Mummy Who Would Be King | PBS

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/mummy/>

Science Fair Projects

[http://www.all-science-fair-projects.com/science\\_fair\\_projects\\_encyclopedia/Sodium\\_carbonate](http://www.all-science-fair-projects.com/science_fair_projects_encyclopedia/Sodium_carbonate)

Mindat.org - Natrão

<http://www.mindat.org/min-2858.html>

Body Worlds - The Anatomical Exhibition of Real Human Bodies

<http://www.plastination.com/en/pages/home.asp>

<http://www.koerperwelten.de/Downloads/AnatomyandPlastination.pdf>

Mummifications around the World

<http://www.summum.org/mummification/world.html>

Modern Mummifications by Summum

<http://www.summum.org/mummification>

LANGURI, G. M. Molecular studies of Asphalt, Mummy and Kassel earth pigments. ISBN 90-77209-07-7. Tese disponível em:

<http://www.amolf.nl/publications/theses/languri/Thesis.pdf> – acesso em 23/10/2006.

NOVA | The Perfect Corpse | 10 Ways to Make a Mummy | PBS

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/bog/ways-nf.html>

NOVA | The Perfect Corpse | Tollund Man | PBS

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/bog/tollund.html>

Silkeborg Museum – Tollund Man

<http://www.silkeborgmuseum.dk/en/ipixtour/tollund.htm>

## Agradecimento

Agradeço o físico José Carlos Antônio e o biólogo Roberto Takata pelas revisões e sugestões neste artigo.

## Sobre o autor

**Emiliano Chemello** é licenciado em Química pela Universidade de Caxias do Sul e professor do Ensino Médio e Pré-Vestibular na região da Serra Gaúcha.

website: [www.quimica.net/emiliano](http://www.quimica.net/emiliano)

e-mail: [chemelloe@yahoo.com.br](mailto:chemelloe@yahoo.com.br)

MSN: [chemelloe@hotmail.com](mailto:chemelloe@hotmail.com)

**Profº Emiliano Chemello**  
[www.quimica.net/emiliano](http://www.quimica.net/emiliano)