

DATAÇÃO POR CARBONO – 14

THE CARBON – 14 DATING

Francisco, J.A.S.¹; Lima, A.A.²; Arçari, D.P.³

1- Discente do 6º Semestre do Curso de Licenciatura em Química – Centro Universitário Amparense - UNIFIA .

2- Química, Doutora em Ciências, Área de concentração: Química Inorgânica, docente do Centro Universitário Amparense – UNIFIA, coordenadora do curso de Química.

3- Biólogo, Mestre em Ciências, docente do Centro Universitário Amparense – UNIFIA, responsável pela orientação Pedagógica e Metodológica.

1. INTRODUÇÃO

O carbono-14 C^{14} , ou radiocarbono, é um isótopo radioativo natural do elemento carbono. Justifica-se o estudo do tema pelo fato do carbono 14 ser o grande responsável na determinação da idade de fósseis e artefatos de diversos tipos, como por exemplo o sudário de turim . É utilizado o carbono-14 por apresentar a meia-vida de aproximadamente 5730 anos. Ele é formado nas camadas superiores da atmosfera onde os átomos de nitrogênio-14 são bombardeados por neutrons contidos nos raios cósmicos, reagindo com o oxigênio do ar formando dióxido de carbono ($C^{14}O_2$) que é absorvido por vegetais e seres vivos (FARIAS, 2002).

Segundo (KOTZ, 1999) a quantidade de carbono-14 manteve-se constante nos últimos 20.000 anos. O teor de carbono-14 também é constante nos vegetais e animais. Enquanto vivos, cerca de 15 desintegrações por minuto e por grama de carbono total, no entanto, quando o vegetal ou animal morre, cessa a absorção de CO_2 com carbono 14, e começa o decaimento beta do carbono-14. Nesse decaimento, após 5.730 anos, a radioatividade cairá para a metade. Desse modo, medindo a radioatividade residual do fóssil, podemos calcular a sua idade.

Estudos comprovam que técnica de datação através do carbono-14 tem, contudo, suas limitações. Uma delas é a consideração de que a quantidade total de carbono- 14 na atmosfera permaneceram constantes ao longo do tempo (acima de 20.000 anos), o que pode não ser totalmente verdadeiro. Além disso, um objeto com “apenas” cem anos de idade não poderia ser convenientemente datado uma vez que nesse período de tempo, a quantidade de radiação emitida terá diminuído muito pouco para ser detectada alguma diferença. Assim a incerteza na medida efetuada será de 100 anos. Além disso, objetos com mais de 40.000 anos (ou seja,

aproximadamente sete “meias-vidas”), também não podem ser datados com grande segurança, uma vez que após esse lapso de tempo, a radiação emitida terá sido reduzida a praticamente zero. Logo a técnica aplica-se com boa margem de segurança para objetos que tenham entre 100 e 40.000 anos de idade (PEZZO, 2002).

A datação por carbono-14 foi descoberta, nos anos quarenta, por Willard Frank Libby, que recebeu o prêmio Nobel de química de 1960, pelo desenvolvimento dessa técnica. Ele percebeu que a quantidade de carbono-14 dos tecidos orgânicos mortos diminui a um ritmo constante com o passar do tempo. Esta técnica é aplicável à madeira, carbono, sedimentos orgânicos, ossos, ou seja, todo material que conteve carbono 14 em alguma de suas formas.

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo descrever, através de uma revisão literária, como é comprovada, aproximadamente, a idade de fósseis e objetos arqueológicos constituídos há milhares de anos, através da técnica de análise por datação de carbono radioativo (C^{14}).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida através de consulta a capítulos de livros e artigos científicos, e acessos a internet, procurando temas relacionados à “Datação por Carbono 14”.

Para levantamento do material foram realizadas buscas no portal da revista química nova na escola e SCIELO, visita a acervo físico da Biblioteca do Centro Universitário Amparense - UNIFIA.

Após levantamento do material, foi feita a leitura de capítulos de livros e artigos científicos; selecionados de artigos e capítulos de livros que contribuíssem para a pesquisa.

Os descritores utilizados para consulta à base de dados informatizada foram: Datação por Carbono 14.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Datações Absolutas

A necessidade de métodos mais exatos de datação foi sempre patente, pois se tornava necessário encontrar marcos temporais mais bem definidos para poder desenvolver a datação relativa que se desenvolvia por comparações. Nos anos quarenta, o senhor Willard Libby, descobriu que o carbono-14 presente em matéria orgânica morta, se alterava com o passar do tempo a uma determinada velocidade podendo, com este estudo, ser medida e uma data exata determinada. Esta descoberta constituiu uma revolução para as técnicas de datação e o início da datação absoluta, ou seja, a determinação de uma idade exata para um objeto (GARRET, 1995).

4.2. Desenvolvimentos da técnica

A datação por radiocarbono é provavelmente a mais conhecida e mais usada técnica de datação absoluta nos dias que correm em arqueologia. Esta técnica foi desenvolvida na universidade de Chicago, por um grupo de cientistas liderados pelo químico Willard F. Libby, em 1949. O impacto desta descoberta e da utilização desta técnica foi algo de impeciente na arqueologia, permitindo a datação de depósitos independentemente dos artefatos e das sequências estratigráficas, levando à construção, nas cinco décadas que se seguiram, de uma cronologia cultural, à escala global, dos últimos 40 mil anos. Com esta técnica muito do estudo e esforço posto em datações foi divergido para outras questões igualmente importantes dentro da arqueologia. Em 1960, Libby recebeu o prêmio Nobel de química, pelo seu estudo e descoberta. Hoje em dia, há perto de 130 laboratórios de datação por radiocarbono espalhados pelo mundo (FARIAS, 2002).

4.3. Willard Frank Libby

O químico norte americano Willard Frank Libby nasceu a 17 de Dezembro de 1908, em Grand Valley, Colorado.

Celebrizou-se com a sua descoberta da técnica de datação do carbono-14 ou radiocarbono. Acabou o seu doutoramento em 1933, na universidade de Califórnia Berkeley, onde permaneceu como instrutor até 1941.

Posteriormente mudou-se para Nova York, onde integrou a divisão de pesquisa de guerra, da universidade de Columbia, trabalhando no projeto da bomba atômica. Depois de terminada a segunda guerra mundial, ensinou química na universidade de Chicago, onde também desenvolveu pesquisa no Instituto de Estudos Nucleares até 1959. Mais tarde, voltou à universidade de Califórnia, como diretor do Instituto de Geofísica e Físicas Planetárias, cargo que ocupou até a sua morte.

Em 1947, durante a sua estadia no Instituto de Estudos Nucleares, Libby com a ajuda dos seus alunos, desenvolve a técnica do radiocarbono, utilizando um contador Geiger muito sensível. Ele testou este processo em objetos de idade conhecida, como madeiras de sarcófagos Egípcios, com bons resultados. Mais tarde chegou a considerar a técnica adequada para datações até 50 mil anos.

Em 1954, enquanto estava em Chicago, tornou-se o primeiro químico a ser nomeado para a comissão de energia atômica, neste cargo liderou o projeto internacional do presidente Eisenhower, “Átomos para a Paz”, onde estudou os efeitos da poeira atômica. O seu grande contributo foi, sem dúvida, a técnica de datação por radiocarbono, acabando por receber o prêmio Nobel da química, em 1960. Publicou, em 1952, “Radiocarbon Dating”. Libby faleceu a 8 de Setembro de 1980, em Los Angeles, com complicações pulmonares (PEZZO, 2002).

4.4. Sudário de Turim

Em 1998, o chamado “Sudário de Turim”, supostamente, o Santo Sudári, o manto que teria sido utilizado para cobrir o corpo de Cristo após a crucificação, foi analisado através da técnica do isótopo com número de massa 14 do carbono.

Os resultados mostraram que o linho utilizado na confecção do Sudário cresceu entre os anos 1260 e 1390.

Assim, ficou demonstrado que o Sudário de Turim não podia ser o santo sudário, tratando-se, portanto, de uma fraude, Santo Sudário como mostra figura 1.



FIGURA 1: O sepultamento de Cristo, Guercino (Giovanni Francesco Barbieri), óleo sobre tela, 1656. Instituto de Arte de Chicago, EUA.

Chamam-se datação as técnicas que permitem uma avaliação da idade de fósseis, vestígios, peças ou objetos pertencentes a épocas passadas. As técnicas de datação classificam-se em dois grupos: as relativas e as absolutas.

As técnicas relativas simplesmente comparam materiais ou objetos entre si, o que permite a mera classificação cronológica dentro de um conjunto estudado. Dessa forma, durante o séc. XIX, os geólogos conseguiram construir uma escala relativa do tempo.

Os métodos absolutos de datação permitem determinar com excelente precisão a idade real, o tempo de existência de peças arqueológicas ou apenas antigas, desde que sejam de origem orgânica ou estejam cronologicamente relacionadas com espécimes orgânicos.

4.5. A técnica de datação do carbono-14

Em certos casos, a idade de um dado material pode ser determinada com base na taxa de decaimento de um isótopo radioativo.

O melhor exemplo da aplicação desse tipo de fenômeno é a datação de materiais através da medida do decaimento do carbono-14. A técnica do radiocarbono é hoje largamente utilizada em arqueologia e antropologia, para a determinação da idade aproximada dos mais diversos artefatos.

A maior parte do carbono presente na Terra é composta de uma mistura de dois isótopos estáveis: 98,9% de carbono-12 e 1,1% de carbono-13.

Contudo, amostras naturais de carbono sempre contêm traços de um terceiro isótopo, o carbono-14 um isótopo radioativo (FARIAS; 2002).

4.6. Carbono 14 nos seres vivos

Segundo Atkins e colaboradores (1997) os átomos de carbono 14 combinam-se com oxigênio para formar dióxido de carbono, que as plantas absorvem naturalmente e incorporam a suas fibras por meio da fotossíntese. Como os animais e humanos comem plantas, acabam ingerindo o carbono 14 também. A relação de carbono normal carbono 12 pela de carbono 14 no ar e em todos os seres vivos mantém-se constante durante quase todo o tempo. Talvez um em cada trilhão de átomos de carbono seja um átomo de carbono 14. Os átomos de carbono 14 estão sempre decaindo, mas são substituídos por novos átomos de carbono 14, sempre em uma taxa constante. Nesse momento, seu corpo tem certa porcentagem de átomos de carbono 14 nele, e todas as plantas e animais vivos têm a mesma porcentagem que qualquer ser humano.

4.7. Datando um fóssil

Assim que um organismo morre, ele pára de absorver novos átomos de carbono. A relação de carbono 12 por carbono 14 no momento da morte é a mesma que nos outros organismos vivos, mas o carbono 14 continua a decair e não é mais repostado. Numa amostra a meia-vida do carbono 14 é de 5.700 anos, enquanto a quantidade de carbono 12, por outro lado, permanece constante. Ao olhar a relação entre carbono 12 e carbono 14 na amostra, comparando-a com a relação em um ser vivo, é possível determinar a idade de algo que viveu em tempos passados de forma bastante precisa.

Uma fórmula usada para calcular a idade de uma amostra usando a datação por carbono 14 é:

$$t = [\ln (N_f/N_o) / (-0,693)] \times t_{1/2}$$

em que \ln é o logaritmo neperiano, N_f/N_o é a porcentagem de carbono 14 na amostra comparada com a quantidade em tecidos vivos e $t_{1/2}$ é a meia-vida do carbono 14 (5.700 anos)

Por isso, se você tivesse um fóssil com 10% de carbono 14 em comparação com uma amostra viva, o fóssil teria:

$$t = [\ln (0,10)/(-0,693)] \times 5.700 \text{ anos}$$

$$t = [(-2,303)/(-0,693)] \times 5.700 \text{ anos}$$

$$t = [3,323] \times 5.700 \text{ anos}$$

$$t = 18.940 \text{ anos de idade}$$

Como a meia-vida do carbono 14 é de 5.700 anos, ela só é confiável para datar objetos de até 60 mil anos. No entanto, o princípio usado na datação por carbono 14 também se aplica a outros isótopos. O potássio 40 é outro elemento radioativo encontrado naturalmente em seu corpo e tem meia-vida de 1,3 bilhões de anos. Além dele, outros radioisótopos úteis para a datação radioativa incluem o urânio 235 (meia-vida = 704 milhões de anos), urânio 238 (meia-vida = 4,5 bilhões de anos), tório 232 (meia-vida = 14 bilhões de anos) e o rubídio 87 (meia-vida = 49 bilhões de anos).

O uso de radioisótopos diferentes permite que a datação de amostras biológicas e geológicas seja feita com um alto grau de precisão. No entanto, a datação por radioisótopos pode não funcionar tão bem no futuro. Qualquer coisa que tenha morrido após os anos 40, quando bombas nucleares, reatores nucleares e testes nucleares em céu aberto começaram a causar mudanças, será mais difícil de datar com precisão, fósil a ser datado como mostra a Figura 2 (FARIAS, 2002).



FIGURA 2: Esqueleto encontrado nos sítios arqueológicos do Parque Nacional Serra da Capivara, no Estado do Piauí, datado em 11 mil anos pelo método do C_{14} .

4.8. Limitações e considerações da técnica

“Na apresentação das datas, deve-se acabar com a prática de ‘converter’ as datas determinadas pelo método de C_{14} expressas em número de anos BP – do inglês *before present*, antes do presente; o presente, no caso, é o ano de 1950 usada geralmente para exprimir datas históricas”, afirma Jean Bocquentin, pesquisador do Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal do Acre. Isto porque os resultados das análises são apresentados sob a forma de probabilidade estatística e com uma determinada margem de erro”.

A falta de calibração para as datas superiores há 20 mil anos, as baixíssimas concentrações de C_{14} ainda existentes e os riscos de poluição nas amostras levam as datas determinadas pelas análises nos períodos mais antigos apresentarem margens de erro importantes”, completa Bocquentin.

A análise por meio do método de C_{14} é efetiva, normalmente, até datas de 30 mil a 40 mil anos BP, já que, após esse período, a radiação emitida pelo C_{14} terá sido reduzida a praticamente zero.

Por outro lado, em um objeto com, por exemplo, cem anos de idade, a quantidade de radiação emitida não terá diminuído o suficiente para que seja detectada alguma diferença. Roberto R. Cordero Otero, responsável pelos laboratórios de C_{14} e trítio do Instituto de Geocronologia e Geologia Isotópica da Universidade de Buenos Aires (Argentina), acrescenta que, para que o tempo obtido através das análises coincida com o tempo realmente transcorrido desde que um ser vivo morreu, é preciso aceitar mais de uma suposição, a concentração de C_{14} permanece constante ao longo do tempo; essa concentração é igual em todos os reservatórios de carbono (atmosfera, biosfera, oceanos, rios e lagos); a proporção dos isótopos se mantém constante nos ciclos químicos em que intervém o carbono, com a morte do organismo, cessa o intercâmbio de C_{14} com o meio. “Em geral, nenhuma dessas suposições acontece na realidade”.

É por isso que, quando falam do conteúdo de C_{14} em uma amostra e o expressam em anos, dizem que é uma idade radiocarbônica, que pode estar mais ou menos próxima da idade real, dependendo da situação, do peso de cada uma das variáveis, considera Otero. Estudos baseados na dendrocronologia (que envolvem o estudo das séries anuais dos anéis de crescimento dos troncos das árvores), por exemplo, afirmam que não é possível admitir a constância da concentração de ^{14}C na atmosfera e nos seres vivos. Tais estudos permitem, hoje, que sejam estabelecidas as curvas de variação do C_{14} no passado e que seja realizada uma calibração das datas radiocarbônicas para a obtenção de datas de calendário até 11 mil

anos BP. Outras curvas, realizadas através de resultados de datação por tório/urânio, permitem uma calibração do radiocarbono passado até 20 mil anos BP (FARIAS, 2002).

4.9. Atualmente há dois tipos de técnica de datação

A técnica convencional de datação por radiocarbono é baseada na medição da proporção de partículas beta irradiadas numa amostra. O material para datar é previamente convertido num gás ou numa solução líquida e em seguida é colocado num contador de radiatividade para se medir a proporção de alteração. É impossível medir toda a radiatividade numa amostra com esta técnica, sendo o processo de medida dividido entre 5 a 10 fases, onde, em cada uma delas a medição de radiação beta é feita durante 100 minutos, isto permite o calculo da média da taxa de emissão radioativa que é depois comparada com um valor standart contemporâneo para determinar a idade da amostra. O carbono-14, numa amostra atual, emite partículas beta a uma taxa de aproximadamente 15/minuto/gm. Dado que a taxa de alteração não é constante, mas sim ocasional, há sempre um fator de erro ligado à estimativa de idade. Os limites atuais para a técnica convencional encontram-se entre 40 a 50 mil anos. Desde 1977, o método de espectrometria de aceleração de massa, tem sido usado para contar diretamente os átomos de radiocarbono numa amostra, em vez de medir a taxa de alteração radioativa. Com esta técnica pode-se usar amostras de menores dimensões (5-10 miligramas), conseguindo uma maior precisão e uma baliza de tempo mais reduzida para a datação. Com o fato de as amostras diminuírem pode-se datar agora os próprios artefatos e eco fatos, sem ter de datar outros materiais e depois associá-los aos materiais que queremos mesmo datar, pois com este método não é necessário a destruição do elemento a datar. Os avanços previstos para esta técnica apontam para uma diminuição no tamanho das amostras e uma crescente precisão e autonomia temporal, permitindo este método datar até 90 mil anos. (PEZZO, 2002).

4.1.0. Calibração de datas por radiocarbono

Inicialmente assumiu-se que a quantidade de radiocarbono na atmosfera era temporalmente constante, mas sabe-se hoje que alterações no campo magnético da terra e alterações na intensidade solar modificaram significativamente a quantidade de carbono-14 ao longo do tempo. Quando amostras de pinheiro Bristlecone, uma árvore com uma incrível

longevidade temporal, que se encontra no sudoeste dos E.U.A, foram datadas com o método do carbono-14 e com a técnica da dendrocronologia, verificaram-se algumas discrepâncias nos resultados. Assumindo que a quantidade de carbono-14 presente em organismos no passado e no presente se diferencia, deve-se calibrar a datação por carbono-14, utilizando a técnica da dendrocronologia (com base em amostras de pinheiro Alemão, carvalho Alemão, carvalho Irlandês) para os últimos 11,800 anos e corais marinhos de profundidade, datados com o método do radiocarbono, para o período precedente ao último. Atualmente, o limite de calibração para as duas últimas técnicas, situa-se nos 24 mil anos B.P. Em geral, quanto mais velha a idade real de calendário do material datado maior a diferença entre uma idade por radiocarbono e uma idade de calendário.

A espectrometria de aceleração de massa ligada à datação por radiocarbono tem desempenhado um papel importante na atualidade no que respeita a certas controvérsias, comprovando dando exatidão e contrariando fatos históricos e religiosos (SERWAY, 1996).

5. CONCLUSÃO

No estudo realizado através de revisão literária pode-se concluir que pelo método de datação por carbono 14, se torna possível que arqueólogos possam comprovar a idade de objetos e fósseis encontrados, que provavelmente estão no local há milhares de anos.

Pelo que podemos ver, a datação através do carbono-14 não deve ser utilizada como algo exato, principalmente por não se conhecer a concentração exata de carbono-14 em tempos remotos. Essa variação pode fazer uma amostra parecer mais velha do que realmente possa ser.

É bom ter em mente o que está por trás dos métodos de datação por carbono-14. Uma coisa é medir a quantidade de isótopos presentes em determinada amostra, isso é possível fazer com grande precisão; outra coisa totalmente diferente é extrapolar essa observação para determinar a idade do objeto em questão, isso depende de fatores não observados e não conhecidos que simplesmente se tem de assumir não dá para voltar atrás no tempo até a altura que o objeto começou a se formar e acompanhar o seu desenvolvimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, P. e JONES, L. **Chemistry**. Nova Iorque: W.H Freeman, 1997.

FARIAS, ROBISON FERNANDES. **A química do tempo: carbono 14**. QNESC, v.16, 6-8, Novembro, 2002.

GARRET, R.H e GRISHAM, C.M. **Biochemistry**. Nova Iorque: Saunders College Publishing, 1995.

JAMES, L.K. (Ed.). **Nobel laureates in chemistry 1901-1992**. Salem: American Chemical Society and the Chemical Heritage Foundation, 1993.

KOTZ, J.C. e TREICHEL Jr., P. **Chemistry & chemical reactivity**. Nova Iorque: Saunders College Publishing, 1999.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, Jr., P. M. **Química geral 2 e reações químicas**. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2005.

PEZZO, MARIANA. **Univerciência**. Dezembro, 2002

RITTER, P. **Biochemistry**. Nova Iorque: Brooks/Cole Publishing Company, 1996.

SERWAY, R.A. **Physics**. Nova Iorque: Saunders College Publishing, 1996.