

FERRO – Da explosão de supernovas ao aço e hemoglobina

Autora: Alieth S.P. Cavassa (licencianda em Química, Bolsista PIBID),

Revisão: Silvana M. C. Zanini (Supervisora PIBID)

Colaboração: Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves (Instituto de Geociências)

1. INTRODUÇÃO

Este texto partiu da necessidade de elaboração um material complementar para se trabalhar com o ciclo do ferro, uma das temáticas contida dentro de um projeto maior de Educação Ambiental da escola CEEJA Jeanette de A.G.A Martins e que conta com a participação de bolsistas da licenciatura do Instituto de Química-Unicamp, do programa PIBID. Durante o ano de 2012, foram desencadeadas várias ações na escola e uma delas culminou na realização de um evento de ciência. Um terráreo¹ foi construído e o ciclo do ferro serviu de exemplo para explicar o ciclo de materiais dentro do sistema terrestre.

2. O ELEMENTO FERRO

Elemento químico de número atômico 26, 4^o período e grupo 8 da tabela periódica, metal de transição cujos principais estados de oxidação são +2 e +3. Na natureza é possível encontrar os isótopos 54, 56, 57 e 58, sendo o isótopo 56 encontrado majoritariamente, apresentando massa atômica de aproximadamente 55,85 u.m.a.

Mas, afinal, qual a importância do ferro no planeta e para os seres vivos? Qual seria a relação entre o elemento ferro, oriundo de meteoros e

¹ Um terráreo consiste de um pequeno recipiente fechado no qual se reproduz condições ambientais semelhantes a do planeta Terra. Seu potencial pedagógico assenta-se, entre outros, no estudo de diversos ciclos como, por exemplo: do carbono, oxigênio, nitrogênio e ferro. Podendo ser usado por professores de diversas áreas, inclusive e principalmente para projetos de caráter interdisciplinar.

as lâminas de corte utilizadas na idade do ferro? Ou o que células de glóbulos vermelhos têm a ver com estruturas metálicas de edifícios e automóveis?

Este texto visa iniciar um diálogo sobre as questões apresentadas.

3. FERRO, SUA ORIGEM NO UNIVERSO.

Logo após o big bang, grandes massas de gás formaram bilhões de galáxias separadas, com bilhões de estrelas cada. As primeiras estrelas que surgiram eram compostas apenas de átomos de hidrogênio e hélio na proporção aproximada de 3:1. No seu processo de evolução, algumas estrelas transformaram parte dos elementos primordiais, em outros mais pesados, por meio de reações de fusão nuclear (nucleossíntese) [5,6].

Somente estrelas, com no mínimo oito massas solares, conseguem fundir o Carbono (C) para produzir Oxigênio (O), Neônio (Ne), Magnésio (Mg), Silício (Si) e Ferro (Fe). Na estrutura de uma estrela, os elementos mais pesados são encontrados nas camadas mais internas, sendo que, a cada estágio sucessivo de fusão, desde o H até o Fe, libera-se menos energia do que o anterior [5,6]. Uma vez formado o ferro, não há novas reações de fusão nuclear. A estrela não tem como dissipar energia. Sua imensa gravidade provoca o adensamento da estrela, até o seu colapso e explosão, formando assim uma supernova. Os produtos da explosão da estrela, a supernova, expandem-se e eventualmente todos os elementos formados se espalham através dela, misturando-se no espaço interestelar. Com o tempo, formam-se regiões mais densas que são nuvens gigantes de gás e pó. Essas nuvens são berçários de estrelas, onde serão formadas novas estrelas. Em torno das estrelas também há agregação de gás residual e pó, formando planetas [5,6].

Assim, os elementos químicos no Universo teriam sido formados de duas maneiras. Os elementos primordiais (majoritariamente H e He) foram formados na nucleogênese, nos tempos que sucederam ao Big Bang. Posteriormente esses elementos teriam sido utilizados na síntese de elementos químicos mais densos, no interior das estrelas, pelas reações termonucleares (nucleossíntese). Deste modo o ferro seria o último elemento formado no processo de nucleossíntese.

4. O FERRO NO PLANETA TERRA.

Segundo modelos teóricos recentes, os processos envolvidos na formação do nosso planeta seriam os de *acrecção*, consistindo no aumento gradual de matéria devido à adição constante de partes menores, e de *diferenciação*. No processo de diferenciação os componentes agregados inicialmente de forma caótica, durante o processo de acreção, começam a se ordenar. Os materiais mais leves emergem para a superfície e o material mais pesado afunda de modo a se concentrar no núcleo. Dessa forma, a Terra foi transformada em um planeta diferenciado ou zoneado em três camadas principais: um núcleo central e uma crosta externa separada por um manto. Sendo que, a força gravitacional e a dissipação de energia na forma de calor são fundamentais no processo de diferenciação. [10]

Durante esta etapa de diferenciação, o elemento ferro correspondia a cerca de um terço do material do planeta primitivo e possuía densidade superior à maioria dos outros elementos presentes. Sendo assim, o ferro e outros elementos pesados como o níquel (Ni) mergulharam para formar o núcleo central. O modelo teórico considera que o núcleo da Terra é líquido na parte externa, mas sólido numa região chamada de núcleo central. O núcleo interno seria sólido porque a pressão no centro é muito alta impedindo que o ferro se apresente no estado líquido.

Os materiais menos densos, que haviam emergido para superfície resfriaram, formando a crosta sólida da Terra. A diferenciação criou uma crosta leve, empobrecida de ferro e rica em oxigênio, silício, alumínio, cálcio, potássio e sódio. Já o manto, região localizada entre o núcleo e a crosta, consiste em rochas com densidade intermediária, em sua maioria compostos de oxigênio com magnésio, ferro e silício.

Levando-se em conta somente a composição química, estima-se que apenas quatro elementos constituem cerca de 90% da massa do nosso planeta: ferro, oxigênio, silício e magnésio. O oxigênio, o silício e o alumínio, sozinhos, formam mais de 80% da crosta. No entanto, a massa do planeta Terra é composta sobretudo por ferro (32,1%) e oxigênio (30,1%). O ferro está localizado majoritariamente no núcleo, onde

acredita-se que ele contribua com 88,8% em massa, sendo que, o percentual restante é principalmente constituído dos elementos níquel e enxofre.

5. FERRO NA NATUREZA (ROCHAS, SOLOS, PLANTAS e CADEIA ALIMENTAR)

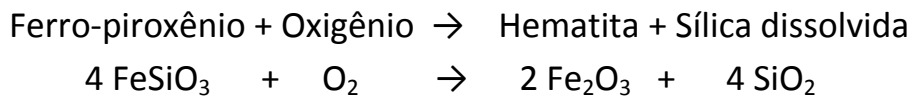
O Ferro está entre os oito elementos químicos mais abundantes da crosta terrestre, no entanto encontra-se em maior proporção como íon ferro, em compostos iônicos. O ferro metálico (Fe^0) é raramente encontrado na natureza, sendo encontrado somente em certos tipos de meteoritos que caem na Terra oriundos de outros locais do sistema solar. Já o elemento ferro, na sua forma iônica oxidada, é encontrado em combinação principalmente com o oxigênio em diversos tipos de minerais.

Minerais são sólidos inorgânicos, de ocorrência natural, com estruturas cristalinas específicas e composições químicas fixas ou variáveis dentro de certos limites e apresentam-se também como constituintes básicos das rochas [10].

Rochas são agregados naturais consolidados, formados por um ou mais minerais, ex: bauxita, basalto e granito. É comum em linguagem corriqueira chamar a rocha de mineral.

As rochas são degradadas através de um processo chamado de intemperismo. O processo de desintegração das rochas é muito importante, pois através dele todas as argilas e solos são formados. O solo, apesar de ser um produto do intemperismo, serve também como elemento impulsor do processo (retroalimentação positiva). Por exemplo, o solo possui a capacidade de reter água da chuva, desta forma torna possível a vida de diversos vegetais e microrganismos, essas formas de vida geram um ambiente ácido, que, em conjunto com a umidade, degrada ainda mais a rocha alterando e dissolvendo os minerais, processo chamado de intemperismo químico. Já as raízes de plantas e as cavidades feitas por organismos no solo fragmentam a rocha por processo mecânico, chamado de intemperismo físico. Deste modo, intemperismo químico e físico levam a formação de mais solo.

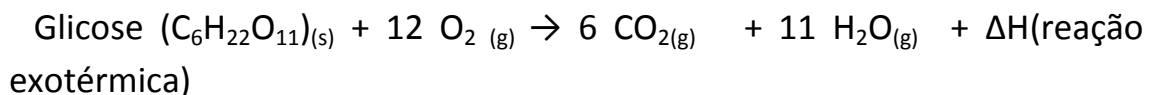
A hematita (Fe_2O_3), é um mineral de ferro bastante abundante na crosta terrestre, é resultado do intemperismo de silicatos ricos em ferro como o piroxênio (FeSiO_3) e a olivina (Fe_2SiO_4). O ferro liberado pela dissolução desses minerais combina-se com o oxigênio atmosférico formando óxido de ferro III e liberando sílica, segundo a reação abaixo:



Óxidos de ferro (III) colorem em tons avermelhados o solo e as superfícies degradadas das rochas que contêm ferro. A água presente no solo propicia a ocorrência de muitas reações químicas entre as substâncias de origem mineral, assim como as trocas de substâncias entre os seres vivos, as raízes, as partes aéreas das plantas e as partículas minerais de solo. O ferro presente nos solos serve como nutriente para plantas e a partir de então será transmitido ao longo da cadeia alimentar [2]. Deste modo, o ferro pode ser encontrado em vegetais verde-escuros (ex: espinafre, couve, brócolis e agrião), leguminosas (ex: lentilha, ervilha e feijão) e carnes.

O ferro em nosso organismo desempenha um importante papel nas trocas gasosas, pois, o metabolismo das células aeróbias depende do recebimento contínuo de oxigênio para realizar a oxidação de nutrientes, assim como da remoção do gás carbônico (CO_2) resultante desse processo.

Nutriente + gás oxigênio \rightarrow gás carbônico + vapor d'água + energia



No organismo humano, as células do sangue, as hemácias, são sistemas incumbidos desta função. O transporte de oxigênio dos pulmões até os tecidos é efetuado pela substância hemoglobina presente nas hemácias [12].

A hemoglobina dos seres humanos adultos é formada por quatro subunidades, cada uma destas subunidades está associada a um grupo heme, cuja estrutura molecular encontra-se na figura a seguir.

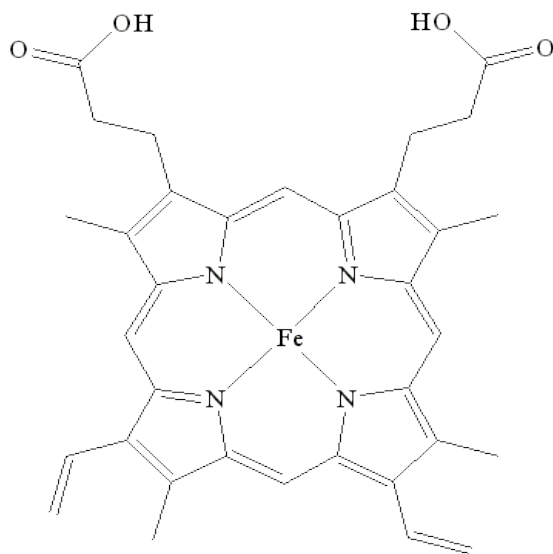
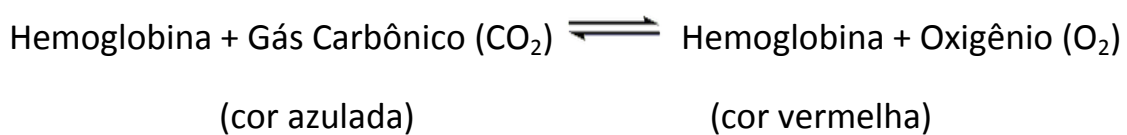


Figura 1: O grupo heme da macromolécula de hemoglobina [13].

O grupo heme é uma molécula organometálica e o núcleo central contém um átomo de ferro. Este grupo confere à hemoglobina sua cor característica e a ligação do oxigênio ao grupo heme altera a cor da hemoglobina, que passa de azulada (sangue venoso) a vermelha (sangue arterial). A ligação entre o íon Fe^{2+} e a molécula de oxigênio no grupo heme é reversível [12].



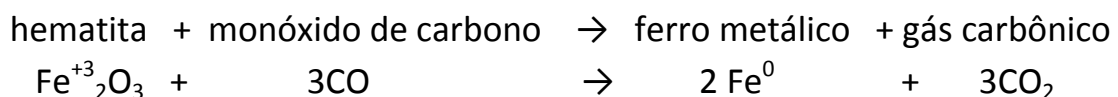
Quadros clínicos de pessoas cuja capacidade do sangue em transportar oxigênio para os tecidos está reduzida, muitas vezes refere-se a algum tipo de anemia, sendo que um tipo de anemia bastante frequente é a anemia ferropriva [12]. Esta anemia é caracterizada pela diminuição ou ausência das reservas de ferro, conseqüentemente, concentração escassa de hemoglobina. Deve-se ressaltar que as condições de agravamento da carência de ferro encontram-se vinculadas às condições sociais e econômicas das classes de renda mais baixa, seja devido a uma alimentação quantitativa e qualitativamente inadequada, seja pela precariedade de saneamento ambiental ou por outras causas que direta

ou indiretamente poderiam estar contribuindo para sua maior incidência. No entanto, a doença não é exclusividade das classes pobres, podendo ser encontrado em todas as classes sociais [11].

6. FERRO E SEUS USOS

Há milhares de anos o ferro metálico (Fe^0) vem sendo utilizado pela humanidade, no entanto, nos primórdios o metal era bastante raro, pois o ferro utilizado era de origem meteórica. Devido à origem diferenciada deste metal, ele já foi considerado sagrado por algumas culturas, sendo que materiais confeccionados com este metal eram muitas vezes destinados exclusivamente para rituais religiosos [1]. Os hititas, civilização que habitou a Ásia Menor (atual Turquia) em torno de 1500 a.C., são considerados como sendo os primeiros a dominarem técnicas de obtenção de ferro metálico a partir de seus minerais[4]. Quando este conhecimento passou a ser disseminado na Europa por volta de 1200 a.C., o ferro metálico passou a ser obtido em quantidades consideráveis, e a partir de então deu-se início ao período que ficou conhecido como a Idade do Ferro[1].

Durante a idade do ferro, obtinha-se um material constituído majoritariamente de ferro metálico a partir do processo de queima do mineral juntamente com carvão vegetal [1]. Da queima incompleta do carvão era possível obter o monóxido de carbono (CO). O monóxido de carbono por sua vez, atua como agente redutor na reação com o mineral. Utilizando como o exemplo o mineral hematita, obtemos a seguinte equação química:



Atualmente, o método utilizado para obtenção do ferro metálico a partir de seus minerais, tem seu princípio idêntico ao método utilizado na antiguidade, pois ambos baseiam-se na redução do íon ferroso (Fe^{3+}) na presença de carvão mineral. No entanto, hoje as ligas metálicas contendo ferro são mais utilizadas do que o ferro metálico, destacando-se o aço [1,4].

O aço consiste em uma liga metálica composta por ferro e carbono, com a quantidade de carbono variando entre 0,1 a 2% da massa. A siderurgia é um ramo da metalurgia que se dedica exclusivamente a produção de ferro metálico e aço. Sendo que, a metalurgia é a área mais ampla de estudo e que se dedica a obtenção de metais a partir de seus minerais[1].

O aço é preferido em relação ao ferro, pois, ele pode ser trabalhado por meio da forja, laminação, extrusão (processo que consiste em forçar o material através de uma matriz, de modo que o material adquira a forma desejada), o que é difícil de realizar com o ferro metálico. Outras qualidades seriam pelo fato de o aço ter dureza superior a do ferro, além de apresentar maior resistência à tração quando comparado ao ferro metálico. Por todas essas qualidades o aço é utilizado em cabos de elevadores, teleféricos e na construção civil, como no caso do concreto armado (concreto tendo em seu interior estrutura feita com barras de aço), utilizado em construção de edifícios [1,4].

Além dos exemplos já citados, podemos destacar muitos outros materiais e objetos que são constituídos por ferro, aço ou alguma outra liga metálica que contenha ferro, pois, controlando somente o teor de carbono presente no aço ou por adição de outros elementos ao aço é possível obter materiais com as mais diversas propriedades. O aço inoxidável ou aço inox (liga de ferro com 1 a 22% de níquel e 4 a 27% de cromo) é usado para talheres, utensílios domésticos e lâminas de barbear. Aços com tungstênio, molibdênio ou manganês servem para a fabricação de ferramentas. Uma importante aplicação das ligas de aço com manganês é a sua utilização para construção de trilhos de trem. Já as ligas de aço e silício são utilizadas na construção de motores elétricos, geradores e transformadores [1,4].

Deve-se atentar para o fato de que enquanto o termo mineral refere-se a uma substância natural presente na crosta terrestre, o termo minério é um conceito fundamentalmente econômico. Minério é aplicado a rochas, minerais ou materiais rochosos com valor econômico, ou seja, substâncias que podem ser exploradas, como ocorre com a areia de construção. Um importante marco na história da siderurgia nacional foi a criação da CNS (Companhia Nacional de Siderurgia), em 1941.

Em 2001, a produção anual brasileira de minério de ferro foi da ordem de 190 milhões de toneladas, o que nos coloca entre os grandes produtores mundiais. Minas Gerais, especificamente a região quadrilátero Ferrífero, localizada entre os municípios de Belo Horizonte, Congonhas, Mariana e Santa Bárbara contribui com mais da metade do total extraído no país. Em segundo lugar está a Serra dos Carajás, no Pará. Os maiores compradores do nosso minério de ferro são Japão, Alemanha e China [4].

É muito importante para um país ser naturalmente dotado com vastas reservas de jazidas minerais, caso contrário ficará dependente do subsolo de outros países. No entanto, o preço de uma tonelada de aço custa em torno de dez a vinte vezes mais do que a tonelada do minério de ferro. Quando o minério de ferro é transformado em aço é usual dizer que foi “agregado valor” ao produto final. O Brasil ainda possui pouca capacidade em agregar valor a seus produtos, possuindo ainda uma identidade de país exportado de matéria-prima, o que ao longo dos tempos vem resultando numa expropriação dos recursos minerais brasileiros pelas nações mais ricas [4].

Percebe-se assim, que a exploração dos recursos minerais, apesar de ser uma fonte de progresso e riqueza para nação, deve ser avaliada sob uma rigorosa ótica política e econômica, assim como devem ser avaliados seus impactos social e ambiental. A exploração de jazidas minerais causa imensos impactos ambientais e por esse motivo a relação custo benefício deve sempre ser questionada. Uma solução bastante promissora e viável é a reciclagem. A reciclagem de material metálico consiste basicamente em sua fusão, seguida de uma nova modelagem. A prática da reciclagem não somente diminui a demanda por exploração de novas jazidas de minérios como também propicia a economia de grandes quantidades de energia no processo [4].

Tratando-se de aspectos sociais é notável que a atividade mineradora e siderúrgica gera muitos empregos, mas, infelizmente muitos dos trabalhadores envolvidos ao longo de todo o processo possuem condições de trabalhos precárias e baixíssimos salários [4].

Somente um massivo investimento em educação, ciência e tecnologia será capaz de realizar profundas mudanças na forma com que lidamos com nossas riquezas naturais. Um maior conhecimento de

conceitos e técnicas científicas elucidará caminhos para um melhor aproveitamento econômico dos recursos, respeitando o ambiente e a população humana.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS ACERCA DO TERRÁREO

No CEEJA Jeanette A. G. A. Martins o ciclo do ferro foi trabalhado realizando-se considerações referentes a fragmentos de rocha basáltica, rica em piroxênio e solo de coloração vermelho forte, ambos presentes na simulação do sistema Terra apresentado para os alunos através do terráreo. Também se realizou explanação referente à utilização do ferro na indústria e a reciclagem de materiais.

8. CONCLUSÕES

O ferro no universo foi formado a partir de elementos mais leves, num processo chamado de nucleossíntese. O ferro formado nas estrelas é dissipado no espaço após a explosão da estrela, dando origem a uma supernova. É do material disperso das supernovas que os planetas podem ser formados por agregação de matéria e posterior diferenciação.

Nosso planeta é diferenciado em três camadas principais: núcleo, crosta e manto. O ferro é de longe o elemento majoritário no núcleo da terra, sendo que a crosta terrestre é constituída majoritariamente pelos elementos oxigênio, silício e alumínio. Mesmo assim, o elemento ferro é bastante abundante na crosta e é bastante comum encontrá-lo como óxido em rochas. As rochas são degradadas através de processos de intemperismo e desta forma ocorre à formação de solos, provocando a migração do ferro da rocha para o solo. O ferro presente no solo serve como nutriente essencial para algumas plantas. O elemento ferro chega até nós, seres humanos, pelo consumo de vegetais ricos em ferro ou carnes. A carência de ferro pode resultar em doenças graves para os seres humanos, sendo que a anemia ferropriva é uma doença diretamente relacionada à carência de ferro.

Sobre o uso do ferro nas atividades humanas, é sabido que inicialmente a humanidade utilizou do ferro metálico oriundo de

meteoros para construção de artefatos e ferramentas e foi somente por volta 1200 a.C. que a técnica de extração deste metal, a partir de seus minerais, passou a ser amplamente utilizada. Este período ficou conhecido como sendo a Idade do Ferro. Atualmente o aço é preferível ao ferro metálico e as ligas metálicas contendo aço e outros metais são usados para a produção de uma ampla gama de objetos e materiais que são utilizados desde os setores industriais até residenciais.

No Brasil, o minério de ferro é o principal mineral, e o País ocupa posição de destaque na extração e produção de ferro e aço. Mas, ainda há necessidade de maior investimento em educação, ciência e tecnologia a fim de agregar maior valor ao material oriundo dos minérios de ferro e criar uma nova identidade para o País que não seja apenas como exportador de matéria-prima. Também, deve-se atentar para questões de caráter social e ambiental atrelado à exploração de recursos minerais no País.

Por fim, dado que o tema contempla questões de atualidades política, econômica, socioambiental e tecnológica, entre outras, apesar de inicialmente o material (cartaz do ciclo do ferro) ter sido produzido como apoio às atividades em torno do terráreo, a expansão do tema pode apresentar potencial para realização de trabalhos com fins interdisciplinares.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Medeiros, M.A. **Ferro**. Química Nova na Escola, São Paulo, v.32, n.3, p.208-209, 2010.

[2] Rosa, A.H. Rocha, J.C. **Fluxos de matéria e energia no reservatório solo: da origem à importância para a vida**. Química Nova na Escola, São Paulo, n. 5, p. 7-17, 2003.

[3] Zanini, S.M.C. **Terrário um planeta em miniatura** (Material distribuído no CEEJA Jeanette A.G.A. Martins).

[4] Canto. E.L. **Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?** 2ª ed.São Paulo: Moderna, 2004.(Coleção Polêmica).

[5] Teixeira, Wilson. et al.(org). **Decifrando a Terra**, 2ªed.São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

- [6] Notas de aula Professor Fernando Galembeck, disponível em <http://www.fgg.igmm.unicamp.br/cursos.html>, acesso em 4 de dezembro de 2012.
- [7] Wikipédia, a enciclopédia livre, < <http://pt.wikipedia.org/>>, acesso de 5 de dezembro de 2012.
- [8] Souza, C.M. Origem, Estrutura e composição da Terra e a Tectônica de placas. Disponível no Site da UFP <[http://www.geologia.ufpr.br/graduacao/geologiageografia/indicegeologia geografia.html](http://www.geologia.ufpr.br/graduacao/geologiageografia/indicegeologia%20geografia.html)>, acesso em 5 de dezembro de 2012.
- [9] Souza, C.M. Solos. Disponível no Site da UFP <http://www.geologia.ufpr.br/graduacao/geologiageografia/formacaoetipodesolos.pdf>, acesso em 5 de dezembro de 2012.
- [10] Press, Frank. et al. **Para entender a Terra**. Traduzido por Menegat, R. (coordenador). Título original: "Understanding Earth." 4ªEd. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- [11] Osório, Mônica M. **Fatores determinantes da anemia em crianças**, Jornal de Pediatria, Porto Alegre/RS, vol. 78, nº4, p. 269 – 278, 2002.
- [12] Marzocco, A. Torres, B. B. **Bioquímica Básica**, 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- [13] Site Biomedicina Padrão
<<http://www.biomedicinapadrao.com/2011/12/hemoglobina-e-grupo-heme.html>>, acesso em 16 de fevereiro de 2013.