

As Tendências de Pesquisa de Gilbert Lewis: Um químico para além da Teoria das Ligações Químicas

Leonardo Lessa Pacheco[†]

Ivoni Freitas-Reis[‡]

Resumo

Gilbert Newton Lewis (1875-1946) foi um químico norte americano importante para o cenário mundial, visto que suas pesquisas, como o desenvolvimento de uma teoria que justificava a formação das ligações químicas, os estudos com os isótopos do hidrogênio, o desenvolvimento e o aprimoramento de uma teoria abrangente para ácidos e bases, a fugacidade e atividade, foram responsáveis por justificar o comportamento dos compostos orgânicos por meio de representações plausíveis, possibilitaram uma construção da relação de estabilidade eletrônica para os quânticos, ao final da década de 20 e início da década de 30 do século XX, além de potencializarem o entendimento em termodinâmica. Nessa perspectiva o objetivo do trabalho é mostrar de uma maneira ampla, o quão importante e vasto foi a obra de Lewis, a exemplo da construção do termo fugacidade para a físico-química. Foram consultadas as obras originais de Lewis e de alguns cientistas que conviveram diretamente com ele, mas também fontes secundárias que sustentaram nossa pesquisa. Desse modo, Lewis foi além da teoria do par compartilhado que justificou as ligações químicas, chegando a construir a termodinâmica de uma maneira acessível, levando-o a publicar um livro base em físico-química em 1923, ao qual foi reproduzido sem alterações até a década de 60.

1. Introdução

Gilbert Newton Lewis (1875-1946) nasceu nos Estados Unidos da América, durante a segunda metade do século XIX. Seu contato com as instituições de ensino formal foi tardio, foram os próprios pais que o instruíram em leitura e em álgebra.

Aos 09 anos se mudou para Lincoln, Nebraska. Joel Henry Hildebrand (1881-1983), colega de trabalho e amigo de Lewis, ao escrever o obituário de Gilbert assim se referiu aos anos que ele morou em Lincoln com seus pais no estado de Nebraska:

Aqui, durante vários anos, ele teve pouca escolaridade formal, desfrutando de uma vantagem que ele mencionou em seus últimos anos como tendo ocorrido frequentemente nas carreiras dos homens mais destacados do mundo, a de ter "escapado de alguns dos processos comuns de educação formal" (Hildebrand, 1947, p. 491).

O pai, Frank Wesley Lewis (1840-1910) lhe ensinou a matemática, sabemos pouco dele, apenas que escreveu um livro intitulado "*State Insurance*" que deu origem ao Seguro Social norte-americano, sendo formado em direito e especialista em seguros. Gilbert Lewis passou dois anos na escola preparatória da Universidade de Nebraska onde estudou até o ano de 1892, transferindo-se para Harvard College, aos 17 anos (Lewis, 1984).

[†] ICE-Química, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Para contatar o autor, por favor, escrever para: leoprofessordequimica@gmail.com.

[‡] ICE-Química, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Para contactar a autora, por favor, escrever para: ivonireis@gmail.com.

Depois de quatro anos Lewis bacharelou-se em Química em 1896 em Harvard, indo trabalhar por um ano na *Phillips Andover Academy*, retornando a Harvard para seu mestrado em artes em 1898 e o doutorado em Filosofia 1899 (Harris, 1999). Este último sob orientação de Theodore Willian Richards (1868-1928), Nobel em química de 1914. Juntos publicaram, em 1898, o seu primeiro artigo intitulado “*Algumas Relações Eletroquímicas e Termoquímicas das Amalgamas de Zinco e Cádmio*”.

No ano seguinte à sua tese, partiu para a Europa para completar seus estudos, em Leipzig com Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932), em 1900 e em 1901 esteve em Göttingen com Walther Hermann Nernst (1864-1941). Após esse tempo retornou a Harvard lecionando por três anos, até que se mudou para as Filipinas para ser Superintendente de Pesos e Medidas em Manila.

Enquanto estava lá, dedicou um bom tempo para se aprofundar nas ciências apesar de encontrar algumas situações precárias à pesquisa:

Seus pesquisas continuaram apesar das facilidades limitadas de Manila, onde seu estudo de decomposição de óxido de prata, em um termostato de alta temperatura controlado para um ou dois centésimos de grau e construído com um regulador de mercúrio improvisado que controlava um queimador de Bunsen, com a assistência de um telégrafo, torna-se um exemplo simples do seu desejo de investigar. (Giauque, 1947, p. 319).

Levou consigo um único livro, intitulado “*Theoretical Chemistry*”, de Nernst que segundo Gonçalves-Maia (2016) foi escolhido com o objetivo de procurar por possíveis erros.

Em 1905, Lewis regressou aos USA, a convite do MIT, no qual trabalhou em pesquisas sobre físico-química, durante sete anos. Noyes o dispensou da função de dar aulas passando a assumir responsabilidades administrativas, encorajando-o a dedicar-se exclusivamente à pesquisa (Harris, 1999).

Segundo Branch (1984), o período que Lewis esteve no MIT, de 1905 a 1912, correspondeu ao início de suas “grandes contribuições à termodinâmica” (p. 19) e se tornou famoso nos Estados Unidos e no restante do mundo, por seus trabalhos publicados em amplas áreas da química, inclusive no campo da relatividade.

Nesse ponto vale a pena destacar que Frederick George Donnan (1870-1956), fundador da “*Faraday Society*” o qual estudou o equilíbrio de membranas que corresponde ao transporte de materiais entre as células vivas e seus arredores (Freeth, 1957), aconselhou Gerald Eyre Kirkwood Branch (1886-1954) em 1912 a “aceitar uma oportunidade de ir à Califórnia para estudos de pós-graduação, porque achava que Lewis era o mais brilhante físico-químico da época” (Branch, 1984).

Nas palavras de Laidler (1995):

Entre 1900 e 1907 ele revolucionou a nova ciência da termodinâmica, em especial, com a introdução dos conceitos de fugacidade e atividade; seu livro sobre termodinâmica em 1923, com Merle Randall, é um clássico que permaneceu sendo publicado e foi muito usado por várias décadas (p. 190).

Para Hildebrand (1947), esses anos iniciais do século XX que coincidiram com o retorno de Lewis aos Estados Unidos em 1905 e seu consecutivo ingresso no MIT como pesquisador, sobre

liderança de Noyes, proporcionou a Lewis se juntar a um grupo notável de pesquisa em físico-química, estimulando-o em sua atividade científica, tornando seus resultados teóricos e experimentais “bem conhecidos dos físico-químicos em todo o mundo” (p. 491).

Em 1912, assumiu a direção da Faculdade de Química em Berkeley “sua reputação já havia chegado na Europa” (Calvin, 1984, p. 14). Ele aceitou o trabalho, assumindo a presidência do Departamento de Química e a direção do *College of Chemistry*. Lewis adotou uma postura na qual não separava a química em áreas específicas, deste modo todos produziam e debatiam em todas as áreas da química, instituindo desde o início da graduação, conferências semanais, nos quais, professores e estudantes encontravam-se para discutir o que estavam pesquisando (Hildebrand, 1947).

O meio século que terminou com a morte de Gilbert Newton Lewis será sempre considerado como um dos mais brilhantes na história das descobertas científicas e seu nome, está entre o mais alto na lista daqueles que o tornaram ótimo. A teoria eletrônica da valência química, o avanço da termodinâmica química, a separação dos isótopos que possibilitaram a utilização do deutério na transmutação artificial dos elementos, o desvendar dos complexos fenômenos de adsorção, fluorescência e fosforescência nos compostos orgânicos, estão entre as conquistas que jamais serão associadas ao seu nome. Os métodos que ele escolheu eram sempre simples e objetivos. [...] Ele foi um desses raros cientistas como J. J. Thompson e Rutherford, que também são grandes professores e líderes de uma escola, de modo que a sua influência é multiplicada pelos muitos que eles inspiraram (Hildebrand, 1947, p. 500).

Nessa perspectiva evidenciaremos, tal como a citação anterior, as importantes contribuições de Gilbert Lewis à química, um químico para além da teoria das ligações químicas.

2. Tendências de Pesquisa de Gilbert Newton Lewis

No início do século XX e final do século XIX, a físico-química ainda estava galgando terreno, porque existia na comunidade científica uma certa desavença entre físicos e químicos, quanto ao comportamento do elétron no átomo, visto que os elétrons atendiam as duas ciências de maneiras diferentes: para químicos, precisavam ser estáticos, enquanto para os físicos, eles ganhavam movimento com o advento da mecânica quântica e a reestruturação dos modelos atômicos (Kohler, 1975).

Desse modo, Lewis (1916) posicionou-se postulando que o átomo era formado por elétrons dispostos nas arestas de cubos concêntricos e que a ligação ocorreria com a sobreposição dos vértices desses cubos, com o objetivo de suprir o número de elétrons necessários para a estabilidade segundo a regra dos oito, ao qual indicava, que o átomo neutro possui uma camada externa com o mesmo número de elétrons do excesso de cargas positivas correspondentes aos números dos grupos da tabela periódica, podendo essa quantidade, variar de zero a oito.

Elétrons dispostos em círculos concêntricos, em constante movimento, seria um impecílio para o entendimento de sua teoria que justificava a formação da ligação química a partir do emparelhamento dos elétrons, provenientes de um modelo estático, chamado por ele de “átomo cúbico” (Lewis, 1916, p. 767).

Foi justamente nesse período que surge a figura de um exímio cientista, visto que, segundo Giauque (1947), os dois artigos publicados com a conclusão de sua tese de doutorado em 1899

“mostraram uma compreensão completa do poder do método termodinâmico na química que influenciaria muito no seu trabalho posterior” (p. 317).

Tal conclusão torna-se congruente com a visão de Jensen (2000), pois para ele, ao final de 1899, existia um distanciamento entre prática e teoria dentro da própria termodinâmica, a qual se encontrava dividida entre a teoria da energia livre, sustento para o conceito de equilíbrio e os dados relacionados as entalpias de formações e de reações entre as substâncias, bem como das leis para sistemas gasosos e soluções diluídas.

Lewis (1901) analisou a termodinâmica um pouco mais além, objetivando solucionar tais distanciamentos. Iniciou esse processo ao propor o conceito de fugacidade, chamando-o de “tendência de fuga” (p. 54), definido como a tendência que uma substância pura possui de, passar de uma fase para outra:

Ele acreditava que a fugacidade era um conceito tão fundamental quanto a temperatura. Assim como uma diferença de temperatura expressava a tendência do calor fluir, a fugacidade representava a tendência da massa de uma substância fluir de uma fase para outra (Coffey, 2008, p. 68).

Seu artigo teve como intenção construir uma base matemática mais sólida a termodinâmica e deixou bem claro como estava a situação da físico-química ao final do século XIX, conforme podemos perceber na citação abaixo:

A aplicação multifacetada da termodinâmica à físico-química nos últimos anos levou a um labirinto de expressões matemáticas que são desconcertantes para o iniciante e para os iniciados. A grande maioria dessas fórmulas de físico-química, baseiam-se não apenas nas duas leis da termodinâmica, mas também em algumas aproximações de leis empíricas e como regra, não são rigorosamente verdadeiras, mas são úteis na medida em que, o sistema amplamente considerado, não se desvia muito de certas condições ideais (Lewis, 1901, p. 49).

Lewis em 1907, ao publicar um artigo e introduzir uma nova variável termodinâmica, chamada de atividade, que na perspectiva de Coffey (2008), era apenas um rebatismo do termo concentração, ao qual Lewis julgava ser essencial para o entendimento físico-químico dos comportamento dos eletrólitos fortes, faz uma queixa semelhante.

No artigo afirmou que ao longo do desenvolvimento da teoria termodinâmica em química, foram construídos dois métodos essenciais para as pesquisas, um baseado na entropia e outros na identificação de processos cíclicos. Sobre o segundo, afirmou que era o mais plausível e utilizado nos livros textos,

No entanto, a aplicação desse método não tem sido sistemática e muitas vezes é inexata, e produziu um grande número de equações desconectadas, em grande parte, de uma maneira aproximada. [...] Como exemplo podem ser citados; a lei da massa, a lei da mudança de solubilidade com a temperatura, a lei da diminuição de vapor por um soluto, a lei de Nernst para a força eletromotriz a partir da concentração na célula e muitas outras generalizações importantes. É provável que nenhuma dessas leis sejam estritamente verdadeiras (Lewis, 1907, pp. 259-260).

Na perspectiva de Kenneth Sanborn Pitzer (1914-1997) que publicou um artigo sobre a influência de Lewis na termodinâmica e no estudo da força de algumas soluções eletrolíticas em 1984, “a termodinâmica clássica (excluindo a terceira lei) foi bem estabelecida em 1900, quando Lewis entrou em campo” (p. 104). “Um dos antigos alunos de pós-graduação disse que nunca entendeu

completamente entropia até ouvir Lewis definir a entropia de um sistema como algo que não sabemos sobre ele” (Branch, 1984, p. 20).

Segundo Bravo e Vergara (2004), Lewis foi “treinado em seu doutorado” (p. 83) por Richards para fazer medições cuidadosas a partir de técnicas experimentais” e acreditam que foi segundo esse aspecto que surgiu seu grande interesse na termodinâmica e “sem as suas contribuições o ensino de química não seria o mesmo” (p. 83).

No estudo dos eletrólitos, definido por Agostinho *et al* (2004) como soluções que, contém íons dissociados e possuem um maior potencial para conduzir eletricidade, do que o solvente puro, Pitzer (1984), reforçou a assertiva anterior, afirmando que em 1912, Lewis propôs uma solução na qual descreveu o comportamento dos eletrólitos fortes em soluções diluídas.

Junto com Randall em 1921 publicou: “*The activity coefficient of strong electrolytes*” e que somente foi amplamente aceito em 1923, com as contribuições de Peter Joseph Wilhelm Debye (1884-1966) - Nobel de Química em 1936 - e Erich Armand Arthur Joseph Hückel (1896-1980).

Podemos perceber a tamanha capacidade de Lewis de se colocar a frente das questões e com a citação a seguir, queremos evidenciar que a solução para a questão sobre os eletrólitos fortes diluídos foi proposta por Lewis: “veremos que muitas das relações quantitativas, bem como os conceitos, foram estabelecidos por Lewis e associados e por Brönsted” (Pitzer, 1984, p. 105).

Na conclusão do seu artigo, Pitzer (1984) escreveu:

Esse artigo em particular também pode ajudar a lembrar as gerações posteriores, das grandes contribuições de Lewis à quase completa compreensão e representação empírica do comportamento peculiar de eletrólitos fortes antes da teoria de Debye e Hückel (p. 107).

Aqui vale a pena resgatar uma outra atuação de Lewis, já que o modelo do compartilhamento eletrônico foi proposto por ele em 1902, como tentativa de explicação para as características obtidas dos compostos não polares, num manuscrito que não foi publicado, embora tenha sido retomado no seu artigo de 1916 e no livro “*Valence*” de 1923.

Em termos do Currículo criado por Lewis para a faculdade de química em relação a físico-química, Branch (1984) destacou: “Numa época em que muitos departamentos de química do país não possuíam cursos de Termodinâmica, a Califórnia tinha dois” (p. 19) e destacou também a importância de que o professor da faculdade era frequentemente aluno de pós-graduação o que, pôde contribuir por diminuir o distanciamento entre professor-aluno, já que os dois se colocavam na condição de aprendizes, conforme percebemos na citação abaixo:

O objetivo de levar o aluno a pensar por si mesmo foi alcançado pela livre discussão entre o aluno, o professor e o grande uso de problemas. O valor do primeiro provavelmente foi aumentado pela circunstância de que o professor era frequentemente aluno de pós-graduação. O aluno de pós-graduação geralmente não é tão instruído quanto o professor, mas o aluno é menos tímido com seu instrutor quando este é aluno de pós-graduação. Pode-se notar que tal contato entre estudante de graduação e de pós-graduação é educacional para ambas as partes (Branch, 1984, p. 19).

Aproximadamente na primeira década do século XX, devido aos esforços de Thompson, Abegg e do grupo de pesquisa de Lewis no MIT, já sabia que todos os átomos tinham uma partícula negativa chamada de elétron, em seu interior e possuía uma segunda partícula, com massa bem maior e com

carga exatamente contrária e que a transferência eletrônica entre os átomos, causava uma força de atração capaz de uni-los (Stranges, 1984).

Em 1913 Lewis publicou um artigo relacionado a teoria de Valência e dedicou seu tempo para esclarecer as diferentes propriedades entre os compostos apolares e polares. Três anos mais tarde, em 1916, propôs a teoria do par compartilhado justificando-a com base numa nova estrutura atômica, na qual os elétrons se situavam nos vértices de um cubo, chamando as órbitas propostas pelo primeiro, dos três artigos publicados por Bohr em 1913, de conchas (Riveros, 2013).

A aproximação de Lewis sobre a forma como os átomos se combinam para formarem as substâncias, culminou com seu livro intitulado “Valence” em 1923. Nesse aspecto devemos destacar sua atração também pelos átomos de elementos denominados isótopos.

Ao final da década de 20 do século XX, Berkeley se tornou um grande centro de pesquisas na separação de isótopos: no Departamento de Física foram descobertos os isótopos pesados de carbono e nitrogênio por Raymond Thayer Birge (1887-1980), William Francis Giaque (1895-1982) os isótopos pesados do oxigênio e no departamento de Biologia em 1930, foi relatada uma experiência mal sucedida de isolar os isótopos do cloro (Bigeleisen, 1984).

Estabeleceu laços estreitos com o Departamento de Física de Berkeley que era considerado um centro de espectroscopia e de física nuclear e no Departamento de Química os campos ativos eram:

Calorimetria de baixa temperatura, desmagnetização adiabática, termodinâmica de soluções de eletrólitos e não eletrólitos, condutividade elétrica de soluções iônicas, células eletroquímicas, ciência nuclear, fotoquímica, espectroscopia, magnetoquímica, química inorgânica e físico-química orgânica (Bigeleisen, 1984, p. 108).

Foram 26 artigos publicados em relação ao isótopo do Hidrogênio num período de 3 anos, de 1933 a 1934 com questões variadas, desde sua simples divulgação (Lewis, 1933), bem como a emissões de partículas alfa em materiais bombardeados por esse isótopo (Lawrence *et al.*, 1933), até medições de condução de eletricidade em soluções de ácido acético deuterados (Lewis & Schutz, 1934).

Outra contribuição importante de Lewis para a físico-química, foram os princípios revelados para a comunidade científica sobre os estados triplos (tripletos) das moléculas, evidenciados pela fosforescência surgida quando dois elétrons de mesmo spin se encontram em orbitais diferentes. Tais pesquisas foram publicadas nos seus dois últimos anos de vida e segundo Kasha (1984), possuíam um objetivo claro: “ter um profundo efeito no desenvolvimento subsequente da espectroscopia molecular e da fotoquímica” (p. 204), devido as medidas paramagnéticas deste estado.

Michael Kasha (1920-2013), foi o único orientando de doutorado de Lewis que veio a trabalhar com ele, cumpriu suas horas de doutorado num período de 7h a 12h aos sábados e domingos, porque no mesmo ano que foi para Berkeley, em 1943, teve que se mudar para o distrito de Manhattan pois foi convocado a servir no Projeto de Plutônio que exigia uma dedicação de 65h semanais sob pressão, devido a Segunda Guerra Mundial (Hochstrasser & Saltiel, 2003).

De um modo geral a pesquisa de Lewis com Kasha, levou a possibilidade que, algumas moléculas, que possuem em sua estrutura elementos de baixo número atômico, como O, N e C, se apresentam com elétrons em orbitais degenerados chamados de antiligantes, possuindo dois elétrons desemparelhados. Desse modo, elas não fecham o modelo cúbico de emparelhamento eletrônico, como no gás oxigênio, molécula diatômica e etileno, conhecido como eteno $H_2C=CH_2$. Segundo Lewis, essa característica poderia ser apreciada com o surgimento de uma fosforescência ao serem expostos a um espectrômetro (Kasha, 1984).

Gilbert Newton Lewis, fez uma intensa revisão da teoria que envolve a dissociação iônica, estudando concentração das soluções, efeito na força eletromotriz dessas soluções, viscosidade, condutibilidade elétrica dos eletrólitos e determinação da energia livre para os compostos em soluções. Uma delas com um título bem inusitado: “*The use and abuse of the ionic theory*”, publicado na *Science* em 1909, no qual critica alguns resultados trazidos anos antes por Svante August Arrhenius (1859-1927).

Fazendo um apanhado bibliográfico dos trabalhos publicados por Lewis conseguimos determinar que na eletroquímica ele determinou a força eletromotriz para eletrodos de Oxigênio (O) em 1906, ferrocianetos $[Fe(CN)_6]$ em 1909, Tálcio (Th) em 1910, Sódio (Na) em 1910, Cloro (Cl) em 1911, Potássio (K) em 1912, Lítio (Li) em 1913, Rubídio (Rb) em 1915, Bromo (Br) em 1917 e Hidrogênio (H) em 1917.

Adentrou na mecânica quântica e na teoria da relatividade. Nesse aspecto, foram ao todo publicados dezoito trabalhos com assuntos que variam, desde a análise da Teoria da Relatividade e da mecânica não-Newtoniana em 1909, artigos de revisão que envolviam relações numéricas das distribuições de Maxwell, de 1914-1915 e análise dos momentos magnéticos de alguns compostos, destacando aqui o artigo de 1924 sobre a molécula de O_4 , no qual definiu por meio de experimentos e interpretações matemáticas que tal composto era encontrado em equilíbrio à molécula paramagnética do O_2 (Lewis, 1924).

Ainda em relação a esse interesse de pesquisa de Lewis e para exemplificar a abrangência das ideias de Lewis em suas pesquisas, vale destacar que forjou o termo fótons em uma carta enviada ao editor da revista *Nature* e se referiu a um “novo átomo, ou entidade, dotado da capacidade de transportar energia radiante” (Lewis, 1926, p. 874).

Aos nove anos de idade, Lewis mudou-se para Lincoln, Nebraska, onde seus pais escolheram se recolher da cidade e morar na periferia. Foi nesse momento, que seu interesse pela natureza aumentou, se encantando de uma maneira bem peculiar pelos pássaros (Gonçalves-Maia, 2016).

Tal preocupação com a natureza, influenciou inclusive o processo de construção de conhecimento científico de Lewis, já que, conforme estamos observando, ele não mediu esforços no desenvolvimento das áreas gerais da química e demonstrou, ao longo de todos os seus 166 trabalhos publicados, sendo três livros, um enorme interesse pela química como um todo. Dois trabalhos exemplificam muito bem essa originalidade de Lewis e seu interesse pelos sistemas naturais e o meio ambiente:

- i. *The chemistry of the stars and the evolution of radioactive substances*, 1922.
- ii. *Natural radioactivity and the origin of species*, 1928.

No primeiro, Gilbert foi praticamente poético ao se referir sobre os fenômenos químicos que ocorrem nas estrelas. O seu modo de escrever nos chama atenção ao seu interesse pelo assunto, conforme exposto no fragmento abaixo:

Enquanto o laboratório oferece meios de investigar apenas um pequeno intervalo de condições sob as quais ocorrem as reações químicas, experimentos de enorme significado estão sendo realizados nos grandes laboratórios das estrelas (p. 309).

Esse artigo de Lewis consistiu em verificar se as reações estelares fornecem indícios que justificam as transmutações dos elementos ou se fornecem indícios para justificar a formação dos elementos radioativos por meio de duas metodologias: espectroscopia, técnica que muito lhe interessava e que justificou as publicações em relação a natureza da luz, conforme percebemos por suas publicações em mecânica quântica (Kasha, 1984) e por meio da análise de meteoritos disponíveis.

Nesse trabalho de 1922 sobre a Química das Estrelas, Lewis foi um pouco além do tema, e proporcionou rapidamente um momento de reflexão sobre a prática científica. Argumentou que os cientistas observam um determinado fenômeno e extrapolam suas considerações para demais observações, acreditando que estas generalizações observadas em um único caso, podem ser consideradas para outras transformações semelhantes.

Gilbert pediu atenção para essas formulações e orientou os cientistas em sua prática, visto que ele mesmo, publicava suas evidências após longos períodos de discussões entre os colegas nas conferências semanais de Berkeley (Calvin, 1984).

Na citação a seguir conseguimos entender a preocupação de Lewis e sua respectiva orientação aos pesquisadores:

A verdadeira cautela científica não consiste em se recusar a aceitar um número simplesmente porque ele é grande, mas consiste em pesar todas as evidências disponíveis e determinar nossas crenças atuais apenas com base nessas evidências (Lewis, 1922, p. 312).

Ao comparar a variação de temperatura no centro da terra, com temperaturas de processos reacionais medidos em laboratórios, Lewis afirmou que em temperaturas muito altas “as substâncias complexas são transformadas em substâncias mais simples, as substâncias mais simples nos elementos, os elementos de formas poliatômicas para monoatômicas” (Lewis, 1922, p. 315).

Como os átomos de elementos perdiam suas características em altas temperaturas, Lewis chegou à conclusão que tamanha energia não seria fundamental para a formação dos elementos radioativos e propôs que deveria ser uma forma de energia totalmente nova e desconhecida, presente no universo, a responsável pela gênese desses elementos.

No segundo trabalho intitulado: “*Natural radioactivity and the origin of species*”, publicado na “*Nature*”, em 1928, Lewis evidenciou que ao incidir uma radiação de alta energia em um tecido vivo da folha de Tabaco, os efeitos biológicos causados são diretamente proporcionais a frequência da radiação, ou seja, da ionização que eles causam.

Sendo assim Lewis reforçou a influência do meio no processo de selecionar os tipos de indivíduos, propondo inclusive uma intervenção humana para regular os depósitos radiativos próximos as plantações de Tabaco na Tailândia.

Conforme podemos perceber, a intervenção de Lewis ao final da década de 20, relaciona-se diretamente aos princípios da Química Verde, já que refletiu uma preocupação com o meio ambiente. Chamamos atenção em relação aos destacados em negrito na citação acima ao primeiro, que é a prevenção, em relação aos males causados pelos produtos radioativos e à síntese de compostos de menor toxicidade.

Segundo Shaik (2007), para a teoria da ressonância evidenciou que o hidrogênio ionizável de um ácido carboxílico pertence simultaneamente aos dois oxigênios da carboxila e propôs um novo conceito mais amplo para ácidos e bases (Lewis, 1938).

Em relação às ciências humanas, segundo os escritos de Hildebrand (1947) e de Gonçalves-Maia (2016), que deixaram claro que Lewis era um excelente administrador no cargo de diretor da Faculdade de Química de Berkeley, acreditamos que talvez seja por isso, que tenha se aventurado à economia ao publicar o artigo intitulado: “*A Plan for Stabilising Prices*” em 1925.

Em 1925 Gilbert Lewis foi convidado a lecionar durante o ano palestras relacionadas a um tema “não-dogmático e teologicamente imparcial” (Gonçalves-Maia, 2016, p. 52), apresentando como título para as *lectures*: “A Anatomia da Ciência”, na qual discorreu sobre as formas de produção de conhecimento em ciências e sobre temas como vida e inteligência (Lewis, 1926).

3. Conclusões

Por tudo isso, podemos perceber que Lewis mesmo tendo recebido destaque pela sua Teoria do Par de Elétrons Compartilhado, esteve envolvido em trabalhos de grande relevância para a química, física e até para a biologia. Aproximou-se da matemática e da física ao se interessar pela termodinâmica, relatividade, mecânica quântica e estatística. Da filosofia e sociologia ao publicar em 1926 o livro intitulado “*The Anatomy of Science*”, como consequência de ter ministrado em 1925 as “*Lectures*” em Yale.

Suas linhas de pesquisas foram diversas e suas contribuições relevantes em toda a química, como por exemplo, a teoria das ligações covalentes, o vínculo químico (conceito que foi amplamente discutido e que remete ao par de elétrons), a noção da importância dos pares de elétrons livres das ligações químicas, a reformulação dos conceitos de ligações polares e apolares possibilitando a aplicação da termodinâmica na química orgânica.

Entretanto, devemos orientar que mais pesquisas devam ser realizadas para garantirmos o caráter de Lewis como professor, visto que, pela intensa revisão realizada pouco sabemos sobre sua prática em sala de aula, já que ficaram restritas apenas as conferências semanais realizadas na própria Faculdade de Química e às orientações de pesquisas dos seus pós-graduandos.

Acreditamos que essas foram as principais contribuições de Lewis à ciência de um modo amplo. Podemos perceber com o discutido acima que Gilbert Newton Lewis não impôs limites à sua originalidade contribuindo de forma universal com a química.

Essa perspectiva de fazer ciências sem limites indica o tamanho do seu potencial porque se adentrou em outros ramos da ciência, não economizando esforços mentais para propagar suas teorias e resultados de suas pesquisas.

Bibliografia

- Agostinho, S. M. L., Villamil, R. F. V., Neto, A. A. & Aranha, H. O. Eletrólito Suporte E Suas Múltiplas Funções Em Processos De Eletrodo. *Química Nova* **27** (5): 813-817, 2004.
- Bigeleisen, J. *Gilbert N. Lewis and the Beginnings of Isotope Chemistry*. *Journal of Chemical Education* **61** (2): 108-116, 1984.
- Branch, G. E. K. Appendix: Gilbert Newton Lewis, 1875-1946. *Journal of Chemical Education* **61** (1): 18-21, 1984.
- Bravo, M. Y. R. & Vergara, E. G. Gilbert Newton Lewis. *Educación Química – Línea de Vida* **15** (1): 82-83, 2004.
- Calvin, M. Gilbert Newton Lewis: His Influence on Physical-Organic Chemists at Berkeley. *Journal of Chemical Education* **61** (1): 14-18, 1984.
- Coffey, P. *Cathedrals of science, The Personalities and Rivalries That Made Modern Chemistry*. New York: Oxford University Press, Inc. 2008.
- Freeth, F. A. Frederick George Donnan, 1870-1956. *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* **3**: 23-39, 1957.
- Giauque, W. F. *Biographical Memoirs*. Philadelphia: George H. Buchanam Co., 1947.
- Gonçalves-Maia, R. *Lewis*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- Harris, H. H. A Biography of Distinguished Scientist Gilbert Newton Lewis. *Journal Chemical Education* **76** (11): 1487, 1999.
- Hildebrand, J. H. Gilbert Newton Lewis. 1875-1946. *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society* **5** (15): 491-506, 1947.
- Hochstrasser, R. & Saltiel, J. Research Career of Michael Kasha. *The Journal of Physical Chemistry A* **107** (18): 3161-3162, 2003.
- Jensen, W. B. Gilbert Newton Lewis: 1875-1946. *Encyclopedia Britannica on Line*, 2000. Acessado no dia 07 de setembro de 2018: <http://www.che.uc.edu/>.
- Kasha, M. The Triplet State: an Example of G. N. Lewis' Research Style. *Journal Chemical Education* **61** (3): 204-215, 1984.
- Kohler, R. E. Jr. G. N. Lewis's Views on Bond Theory 1900-16. *The British Journal for the History of Science* **8** (3): 233-239, 1975.
- Laidler, K. J. Lessons from the History of Chemistry. *Accounts of Chemical Research* **28** (4): 187-192, 1995.
- Lawrence, E. O., Livingston, M. S. & Lewis, G. N. The Emission of protons from various Targets Bombarded by Deutons of High Speed. *Physical Review* **44** (1): 56, 1933.
- Lewis, G. N. The Law of Physico-Chemical Change. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* **37** (3): 49-69, 1901.

- Lewis, G. N. Outlines of a New System of Thermodynamic Chemistry. *American Academy of Arts & Sciences* **43** (7): 259-293, 1907.
- Lewis, G. N. The Atom and The Molecule. *Journal of the American Chemical Society* **38** (4): 762-786, 1916.
- Lewis, G. N. The Chemistry of the Stars and the Evolution of Radioactive Substances. *Astronomical Society of the Pacific* **34** (202): 309-319, 1922.
- Lewis, G. N. *Valence and the Structure of Atoms and Molecules*. New York: The Chemical Catalog Co., 1923.
- Lewis, G. N. The Magnetism of Oxygen And The Molecule O₄. *Journal of the American Chemical Society* **46** (9): 2027-2032, 1924.
- Lewis, G. N. *The Anatomy of Science*. New Haven: Yale University Press, 1926.
- Lewis, G. N. The symmetry of time in physics. *Science* **71** (1849): 569-577, 1930.
- Lewis, G. N. The Isotope of Hydrogen. *Journal of the American Chemical Society* **55** (3): 1297-1298, 1933.
- Lewis, G. N. & Schutz, P. W. The Ionization of Some Weak Electrolytes in Heavy Water. *Journal of the American Chemical Society* **56** (9): 1913-1915, 1934.
- Lewis, G. N. Acids and Bases. *Journal of the Franklin Institute* **226** (3): 293-313, 1938.
- Lewis, R. N. A Pioneer Spirit from a Pioneer Family. *Journal of the Chemical Education* **61** (1): 3-4, 1984.
- Olson, A. R. & Lewis, G. N. Natural Radioactivity and the Origin of Species. *Nature* **128** (3052): 673-674, 1928.
- Pitzer, K. S. Gilbert N. Lewis and the Thermodynamics of Strong Electrolytes. *Journal of Chemical Education* **61** (2): 104-107, 1984.
- Riveros, J. M. O Legado de Niels Bohr. *Química Nova* **36** (7): 931-932, 2013.
- Shaik, S., The Lewis Legacy: The Chemical Bond - A Territory and Heartland of Chemistry. *Journal of Computational Chemistry* **28** (1): 51-61, 2007.
- Stranges, A. N. Reflections on the Electron Theory of the Chemical Bond: 1900-1925. *Journal of Chemical Education* **61** (3): 185-190, 1984.