

Réplica do Primeiro Contador de Energia

Parte I – Introdução

Depois do sucesso alcançado pelo inglês Joseph Swam por ter desenvolvido as primeiras lâmpadas elétricas funcionais, [ver aqui a história da lâmpada elétrica](#), Edison interessou-se pelo mercado de iluminação elétrica e, em 1878, começou a trabalhar no desenvolvimento de lâmpadas elétricas. Edison dispunha de dínamos que geravam a tensão contínua de 110 V e precisava de lâmpadas de alta resistência elétrica para as poder ligar diretamente aos seus dínamos. As lâmpadas seriam ligadas em paralelo em vez de serem ligadas em série, como era usual fazer com as lâmpadas de baixa resistência elétrica. Com a ligação em série das lâmpadas, se uma lâmpada avariasse, todas as outras ficariam inativas. Em 1879, Edison realizou a sua primeira lâmpada de elevada resistência elétrica e, em 1881, iniciou o mercado de fornecimento de iluminação elétrica. O objetivo de Edison era iluminar instalações industriais e grandes escritórios com as suas lâmpadas que, na época, tinham um consumo elevado (cerca de 100 W) e davam uma luz amarelada, que não era muito forte. Edison cobrava a instalação elétrica e o fornecimento das lâmpadas. Mas para cobrar o consumo de energia elétrica precisava de um contador da energia elétrica consumida pelos seus clientes.

Edison sabia que a energia é o produto da potência consumida pelo intervalo de tempo de consumo. A potência é o produto da tensão (110 V) pela intensidade da corrente. Sendo assim, a energia acaba por ser o produto da tensão pela corrente e pelo intervalo de tempo, ou seja é o produto da tensão pela carga elétrica fornecida ao consumidor. Edison recorreu à Lei de Faraday da galvanoplastia, que nos diz que a quantidade de condutor depositado numa célula de galvanoplastia é proporcional ao produto da intensidade pelo tempo (ou seja, é proporcional à integração da corrente no tempo). Este raciocínio consubstancia a ideia de Edison para a contagem da energia que poderia, então, ser proporcional à quantidade de material condutor transportado na galvanoplastia realizada numa pequena célula eletroquímica.

Edison submeteu a sua primeira patente de medidor de energia (n. 251545) em 20 de março de 1880 e logo de seguida submeteu uma segunda patente, em outubro de 1880, que foi a primeira patente a ser oficialmente aprovada (em abril de 1881, [ver primeiros medidores de energia](#)). O seu primeiro medidor de energia elétrica consumida “Chemical Meter” ou “WebMeter” foi registado em dezembro de 1881, Fig. 1.



Fig. 1- Primeiro Contador de energia / Edison's First Energy Meter.

Na feira mundial de Louisiana USA, em 1904, a General Electric apresentou uma fotografia deste contador, a preto e branco, cuja cópia está no Museum of Innovation & Science, USA.

Nas patentes dos contadores de energia de Edison, a corrente elétrica contínua consumida pelo utilizador passava por uma resistência elétrica de baixo valor onde desenvolvia uma pequena queda de tensão contínua (1 V ou menos), sendo esta tensão usada para alimentar a célula de galvanoplastia. A corrente que passava na célula era uma pequena amostra da corrente consumida pelo utilizador (1 % a 2 % da corrente consumida).

Nas primeiras células Edison, usava como eletrólito uma solução de sulfato de cobre e dois elétrodos de cobre: um eletrodo cilíndrico de cobre com um diâmetro grande, ligado ao polo positivo da célula, e uma placa de cobre ligada ao eletrodo negativo. A pequena corrente contínua que atravessava a célula de galvanoplastia fazia aumentar o peso da placa de cobre e diminuía o peso do eletrodo cilíndrico.

Edison construiu a sua primeira estação geradora de energia na Pearl Street de Nova Iorque, EUA, em setembro de 1882. Os primeiros fornecimentos de energia foram medidos pelo seu “Chemical Meter”.

De tempos a tempos, um funcionário de Edison, munido de uma balança de precisão, ia pesar a placa de cobre e a partir do incremento de peso desta placa estimava qual tinha sido o valor do consumo do utilizador (em Watt-hora). Este processo estava sujeito a muitos erros e rapidamente gerou a desconfiança dos utilizadores que, além do mais, não tinham a capacidade de monitorizar o seu consumo de energia. Para melhorar as estimativas de consumo, Edison estudou várias alternativas a este contador inicial, uma das quais consistiu na célula de galvanoplastia ter duas placas semelhantes de cobre, onde placa ligada ao polo positivo diminuía de peso e a ligada ao polo negativo aumentava de peso, da mesma quantidade. Assim, as medidas do peso das duas placas poderiam servir para confirmar o resultado final do consumo.

A mente criativa de Edison proporcionou o desenvolvimento de [várias melhorias](#) neste medidor de energia, mas as reclamações dos clientes não paravam e Edison esteve mais de um ano sem poder cobrar o consumo de energia dos seus utilizadores. Um dos problemas que Edison teve de enfrentar foi o efeito da temperatura na célula de galvanoplastia, pois o inverno frio em Nova Iorque conduzia à alteração das propriedades de condutibilidade da célula de galvanoplastia.

São conhecidas versões do contador químico de Edison com duas células de galvanoplastia, como um exemplar de 1882, que se encontra no National Museum of American History, USA, e que está representado na Fig. 2. As dimensões deste aparelho são de 38,1 cm de altura, 34,29 cm de largura e de 13,97 cm de profundidade



Fig. 2- Contador químico de Edison com 2 células de galvanoplastia.

Em 1880, [Elihu Thomson](#), concorrente de Edison desenvolveu um medidor de energia eletroquímico que funcionava melhor do que o de Edison. A principal diferença era que o de Thomson usava um eletrólito diferente (sulfato de zinco) mas, na prática, produzia resultados mais fiáveis do que o de Edison. Edison, desesperado, chegou a comprar contadores a Elihu Thomson. Mais tarde as companhias de Edison e de Thomson acabariam por formar a nova empresa denominada General Electric.

Em julho de 1888, Thomson acabaria por ditar a morte dos contadores químicos de energia ao criar e patentear o [Thomson Recording Wattmeter \(RTW\)](#). Este contador é baseado num motor de corrente contínua cujo campo magnético indutor é criado por 2 bobinas percorridas pela corrente consumida pelo utilizador (ou uma amostra desta) e o induzido é alimentado por uma corrente derivada da tensão de alimentação contínua, que é limitada por uma resistência em série. O binário de força gerado por este motor é proporcional ao produto da tensão de alimentação pela corrente consumida. A velocidade de rotação do motor é estabilizada por um travão eletromagnético cujo binário é proporcional à velocidade. O travão eletromagnético é constituído por um disco de cobre que é acionado pelo motor e que roda num campo magnético constante gerado por ímanes permanentes.

Curiosamente este travão eletromagnético é também um resultado da lei de indução de Michael Faraday, que assim acabou por ficar ligado aos dois primeiros contadores de energia realizados cerca de 50 anos mais tarde.

A velocidade de rotação do motor é proporcional à potência consumida e o motor aciona um mecanismo de relojoaria que conta o número de voltas do motor (faz a integração da velocidade de rotação, ou seja, da energia consumida).

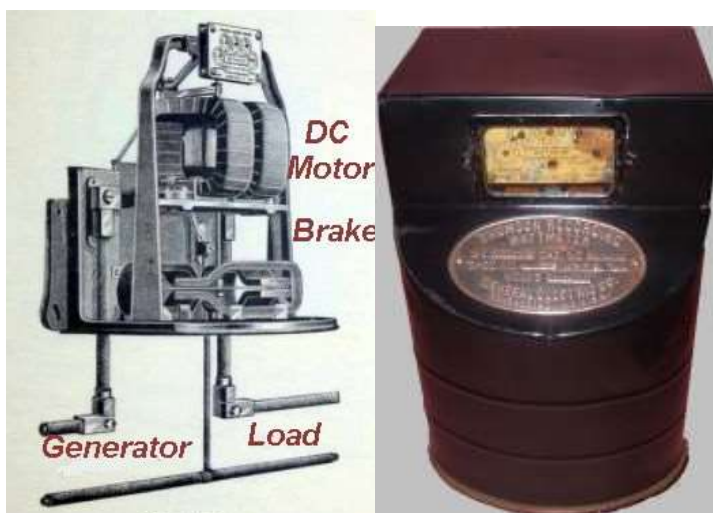


Fig. 3 - O contador eletromecânico [Thomson Recording Wattmeter](#).

No Museu Faraday do IST pode encontrar vários exemplos de contadores eletromecânicos de energia de corrente contínua, alguns dos quais estão representados na Fig. 4 onde pode observar vários pormenores de construção. Todos eles usam o princípio do contador de Thomson.



Fig. 4- Museu Faraday: contadores de energia contínua usando o princípio de Ehlui Thomson.

Parte II - Réplica do Primeiro Contador de Energia

Desde 2015 que tínhamos a intenção fazer uma réplica do primeiro contador químico de energia no Museu Faraday pois ele baseava-se em princípios que foram descobertos por Michael Faraday sobre as técnicas de galvanoplastia. Em parte

devido ao confinamento provocado pela pandemia do Covid 19, em 2021, surgiu a oportunidade de construir esse contador de energia.



Fig. 5 – Réplica do Medidor de Energia Químico de Edison.

Apresenta-se na Fig. 5 uma fotografia do contador químico desenvolvido por nós e que é uma réplica do primeiro contador de energia de Edison.

A célula de galvanoplastia foi realizada com um copo de vidro, de modo semelhante ao que usou Edison, mas que é mais curto e mais largo (Fig. 6). Resolvemos fazer a versão de duas placas (elétrodos) de cobre com igual dimensão (cerca de 25 cm² de área) ligadas a dois varões de latão em que o mais comprido é para ligar ao polo positivo e o mais curto é para ligar ao polo negativo, tal como Edison procedeu para os diferenciar. O eletrólito original é uma solução aquosa de sulfato de cobre mas n nossa versão usámos água com uma anilina azul dissolvida para imitar a célula original e não termos ácidos presentes (não faremos galvanoplastia das placas). No contador original com a passagem de corrente contínua na célula durante um intervalo de tempo T, ver texto introdutório, a placa da direita aumentaria de peso e a da esquerda diminuiria da mesma quantidade. A variação de peso é proporcional à carga elétrica ($I \times T$) que passou na célula e esta é proporcional à energia consumida pelo cliente.



Fig. 6- Célula de galvanoplastia.

O contador que realizámos é constituído por dois módulos que estão incluídos numa caixa de madeira semelhante à usada por Edison. O módulo A (Fig. 7a) encontra-se representado e é uma réplica do módulo básico funcional do contador químico original de Edison. O módulo B (Fig. 7b) é uma interpretação da [patente nº 5 de Edison \(n. 251558\)](#) que visava dotar o seu contador químico com a possibilidade de suportar temperaturas negativas do ambiente à volta do contador, como as que ocorrem no inverno em Nova Iorque. O módulo B pode ser retirado do interior do contador, de modo a este ser parecido com o contador original, que não incluía os circuitos propostos nesta patente. Nalguns protótipos, Edison usou resistências de aquecimento do ambiente dentro do contador, uma resistência em forma de espiral obtida a partir de cartão carbonizado. Noutros protótipos, Edison usou uma das suas lâmpadas elétricas como

aquecedor. Estas inovações constam do módulo B e, tanto quanto julgamos saber, foram patenteadas mas nunca foram realizadas por Edison, pois a falta de fiabilidade deste contador obrigaram-no a procurar alternativas.



Fig. 7 – a) Módulo A da réplica do contador químico; b) Módulo B

No módulo B, Fig. 8, existem duas simulações dos mecanismos de aquecimento do ambiente dentro do contador: uma resistência de carbono simulada e uma lâmpada elétrica real de Edison. Existe ainda um termostato simulado, constituído por uma espiral bimetálica que atua como sensor e atuador do sistema de controlo de temperatura. A espiral é feita de duas lâminas metálicas (de alumínio e de ferro) enroladas em paralelo e com as extremidades cravadas. Uma das extremidades da espiral liga ao polo negativo da tensão da rede e a outra extremidade fica livre, deslizando numa estrutura provida de contactos elétricos. A diferença entre os coeficientes de dilatação linear com a temperatura destes dois metais é de cerca de $12 \text{ } \mu\text{m}^{-1}\text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, valor que é suficiente para a extremidade livre da espiral se deslocar e ligar o contacto da resistência de carbono e até ligar o contacto da lâmpada de Edison (para casos extremos de temperaturas baixas).

O módulo B necessita da tensão contínua de 110 V para funcionar mas o módulo A apenas usa a corrente consumida pelo cliente e deverá ser ligado à linha positiva da rede de energia contínua ligado em série com a instalação do consumidor. O fio de retorno (ligado ao polo negativo da rede) não precisava de passar pelo contador. No caso de existir o módulo B, a linha de potencial mais baixo da rede de alimentação (polo negativo) necessita de passar pelo contador, para alimentar o módulo B.

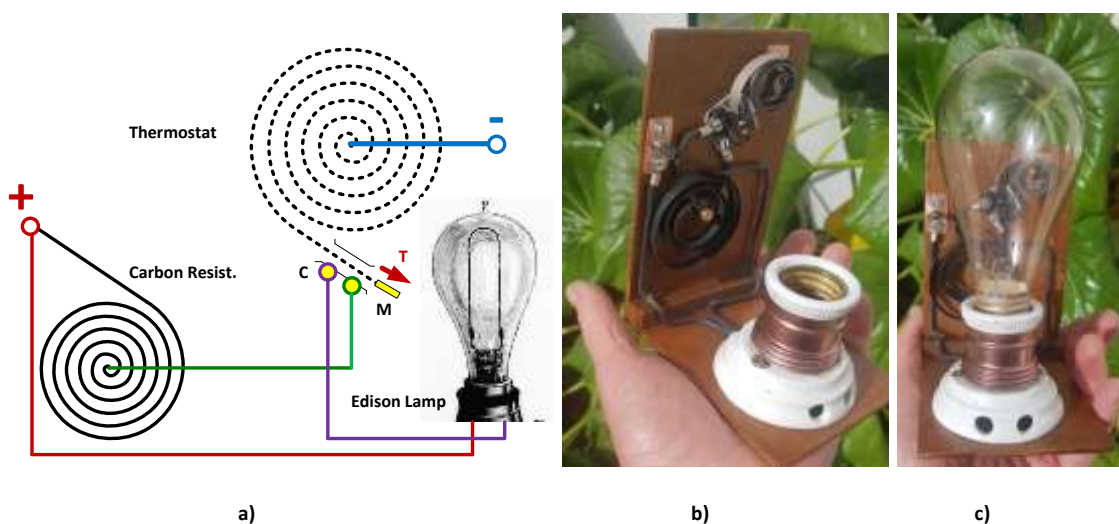


Fig. 8 - Módulo B: a) esquema; b) vista sem lâmpada e c) vista completa.

Depois de construída a réplica do contador químico de energia, verificámos que a madeira “envelhecida”, sendo escura, dificultava a visibilidade do interior do contador. Introduzimos um sistema de iluminação interna, dissimulado, à base de LEDS alimentados por uma fonte de tensão contínua de 15 V, de modo a tornar mais visíveis os componentes do contador. São dois circuitos de iluminação independentes e podem ser desligados individualmente. Para facilitar a alimentação dos circuitos de iluminação, embebeu-se dentro da caixa de madeira do contador um pequeno elevador de tensão de 5 V para 15 V. A tensão de 5 V é fornecida através de uma ficha micro USB podendo usar-se qualquer carregador de telemóvel como fonte de energia para o circuito de iluminação do contador.

Um dos circuitos de iluminação fica por baixo da célula de galvanoplastia e usa o vidro desta para difundir a luz dentro da caixa do contador (Fig. 9a). O outro circuito de iluminação está escondido no canto superior esquerdo da caixa do contador e quando for ligado ilumina a parte de cima do contador (Fig. 9b), em que, por razões de segurança, já aparece o separador de madeira para dificultar o contacto com o polo positivo da rede, tal como acontece no contador original. Na Fig. 9c) os dois circuitos de iluminação estão ligados.



Fig. 9 – Iluminação interna do contador: a) por baixo, b) por cima, c) por baixo e por cima.

III- Características Técnicas do Contador Réplica do Contador de Edison

Ver características em <https://museufaraday.ist.utl.pt/Aparelhos/00805-ContQuim.pdf>

Ou com o seguinte código QR:

