
GARRAFAS DE ÁGUA EM CONTADORES RESIDENCIAIS DE ENERGIA ELÉTRICA: DESFAZENDO UM MITO

Délcio Basso
João Bernardes da Rocha Filho
Faculdade de Física – PUCRS
Porto Alegre – RS

Resumo

Pesquisa realizada na PUCRS, entre abril e dezembro de 1999, envolvendo a medição da energia elétrica consumida por uma carga resistiva simultaneamente por dois contadores de energia eletromecânicos convencionais, com um deles mantido próximo a um conjunto de garrafas plásticas cheias de água. A pesquisa teve como objetivos testar a difundida crença popular no Rio Grande do Sul de que manter garrafas de água próximas ao contador de energia faz com que o consumo indicado no instrumento seja menor do que o real, utilizando o experimento como incentivo à pesquisa para alunos de graduação. Os autores foram alertados para esta prática popular nas disciplinas básicas que lecionam, em função dos repetidos questionamentos propostos por alunos dos cursos de Física e Engenharia Elétrica da PUCRS sobre a eficácia do método.

I. Introdução

Alunos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Física e Engenharia Elétrica da PUCRS, assim como todos os demais transeuntes, têm se deparado com uma cena curiosa em milhares de casas em Porto Alegre e no interior do Rio Grande do Sul: garrafas plásticas de refrigerante, com dois litros de capacidade, cheias de água, colocadas sobre contadores de energia elétrica. O número de garrafas que as pessoas colocam sobre o contador, ou mais precisamente sobre a caixa de proteção do contador, não é fixo, variando de três até quinze em nossas observações, sendo que há ruas nas quais são exceções as casas que não as possuem. Perguntados, invariavelmente os moradores confirmam que se trata de uma tentativa de reduzir o consumo ou reduzir a indicação do medidor e que a orientação sobre como colocar as garrafas foi fornecida por um vizinho ou parente que teve bons resultados com a técnica. Como lecionamos disciplinas básicas de Física nos cursos citados, nossos alunos invariavelmente levantam em nossas aulas questões sobre a fundamentação deste procedimento, gerando

alguma controvérsia em virtude de depoimentos individuais favoráveis. Após inúmeras explicações envolvendo justificativas que incluem as leis do eletromagnetismo, percebemos que poderíamos aproveitar a oportunidade para propor um experimento que resolvesse a questão, trazendo para nossas aulas um pouco de investigação e aproveitando os resultados para discussões em aula.

Todos os nossos alunos sabem que burlar a indicação do medidor é ilegal, seja por qual processo for, mas todos também pressentem que nenhum inquérito que porventura venha a ser instaurado poderá usar como alegação mais do que a intenção do morador, pois dificilmente algum processo físico conhecido que permita supor que a presença próxima de garrafas d'água possa de qualquer modo influir na indicação do medidor. A pesquisa que realizamos buscou, assim, construir um experimento que testasse a ação invocada, resolvendo a dúvida de uma maneira experimental e ajudando a esclarecer os alunos. É claro que a ação das garrafas de água pode não ser direta, como, por exemplo, se sua presença tiver influência psicológica sobre os hábitos de utilização da energia elétrica na residência, e neste caso nossa pesquisa, que não incluiu o controle humano sobre o consumo de energia elétrica, não poderia resolver a questão. Por outro lado, a boa ciência não pode descartar a existência, ainda que improvável, de uma nova e desconhecida interação física que produziria o alegado efeito. Se as variáveis certas pudessem ser contidas em nosso experimento esta hipotética nova interação poderia ser descoberta, mas nosso objetivo de disseminar o espírito experimental seria contemplado de qualquer modo. Estávamos cultivando a curiosidade científica e a investigação serviria como ponto de partida para uma série de discussões com os alunos.

II. O funcionamento de um medidor eletromecânico de energia

Nossa proposta impunha o conhecimento do princípio de funcionamento dos contadores de energia, para que pudéssemos mais objetivamente argumentar em sala de aula. Na bibliografia da própria disciplina de Medidas Elétricas descobrimos que a medição da energia elétrica através de um contador eletromecânico, também chamado medidor de energia do tipo indução, está baseada na indução de correntes parasitas em um disco leve de alumínio, através de uma bobina colocada em série com a carga alimentada, chamada bobina de corrente, e sua interação com o campo magnético, gerado por uma bobina de tensão ligada em paralelo com a carga. A interação dos campos produz um torque no disco, responsável pelo seu movimento de rotação, enquanto o eixo deste disco está conectado através de engrenagens a um contador mecânico de rotações com escala em kWh. Um esquema da disposição das bobinas e do disco em um contador monofásico é mostrado na Fig.1, adaptado de Helfrick & Cooper (1990).

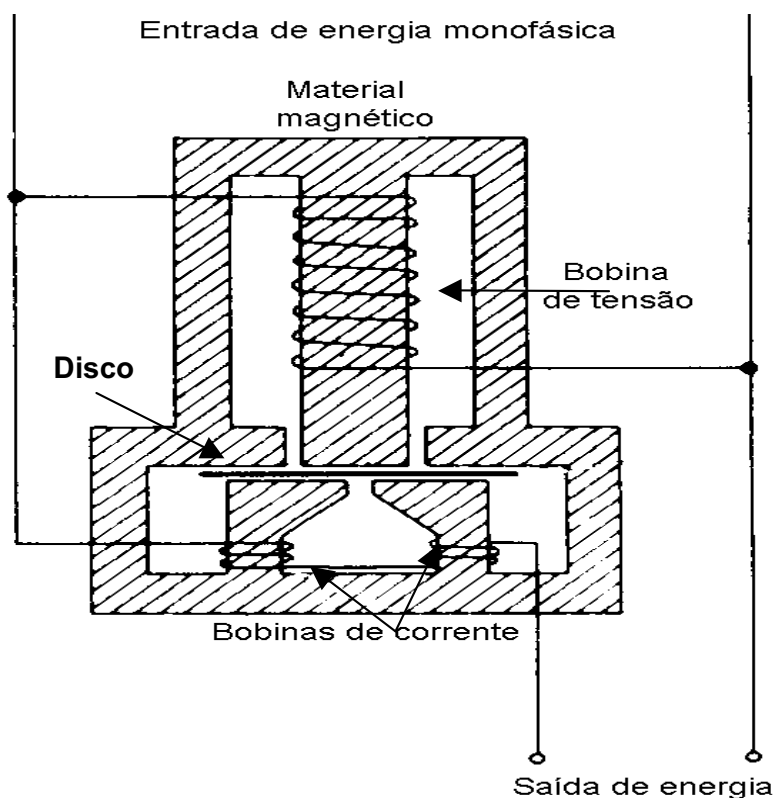


Fig. 1 – Esquema de disposição das bobinas e do disco em um contador

O torque desenvolvido é proporcional à intensidade de campo devido à bobina de tensão e à corrente parasita induzida no disco pela bobina de corrente. Como a corrente parasita no disco mantém uma proporcionalidade com a corrente que passa na bobina de corrente e, simultaneamente, o campo da bobina de tensão também é proporcional à tensão nela aplicada, o torque sobre o disco é proporcional ao produto entre a corrente que circula na bobina de corrente e a tensão aplicada na bobina de tensão. Em símbolos:

$$\begin{array}{l}
 I_{PD} \propto I_C \\
 B_T \propto I_T \propto V_T \\
 \tau_D \propto [I_{PD} \cdot B_T]
 \end{array}
 \quad \longrightarrow \quad
 \tau_D \propto [I_C \cdot V_T]$$

onde:

- I_{PD} é a corrente parasita induzida no disco de alumínio;
- I_C é a corrente que circula na bobina de corrente;
- B_T é o campo magnético gerado pela bobina de tensão;
- I_T é a corrente circulante na bobina de tensão;
- V_T é a tensão aplicada sobre a bobina de tensão;
- τ_D é o torque gerado no disco;
- \propto símbolo de proporcionalidade.

Como o produto $[I_C \cdot V_T]$ é a potência instantânea da carga, o torque motor sobre o disco é proporcional à potência e não à energia consumida. Para introduzir uma integração em tempo no sistema, de forma a fazer com que o número de rotações mantenha proporcionalidade com a energia consumida, dois pequenos ímãs permanentes são colocados próximos às bordas opostas do disco. Quando se move em relação aos ímãs o disco sofre indução de outra corrente, agora devida ao campo estático dos magnetos, que se encarrega de produzir uma frenagem que evita rotação acelerada e indefinida. Sem este torque resistente, o disco giraria com velocidade que seria limitada apenas pelas forças de atrito do sistema. Desta forma há uma compensação de forças que é suficiente para manter o disco em movimento com velocidade fixa para cada potência instantânea. Conhecendo a taxa que relaciona esta velocidade e a potência correspondente, o fabricante do contador associa um número adequado de engrenagens redutoras e as interliga com um indicador por tambores rotativos com os números desenhados.

Com dois medidores monofásicos semelhantes, mais os conhecimentos teóricos e os obtidos com o desmonte e o manuseio de um medidor usado e danificado que estava disponível nos laboratórios da Faculdade de Engenharia da PUCRS, iniciamos o experimento.

III. O experimento

Partindo do pressuposto de que as pessoas colocam a água nas proximidades do contador esperando que, para uma mesma energia consumida, este indique um consumo menor, isto é, buscando uma eventual influência física direta entre a água e a indicação do contador, montamos com o auxílio dos alunos uma estratégia simples: ligamos os dois contadores de energia semelhantes com suas bobinas de tensão em paralelo e com suas bobinas de corrente em série, alimentando uma carga resistiva fixa de aproximadamente 0,4 kW (Fig.2). Os contadores foram afastados um do outro por uma distância considerada razoável para o experimento, pouco mais de 1 metro, e o circuito foi alimentado através da rede elétrica de 127 V. Todo o sistema foi montado no Laboratório de Medidas Elétricas do Departamento de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da PUCRS, e as várias leituras foram realizadas por alunos e uma laboratorista a intervalos irregulares, durante todo o primeiro e segundo períodos letivos de 1999. Durante este período alunos de Física Aplicada, Instrumentação e Medidas Elétricas utilizaram o experimento como um complemento das aulas teóricas, recebendo informações sobre a investigação que ali se realizava, enquanto eram convocados a elaborar uma lista de variáveis que deveriam idealmente ser monitoradas, levantando hipóteses que pudessem ser aplicadas como guia para novas pesquisas envolvendo o fenômeno.

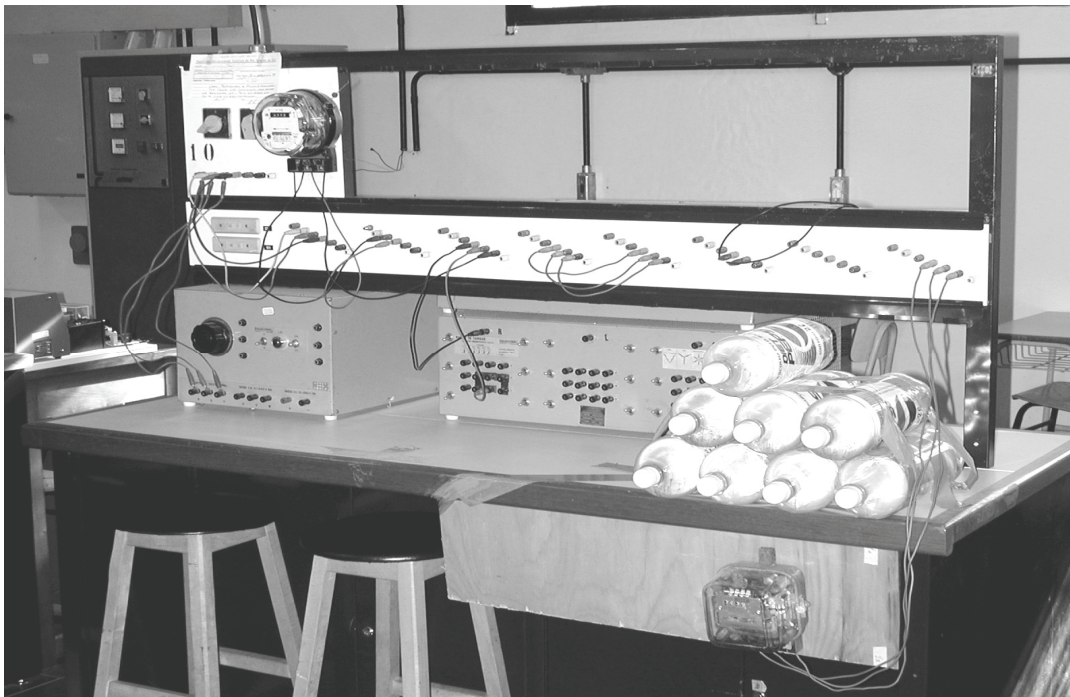


Fig.2 – Aspecto da montagem experimental

Durante os dois meses iniciais, os contadores foram mantidos medindo a energia consumida pela carga ininterruptamente, sem nenhuma garrafa de água nas proximidades. Ao final deste período foi possível determinar que havia uma divergência intrínseca de 4,8% entre a indicação de um e de outro contador, com uma incerteza próxima a 0,2% (tabela I). As leituras parciais permitiram avaliar a estabilidade da divergência de indicação entre os contadores, mostrando que em todas as leituras houve manutenção da divergência, desde que considerados os erros de aproximação na indicação. Esta correção que deveria ser sempre aplicada a qualquer medição envolvendo os dois contadores se revelou um excelente exemplo de erro sistemático, ajudando a fixar os conceitos relativos à determinação da incerteza de medições em geral, um dos assuntos programáticos que trabalhamos.

Durante os cinco meses seguintes da pesquisa os contadores permaneceram nas mesmas posições e com a mesma carga associada, mas um deles foi coberto com dez garrafas sobrepostas em formato triangular (4, 3, 2, 1). As garrafas foram dispostas de tal maneira que o contador ficou posicionado cerca de 10 cm abaixo do centro do triângulo de garrafas, e estas bastante distantes do outro contador. Novamente foram coletados os dados a intervalos irregulares sendo que todas as leituras confirmaram a mesma divergência de indicação entre os contadores encontrada na etapa sem as garrafas de água, dentro da incerteza de 0,2 % (tabela II). Uma única leitura, correspondente ao período de 30/07 a 16/08, teve de ser eliminada dos cálculos porque um mau contato nos fios de conexão desligou a bobina de tensão do contador próximo às garrafas durante parte deste período. O defeito foi eliminado e mais

Tabela I: Dados recolhidos na primeira etapa da pesquisa, com os contadores A e B medindo o consumo da mesma carga, sem água nas proximidades.

Número da medida	Data	Consumo indicado no contador A kWh	Consumo indicado no contador B kWh	Relação parcial cumulativa entre os consumos indicados nos contadores B e A (B/A)
1	12/04	210	9917	Início das medições
2	18/05	518	210	0,951
3	27/05	597	285	0,951
4	09/06	724	406	0,951
5	15/06	777	457	0,952
Total		$777 - 210 = 567$	$10457 - 9917 = 540$	$540 / 567 = 0,952$

Tabela II: Dados recolhidos na segunda etapa da pesquisa, com os contadores A e B medindo o consumo da mesma carga, com garrafas de água nas proximidades do contador B (a leitura 4 teve de ser abandonada).

Número da medida	Data	Consumo indicado no contador A kWh	Consumo indicado no contador B kWh	Relação parcial cumulativa entre os consumos indicados nos contadores B e A (B/A)
1	15/06	777	457	Início das medições
2	08/07	977	648	0,955
3	30/07	1171	832	0,952
4	16/08	1324	949	Reinício das medições
5	30/08	1444	1064	0,953
6	15/09	1582	1197	0,955
7	23/09	1653	1264	0,954
8	05/10	1749	1356	0,955
9	07/10	1777	1382	0,954
10	15/10	1838	1440	0,954
Total		$1838 - 1324 + 1171 - 777 = 908$	$1440 - 949 + 832 - 457 = 866$	$866 / 908 = 0,954$

leituras foram realizadas, confirmando a absoluta ineficácia das garrafas de água para o fim de afetar a indicação de contadores de energia.

Para finalizar, seguindo uma idéia fornecida por um aluno que levantou a hipótese de que a condutividade da água poderia influenciar o experimento, adicionamos cerca de cinco gramas de sal à água de cada uma das garrafas aumentando sua condutividade elétrica, mantendo-as por mais um mês próximas ao contador. Nesta etapa aumentamos a carga aplicada, adicionando mais um banco de resistores em paralelo com o original, garantindo um consumo estatisticamente significativo num período de tempo reduzido. A idéia de adicionar sal à água objetivou avaliar se um aumento da condutividade do líquido introduziria alguma flutuação na indicação do sistema, eventualmente através da indução de correntes parasitas derivadas do campo magnético variável das bobinas. Os resultados desta etapa são mostrados na tabela III.

Tabela III: Dados recolhidos na primeira etapa da pesquisa, com os contadores A e B medindo o consumo da mesma carga, sem água nas proximidades.

Número da medida	Data	Consumo indicado no contador A kWh	Consumo indicado no contador B kWh	Relação entre os consumos indicados nos contadores B e A (B / A)
1	03/11	2009	1604	
2	08/11	2054	1647	0,956
3	16/11	2125	1714	0,948
4	19/11	2171	1758	0,951
5	22/11	2224	1809	0,953
6	29/11	2344	1924	0,955
7	03/12	2408	1986	0,957
8	06/12	2468	2042	0,954
9	10/12	2526	2098	0,956
		$2526 - 2009 =$ 517	$2098 - 1604 =$ 494	$494 / 517 =$ 0,956

IV. Conclusões do experimento

O resultado do experimento não deixa margem de dúvida de que a colocação de garrafas de água sobre o contador eletromecânico de energia elétrica que utilizamos não produziu efeito significativo, com uma margem de incerteza muito baixa, da ordem de $\pm 0,2\%$. Como os contadores que utilizamos são de um tipo bem comum de um fabricante local, e largamente difundidos na medição residencial, e que a água e as garrafas usadas são basicamente as mesmas que os usuários vêm colocando sobre seus contadores, podemos concluir que não há efeito físico direto que justifique a crença popular.

Não encontramos a variação na indicação do medidor alegada pelos usuários da técnica, mas o experimento teve resultados positivos porque conseguimos levar os estudantes a construir um conjunto de objeções ao método que aplicamos, assim como sugestões para seu aperfeiçoamento, levando-os a pensar sobre o tema. Uma crítica contundente levantada, por exemplo, foi a de que utilizamos medidores residenciais de energia elétrica construídos para suportar condições ambientais extremas em sua aplicação normal, usualmente externa, e nosso experimento foi conduzido sob condições de umidade e variações de temperatura relativamente pequenas, em um laboratório fechado. Outro exemplo de crítica que recebemos envolvia o questionamento sobre a sazonalidade do consumo normal de energia elétrica em uma casa e sua possível influência na medição, já que utilizamos uma carga constante no tempo, o que significou uma simplificação conveniente, mas que não poderíamos, pelo menos em princípio, definir como irrelevante em termos da ação da água sobre os contadores. Acreditamos que as aproximações que fizemos foram necessárias para a viabilização do experimento, embora em certo grau possam ter contribuído para manutenção da baixa flutuação das leituras, permitindo um grau de incerteza tão baixo quanto $\pm 0,2\%$, ainda que este número pudesse ser impraticável em situações normais de aplicação dos medidores sujeitos à chuva, frio e calor externos, mas o simples levantamento destas dúvidas pelos alunos demonstra o sucesso de nossa abordagem.

De qualquer forma este resultado, apesar de previsível, não pode explicar por que muitas das pessoas que utilizam este artifício afirmam enfaticamente que sua conta mensal de energia elétrica diminuiu desde a colocação das garrafas. Se assumirmos que esses relatos são evidências de algo mais do que a imaginação das pessoas, deve existir um mecanismo associado que produziu a redução no consumo. A hipótese mais provável que nos ocorreu, e que foi também aventada pelos alunos, é a de que a presença visível das garrafas sobre o contador, sempre colocadas em um lugar de destaque na entrada da residência, atua como um ícone que lembra e relembra continuamente ao morador a necessidade de economizar energia elétrica. A permanência no universo mental da lembrança das garrafas pode incentivar subliminarmente, ou mesmo conscientemente, o desligamento de lâmpadas em aposentos não utilizados e o uso mais racional de aparelhos de grande consumo, como ferros de passar roupas e chuveiros, o que justificaria a redução de consumo alegada.

De qualquer forma, seria necessária uma pesquisa de caráter psicológico e não físico para evidenciar ou negar a validade desta hipótese.

V. Bibliografia

HELFRICK, A.D. & COOPER, W.D. Instrumentação eletrônica moderna e técnicas de medição. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1990.