

CONSUMO DE GELADEIRAS DESAFIAM ALUNOS DA EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA VOLTADA À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ana Souza Vieira da Silva – aninha_anaxd@hotmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia Elétrica
Rodovia D. Pedro I km 136
13.0869-900 – Campinas – S. P.

Francisco de Salles Cintra Gomes – salles@puc-campinas.edu.br
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia Elétrica

Letícia Fernanda de Sousa Gonçalves – leticiaigoncalves.ipms@gmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia Elétrica

Luiz Vinícius dos Santos Ruoso – luiz.ruoso@outlook.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia de Computação

Gustavo Emanuel Pacheco de Medeiros – gust_emanuel@hotmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia Elétrica

Resumo: Este artigo é fruto da motivação de alunos dos primeiros anos do curso de engenharia, que participam do Projeto de Extensão, interessados em avaliar o consumo de energia de geladeiras residenciais. O professor orientador desenvolve um Projeto de Extensão com atividades socioeducativas com gestores e/ou técnicos da Prefeitura do Município de Campinas sobre o uso racional de energia e eficiência energética diante da sustentabilidade. Com a preocupação de residências sustentáveis surgiram as dúvidas relativas ao consumo mensal de uma geladeira e começaram os questionamentos “se o motor não está funcionando a geladeira não estará gastando energia, certo?” e “quando a geladeira fica mais velha, irá gastar mais?”. Este artigo apresenta os resultados de um estudo simples para avaliar o consumo de energia em geladeiras e, a partir dos dados obtidos, apresentar uma proposta para verificar se a geladeira está sendo eficiente ou não. A partir de um sistema de aquisição de dados de consumo de energia foi possível avaliar o consumo de uma geladeira e avaliar comparativamente com os valores fornecidos pelo fabricante e/ou com os fornecidos pelo Inmetro, Instituto Nacional de Metrologia, que objetiva orientar e conscientizar em relação à eficiência energética. Trabalho de Extensão realizado em conjunto com a Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, com a participação de gestores e/ou técnicos da Secretaria Municipal do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Prefeitura do Município de Campinas (SP).

Palavras-chave: Sustentabilidade, Uso Racional de Energia, Eficiência Energética, Edificações Sustentáveis.

1 INTRODUÇÃO

Alunos dos primeiros anos do curso de engenharia elétrica registram o consumo de energia elétrica de uma geladeira para verificar o consumo mensal e propor soluções econômicas para conscientizar o consumidor em relação à eficiência energética.

O professor orientador do Trabalho de Extensão conta com a participação de um grupo de alunos com objetivo de “desenvolver atividades socioeducativas com gestores e/ou técnicos da Prefeitura do Município de Campinas em relação ao uso racional de energia e eficiência energética”. Esse Trabalho divulga parte do conhecimento exposto em várias disciplinas dos cursos das Faculdades de Engenharia, aumentando a visibilidade das Faculdades, gerando oportunidades para esclarecimentos sobre assuntos relacionados. A extensão busca melhorias de vida para a comunidade.

Alunos de engenharia querem colocar a mão na massa e avaliar melhor os números de consumo de energia e de eficiência de geladeiras. Em consultas feitas na internet foi possível encontrar diversos tipos de geladeiras. As especificações são abrangentes e as pessoas da área técnica querem mais informações. Por exemplo, no caso das geladeiras são muitas informações, como medidas métricas, facilidades, etc., mas para as pessoas da área de elétrica além do consumo mensal de energia elétrica, da tensão em volts, falta, em alguns casos, o valor da potência elétrica em watts que é um dos requisitos para o cálculo da corrente elétrica.

2 METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DE CONSUMO

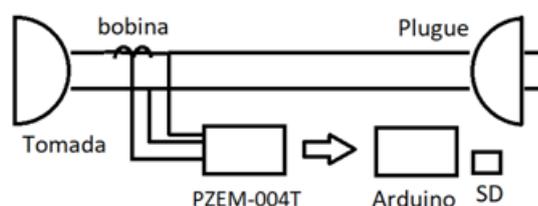
Como metodologia, foi feito o registro de consumo de energia elétrica de uma geladeira por vários dias. O professor orientador desenvolveu um medidor que registra os dados de consumo. Os conceitos sobre consumo de energia estão presentes nos livros de instalações elétricas (MAMEDE FILHO, 1988).

2.1 Dispositivo utilizado para registrar o consumo de energia

Foi desenvolvido um dispositivo que é composto por dois circuitos eletrônicos, um deles é o módulo da fabricante chinesa *Peacefair*, modelo PZEM004T, com um circuito integrado dedicado SD3004 de 16 bits. Esse módulo opera com tensões entre 80 e 260V, corrente elétrica entre 0 a 100A, com frequências alternadas senoidais entre 50 e 60Hz. O outro circuito eletrônico é um Arduino UNO R3, uma plataforma de prototipagem eletrônica com *hardware* e *software*, de fácil interação, programação e aplicação.

Esse dispositivo é não invasivo, isto é, a corrente elétrica não passa no interior do dispositivo ou no interior do circuito eletrônico, ver Figura 1. O PZEM mede a corrente através de uma bobina, mede a tensão diretamente, processa as informações e faz uma comunicação serial com o Arduino que, através de umas linhas de código e de bibliotecas, armazena os dados num cartão SD ou micro SD.

Figura 1 – Esquema do dispositivo



Fonte: Os autores.

Confiabilidade do dispositivo

O módulo PZEM004T apresenta simplicidade e confiabilidade nas medidas, como nos aponta Sena (2019) em seu Trabalho de Conclusão de Curso sobre “Medidor de Consumo de Energia”. Nesse trabalho foram realizadas exaustivas experiências e comparações com instrumentos de precisão, demonstrando que os valores obtidos no PZEM004T são confiáveis.

Nos laboratórios da Faculdade de Engenharia Elétrica alguns experimentos foram feitos no sentido de aferir possíveis discrepâncias e constatou-se que as medidas do módulo PZEM004T são confiáveis.

2.2 Geladeira e os procedimentos de medidas de consumo

Escolheu-se uma geladeira residencial, com seis anos de uso, que estivesse numa casa de uma família com quatro pessoas de modo que a geladeira pudesse ser utilizada várias vezes por dia, sendo que duas dessas pessoas habitualmente almoçam na residência e todas chegam à noite para o jantar, Quadro 1.

Quadro 1 – Geladeira residencial

Fabricante	X
Eficiência Energética – Inmetro (2018)	A
Característica	Duas portas
Freezer	113 litros
Refrigerador	346 litros
Consumo	58 kWh/mês
Tensão	110 volts

Fonte: Os autores.

O registro de consumo da geladeira foi feito por 6 dias. Os ajustes da geladeira foram: regulagem interna “no mínimo” e a “temperatura do freezer” na posição “médio”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o dispositivo utilizado foi possível registrar todos os dados de consumo da geladeira, ver Figura 2.

Figura 2 – Dados obtidos do consumo de energia (Arquivo.csv, Microsoft Excel).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ano	mes	dia	hora	min	seg	volts	mA	watts	W-h
2	2019	5	5	6	29	17	128	0	0	5096
3	2019	5	5	6	29	27	128	0	0	5096
4	2019	5	5	6	29	37	128	0	0	5096
5	2019	5	5	6	29	47	124	2140	158	5096
6	2019	5	5	6	29	57	127	2279	184	5097
7	2019	5	5	6	30	7	127	2279	185	5097
8	2019	5	5	6	30	17	127	2240	177	5098
9	2019	5	5	6	30	27	128	2200	168	5098
10	2019	5	5	6	30	37	128	2160	163	5099

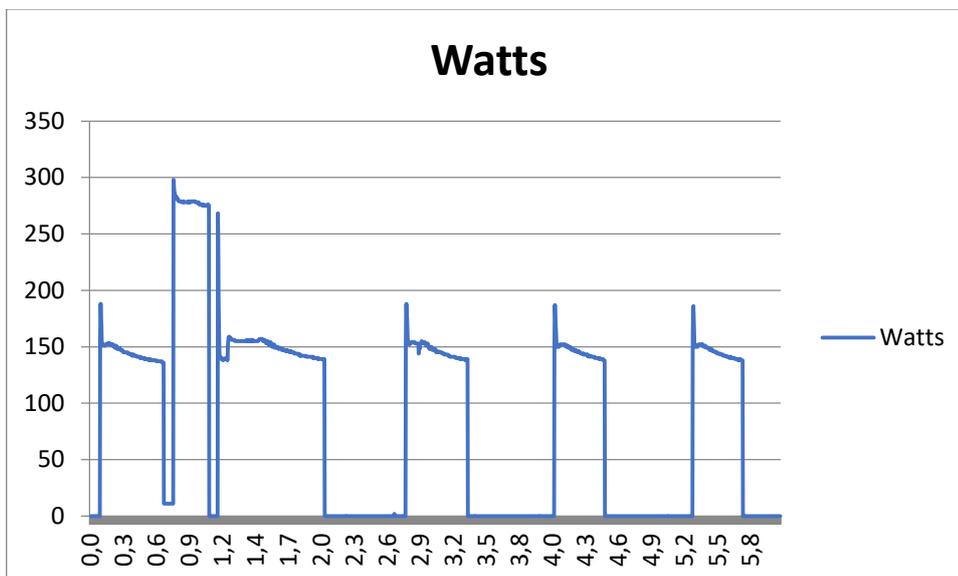
Fonte: Os autores.

Os dados foram registrados num “arquivo.csv”, facilmente acessado através do Microsoft Excel, ver Figura 2, e a partir disso foram feitos gráficos para melhor observação. Foram 6 dias de medidas, parte do 1º dia e parte do último dia, mas foram utilizados para análise neste artigo os 4 dias inteiros com 24 horas. Os registros foram feitos de 10 em 10 segundos.

3.1 Gráficos com os valores medidos

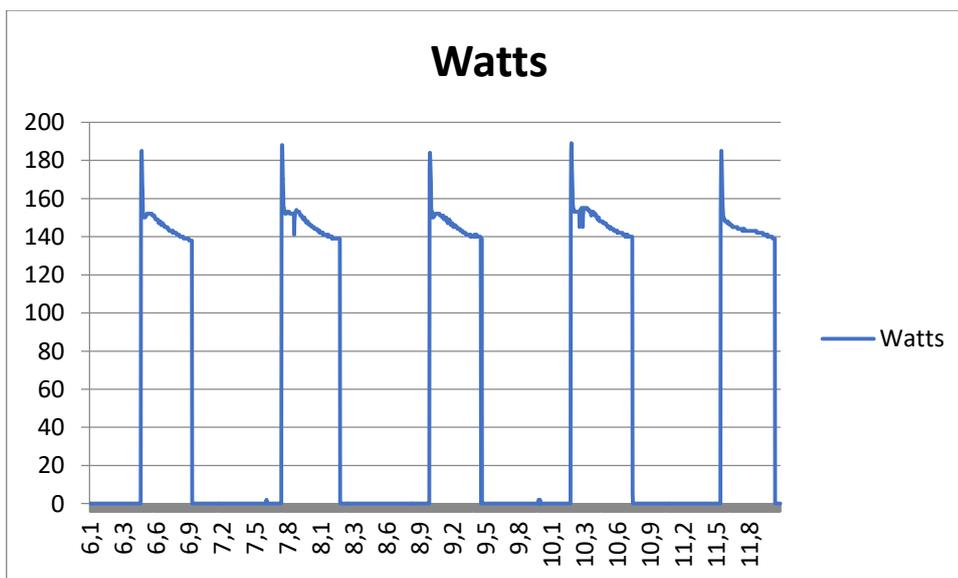
Numa primeira análise foram realizados gráficos de potência. Seguem quatro gráficos referentes ao 3º dia, o primeiro gráfico começa a meia noite e vai até 6h da manhã, o segundo das 6h até o meio dia, o terceiro das 12h até 18h, e o quarto gráfico das 18h às 24h.

Gráfico 1 – Consumo da meia noite até 6h da manhã



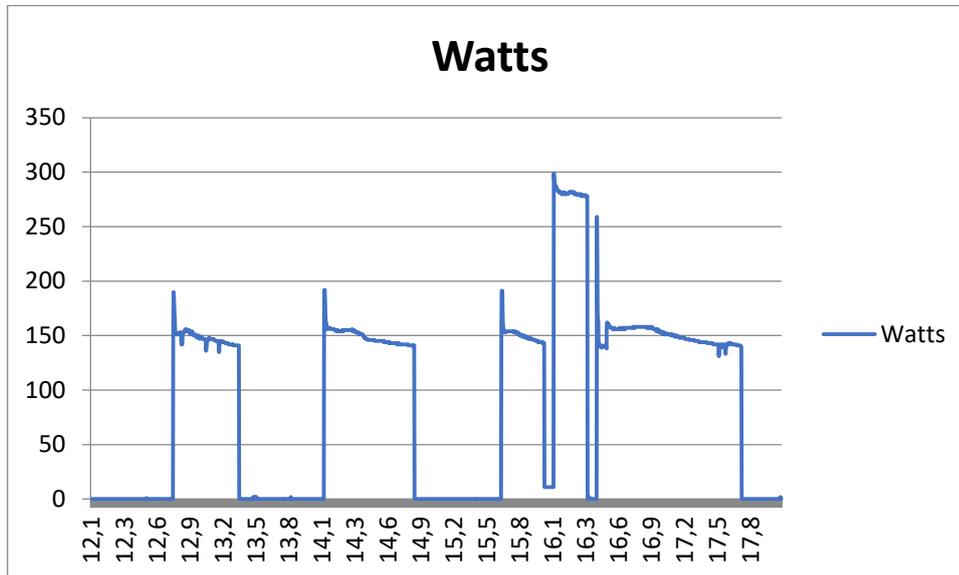
Fonte: Os autores.

Gráfico 2 – Consumo 6h até o meio dia.



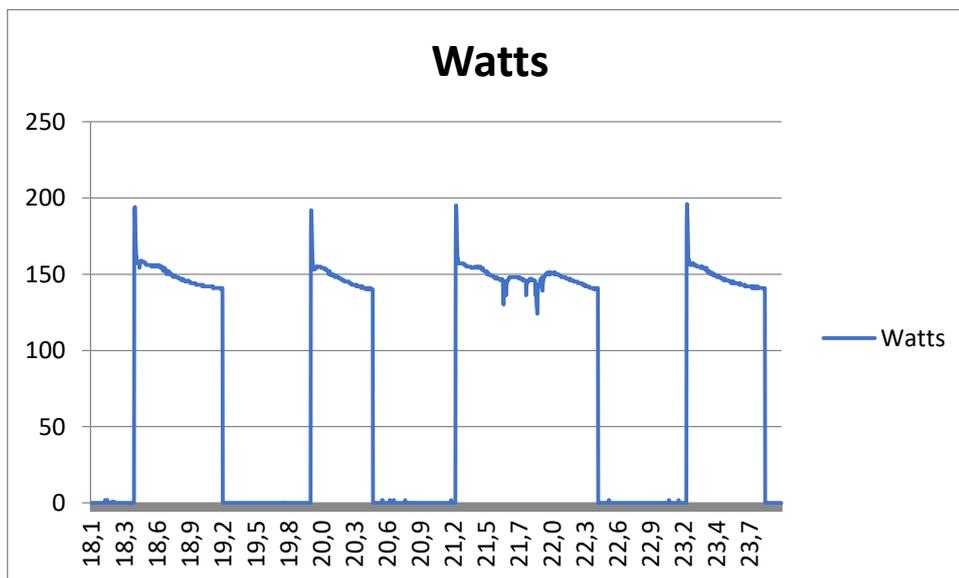
Fonte: Os autores.

Gráfico 3 – Consumo das 12h até 18h.



Fonte: Os autores.

Gráfico 4 – Consumo das 18h às 24h.



Fonte: Os autores.

Para os quatro dias de medidas, fez-se um resumo, Quadro 2, com a média de consumo horária, com o número de vezes ou de ciclos de funcionamento e o tempo em que a geladeira ficou parada ou com potência zero. O dispositivo de medida registra no arquivo o valor inicial da energia e o valor final que possibilita o cálculo da média horária.

Quadro 2 – Valores médios obtidos a partir dos registros

	Média horária de energia consumida	Ciclos de Funcionamento (por dia)	Tempo (com potência zero)
1º dia	78,6 Wh	20	12h58
2º dia	64,5 Wh	20	15h07
3º dia	79,0 Wh	20	12h42
4º dia	78,0 Wh	20	12h44
Média	75,0 Wh	20	13h23

Fonte: Os autores.

3.2 Análise e discussão dos resultados

A partir dos dados obtidos apresentamos uma análise considerando o consumo, o número de ciclos e o tempo de funcionamento.

Consumo de energia mensal

Observando os valores apresentados, Quadro 2, vemos que a média das “médias horárias de energia consumida” foi de 75 Wh. Para um mês de funcionamento teremos: 75,00 Wh x 24h x 30 dias que resultará em 54 kWh por mês.

O Inmetro (2019), Instituto Nacional de Metrologia, objetiva orientar e conscientizar em relação à eficiência energética e aponta, para essa geladeira, o consumo de 58 kWh por mês.

No 2º dia, ver Quadro 2, o consumo diário foi inferior, isto é, um valor de 64,5 Wh enquanto nos demais dias os valores estão entorno de 78 Wh. Isso se justifica pelo fato de que nesse dia as pessoas quase não estiveram na residência (refeições fora da residência).

Ciclos de funcionamento

Observa-se nos gráficos, principalmente no Gráfico 2, que há ciclos regulares de funcionamento, esses ciclos surgem por volta das 2h, no Gráfico 1, e vão até às 12h, no Gráfico 2, eles apresentam um tempo de potência zero e outro tempo com potência entorno de 150 Watts. O período desses ciclos é composto por um tempo médio de 46 minutos com potência zero e outro tempo de 27 minutos, em funcionamento, com potência próxima de 150 watts, o período ou tempo do ciclo é de 1 hora e 13 minutos.

Nos 4 dias de medidas, em cada dia foram constatados 20 ciclos, regulares e irregulares. A média de duração de cada ciclo pode ser estimada de outra maneira, isto é, em 24h ocorreram 20, o que dá uma média de 1 hora e 12 minutos (24 horas dividido por 20 ciclos).

Embora alguns ciclos se apresentem de forma regular, entre o final do período da madrugada e em toda manhã, eles não são todos regulares. As durações dos ciclos são diferentes, como se observa no Gráfico 4, o 3º ciclo tem maior duração, o dobro do 2º ciclo. O fato do 3º ciclo ter um tempo maior pode estar relacionado à porta da geladeira ter ficado mais tempo aberta devido ao jantar. Tanto no Gráfico 1 e como no 3, aparecem dois ciclos, um em cada Gráfico, com maior potência quase 300 watts (valor médio de 281,2 watts), devido a resistência elétrica do “Frost Free” para que o gelo não se acumule nas paredes do congelador.

Tempo de funcionamento

Conforme o Quadro 2, o tempo médio com potência zero é de 13 horas e 23 minutos, o que indica que a geladeira funcionou aproximadamente por 10 horas e 40 minutos.

Cálculo do consumo:

- Consumo decorrente do tempo de funcionamento: 10 h 40 minutos x 150 Watts x 30 dias, resulta em 48,0 kWh.
- Como há dois ciclos com 150 watts a mais (valor exato: 281,2 watts), Gráficos 1 e 3: 2 x 20 minutos x 150 watts x 30 dias, resulta em 3,0 kWh.

Com essas contas acima aproximadas, o consumo foi de 48 mais 3, isto é de 51 kWh.

Por outro lado, como curiosidade, podemos imaginar um indicador numérico relacionado ao consumo: para 54 kWh/mês, temos: $54000\text{Wh}/(150\text{W} \times 24\text{h} \times 30\text{ dias})$ que resulta num fator igual a 0,5.

3.3 Soluções de engenharia por parte dos alunos

O Inmetro (2018) e o Procel, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, fornecem a classificação de eficiência energética ou o selo Procel, que segundo os alunos é um bom indicativo, mas estático. A sugestão é um indicativo dinâmico na própria geladeira que monitore a eficiência, por exemplo, um LED (*Light Emitting Diode*) com luz indicativa. Se a geladeira está sendo eficiente, o LED acende na cor verde; se deixou de ser eficiente, na cor amarela; e se está ineficiente, na cor vermelha. Os Projetos de Extensão com ações além da sala de aula possibilitam aos alunos outras realidades e questões sociais colaborando com o que nos escreveu Paulo Freire “nos tornamos capazes de intervir na realidade” (2006).

Observando os gráficos, notamos que no Gráfico 3, o tempo de funcionamento do 3º ciclo dobrou, mas a potência é a mesma dos demais. Esse fato nos faz considerar que um circuito simples para monitorar poderá ser suficiente, não sendo necessário um medidor de consumo, uma vez que o consumo não irá depender do número de vezes ou de ciclos, mas basicamente do tempo em que ficou funcionando. Esse circuito eletrônico para monitorar deverá ter um sensor que indique que há corrente elétrica (que poderá ter ajuste, por exemplo, superior a um dado valor) associada à contagem de tempo.

Esse circuito eletrônico poderá conter dois contadores de tempo, um para marcar o tempo total e outro para marcar o tempo efetivo de funcionamento da geladeira, com operações matemáticas de um processador eletrônico básico, obtemos um número que comparado a um parâmetro de referência poderá indicar se o equipamento ou geladeira está sendo eficiente.

A solução proposta apresenta baixo custo não tendo a necessidade de um medidor de energia, mas um simples circuito que indique que a geladeira está funcionando mais que o habitual. Com circuitos com processadores lógicos e sensores é possível incrementar a leitura temperatura ambiente e fazer com que o parâmetro de referência seja também dinâmico.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os alunos foi gratificante a participação na extensão universitária com medidas práticas de engenharia ao medir o consumo de uma geladeira. Os valores obtidos estão em conformidade com o Inmetro, fato que dá maior confiabilidade ao trabalho realizado.

A solução apontada pelos alunos é bem interessante, um selo Procel “dinâmico” que indica, naquele momento, se o equipamento está sendo eficiente ou não. Ao se constatar que a geladeira não está sendo eficiente, será possível tomar providências, tais como: verificar a vedação da borracha ou averiguar se o funcionamento está correto. Soluções como essas de baixo custo são sempre bem-vindas para indicar a eficiência com circuitos simples que possuem uma contagem de tempo para monitorar se a geladeira, isto é, o motor, funciona por mais tempo que o habitual. Depois dos dados de consumo obtidos e de uma vasta análise em gráficos de potência foi possível aos alunos realizarem debates para a troca de ideias e propor soluções.

Aplicações de soluções desse tipo podem ser estendidas a equipamentos que tenham um tipo de funcionamento similar, como câmeras frias ou até bombas d’água, que funcionam por

ciclos, isto é, ficam “um tempo desligado e outro em funcionamento”, que comparado a um parâmetro estabelecido indicará a eficiência do equipamento.

Para o professor, a extensão coloca os alunos além da sala de aula, levando seus conhecimentos para busca melhorias de vida para a comunidade.

Agradecimentos

À Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) por todo apoio, que desde o primeiro momento viabilizou e contribuiu para tornar realidade o Trabalho de Extensão e aos gestores e/ou técnicos da Prefeitura do Município de Campinas, em especial da “Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável” (SVDS) que possibilitaram o processo de intervenção da Extensão.

REFERÊNCIAS

FREIRE, P.; **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa.** 34ª edição. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**, 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

PROCEL. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://www.procel.gov.br/main.asp>>. Acesso em: 08 mai. 2019.

MME. Ministério de Minas e Energia – MME. **Plano Nacional de Eficiência Energética.** Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%A2ncia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863?version=1.1>> Acesso em: 09 nov. 2017.

INMETRO, **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/refrigeradores.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2018.

INMETRO, **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/oque.asp?iacao=imprimir>> Acesso em: 03 mai. 2019.

SENA, G. E. de O. **Medidor de Consumo de Energia Elétrica com acesso local e remoto usando plataforma ESP8266.** Trabalho de Conclusão de Curso, 2018. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/bitstream/riu/3305/1/Gerson%20Evandro%20de%20Oliveira%20Sena%20-%202018.pdf>> Acesso em: 17 de abr. de 2019.

STUDENTS OF THE UNIVERSITY EXTENSION OF ENERGY EFFICIENCY ANALYZE THE CONSUMPTION OF ELECTRICITY IN FRIDGES

Abstract: *This article is the result of the motivation of students of the first years of the engineering course, who participate in the Extension Project, interested in evaluating the energy consumption of residential refrigerators. The tutor develops an Extension Project with*

socio-educational activities with managers and / or technicians of the Municipality of Campinas in relation to the rational use of energy and energy efficiency in the face of sustainability. With the concern of sustainable residences the doubts about the monthly consumption of a refrigerator appeared and the questions began "if the engine is not working the refrigerator will not be wasting energy, right?" and "when the refrigerator gets older, will it spend more?". This paper presents the results of a simple study to evaluate the energy consumption in refrigerators and, from the obtained data, a proposal is made to verify if the refrigerator is being efficient or not. From an energy consumption data acquisition system, it was possible to evaluate the consumption of a refrigerator, with the electric consumption records, to evaluate comparatively with the values supplied by the manufacturer and with those provided by Inmetro, "Instituto Nacional de Metrologia", objective to guide and raise awareness about energy efficiency. Extension work carried out jointly with the "Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da Pontifícia Universidade Católica" of Campinas, with the participation of managers and / or technicians of the "Secretaria Municipal do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável" of the Municipality of Campinas (SP).

Key-words: Sustainability, Rational Use of Energy, Energy Efficiency, Sustainable Buildings.