

SISTEMA REGENERATIVO DE ENERGIA: APLICAÇÃO EM EDIFÍCIOS

Hebert Denes Deggerone de Quevedo¹

Flávio Numata Junior²

RESUMO

Há muitos anos o mundo vem conhecendo a importância da conversão eletromecânica de energia e da múltipla aplicação desse fenômeno a diversos novos projetos alternativos de geração de energia. As formas de geração, transmissão e utilização da energia estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento tecnológico e, precisam ser discutidas para que se possa garantir a sustentabilidade no âmbito mundial. O presente artigo tem como objetivo desenvolver um dispositivo para geração de energia elétrica a partir de energia cinética de um motor de elevador. A metodologia de pesquisa é exploratória e fins aplicados se compõe de uma revisão do referencial teórico, elaboração do projeto, construção e testes do sistema. Com relação aos resultados esperados, foi constatado geração média de 14,90 Volts de tensão elétrica a partir de um conjunto de 40 coletas de testes realizadas com o dispositivo instalado no sistema tracionador do elevador.

Palavras-chave: Fontes Alternativas de Energia; Reaproveitamento de Energia; Regeneração de Energia.

¹ Aluno do 6º período do curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. Bolsista do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2017-2018). *E-mail*: hdenes@live.com

² Doutorando em Engenharia Mecânica e de Materiais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR na área de Fabricação e Manufatura e linha de pesquisa em Projeto Integrado para Manufatura. Coordenador dos cursos de Engenharia de Produção e Mecânica da FAE Centro Universitário. *E-mail*: flavio.numata@fae.edu

INTRODUÇÃO

A eficiência energética geração distribuída e fontes alternativas de energia são assuntos de extrema importância para serem discutidos na atualidade devido à situação ambiental do planeta. Nos últimos anos, um novo cenário, caracterizado pela escassez de recursos naturais não renováveis, tem incluído novos desafios tecnológicos que até então não tinham sido pensados como a utilização de fontes primárias alternativas de energia. Neste contexto, deve ser valorizada a execução de projetos sustentáveis para que as fontes primárias de energia sejam preservadas ou, ainda, racionadas.

Abordando questões ambientais, financeiras, técnicas e regulatórias, o presente artigo verifica a possibilidade de projetar um dispositivo gerador de energia elétrica a partir do movimento cinético do elevador.

Outro fato importante para o desenvolvimento deste artigo, é o aspecto sobre o consumo de energia nos edifícios. O consumo de energia elétrica atinge valores entre 30% e 40% nos países desenvolvidos, podendo ultrapassar até mesmo os setores industriais e de transporte apesar de ser uma fonte de consumo de energia o objeto foi utilizado como fonte gerador de eletricidade.

Sendo assim, o presente artigo tem o objetivo desenvolver um dispositivo regenerativo de energia elétrica com a aplicação em edifícios comerciais.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 ENERGIA

Segundo Bucussi (2006), a palavra “Energia” de origem grega e tem como significado de trabalho. Era utilizada para referir-se a fenômenos inicialmente explicados pelos termos “força viva” ou “calórica”. Em 1807 a palavra energia foi usada pela primeira vez, pelo físico inglês Thomas Young, que escolheu esse termo para expressar a capacidade de um corpo realizar trabalho mecânico. A oferta de energia está ligada com o desenvolvimento econômico e social de um país, o que torna importante o suprimento de energia, a preservação do meio ambiente, e a sintonia com novas tecnologias.

1.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Há um crescente e preocupante consumo de energia em diversos países desenvolvidos como os EUA, Japão, Alemanha e Austrália, e em países em desenvolvimento, como o Brasil. A maior parte desta energia consumida é derivada de fontes não renováveis que geram efeitos ao meio ambiente como é o caso dos combustíveis fósseis.

Ultimamente são mais comuns campanhas publicitárias referentes ao uso eficiente e consciente de energia elétrica, principalmente em edifícios. Já houve várias crises nos setores de distribuição de energia elétrica, gerando blecautes no Sudeste e no Sul do Brasil, aliados a falta de investimentos no sistema gerador e distribuidor são fatores predominantes no tocante deste tema. Cada vez mais a energia elétrica é consumida e, estudos vem sendo desenvolvidos constantemente com o intuito criar novos sistemas de geração ou sistemas regenerativos de energia elétrica.

1.3 LEGISLAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Neste contexto internacional está inserida a American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), responsável por implantar a primeira norma de eficiência energética para projetos e construções de edificações em 1975. Logo após, foi criada a norma ASHRAE Standard 90.1, sendo uma norma norte-americana que apresenta os requisitos mínimos para projetos de eficiência energética para edificações (ASHRAE, 2004).

1.4 FORMAS EXISTENTES DE ENERGIA

As energias renováveis são as que apresentam como alternativa ao uso das formas tradicionais de energia (gás natural, petróleo, carvão mineral e hídrica). Estas fontes podem ser pouco ou ainda não poluentes e, apresentam vantagens em relação aos baixos índices de agressão ambiental, o que para a engenharia atual é fundamental. Uma maneira de evitar futuras crises de energia seria buscar e investir em estudos e projetos de meios de geração de energia elétrica alternativamente, ou seja, energias renováveis.

1.5 REGENERAÇÃO DE ENERGIA

Seguindo novos padrões de economia e sustentabilidade diversas empresas estão fazendo uso de novas tecnologias voltadas à regeneração de energia, diante a necessidade de diminuição do consumo de energia dos equipamentos, diversas pesquisas e desenvolvimento na área da regeneração de energia tem tomado espaço pelas universidades e pesquisadores.

Segundo Rocha (2011), o sistema Kinetic Energy Recovery Systems (KERS) ou ainda Sistemas de Recuperação de Energia Cinética, um sistema de regeneração de energia cinética é um dispositivo que aproveita parte da energia cinética no processo de desaceleração e em seguida reutiliza essa energia em outro processo. A partir disso, parte da energia que inicialmente seria desperdiçada através da troca de calor nos freios passa a ser reaproveitada. Essa tecnologia passou a ser implantada em diversos segmentos da indústria de transportes e até mesmo automobilísticos visando aproveitar ao máximo a energia consumida, reutilizando a energia que inicialmente seria desperdiçada no processo de frenagem e utilizando-a para alimentar algum outro componente elétrico do sistema ou o mesmo sistema.

Com base nessa tecnologia é possível adequar este sistema a outros dispositivos eletrônicos que detém de potencial energético oriundo da energia cinética. Uma ideia seria implementar em um sistema de elevador.

O conceito de regeneração de energia aplicado aos elevadores, segundo a revista digital do AECweb (2009), já está sendo utilizados elevadores com sistema de regeneração de frenagem, e a economia proporcionada chega a 30% da energia gasta pelo elevador em relação aos convencionais. Na frenagem os motores se transformam em geradores e armazenam essa energia em banco de capacitores. Enquanto isso, na frenagem nos elevadores convencionais a energia regenerada é obtida através do atrito, levando à perda da energia pelo calor, a frenagem regenerativa é feita por sistema eletromagnético.

2 SISTEMAS ELETROMECÂNICOS

Ainda segundo Falcone (1979), uma grande vantagem dos sistemas eletromecânicos de conversão de energia é que sua perda é relativamente reduzida cerca de 10% a 20%, e, portanto, possuem um elevado nível de conversão energética. Há também uma vantagem destes sistemas é terem um funcionamento reversível. É necessário, ao observar a mecânica do sistema de conversão de energia, realizar uma análise global do comportamento de todos os componentes do sistema eletromecânico.

Quando um sistema eletromecânico de conversão de energia tende a funcionar como gerador ou máquina elétrica rotativa, é fornecida energia mecânica a partir de uma máquina primária.

2.1 GERADORES

Para Martino (1982), um gerador elétrico é uma máquina que realiza a transformação de energia cinética em energia elétrica. A potência elétrica total gerada (P) por um gerador é diretamente proporcional à multiplicação da força eletromotriz (ε) com a intensidade da corrente elétrica (I). (Mamede, 2007).

$$P = \varepsilon \times I \quad (1)$$

Segundo Martino (1982), para sabermos o rendimento elétrico de um gerador, é preciso saber primeiro a potência elétrica lançada (P_1), que é a potência elétrica fornecida pelo gerador ao circuito externo.

$$P_1 = U \times I \quad (1.1)$$

2.2 CONVERSOR

Este dispositivo é um sistema eletromecânico de conversão e/ou transformação de energia que altera as características da energia elétrica no que diz respeito a tensão e a corrente elétrica através de um trabalho produzido pela energia mecânica fornecida ao sistema. Essa máquina elétrica tinha o nome de comutatriz (GUEDES, 2001).

3 CONCEPÇÃO

O objetivo é desenvolver um dispositivo para geração de energia elétrica a partir de energia cinética de um equipamento mecânico, o elevador.

4 CONSUMO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS

Pérez-Lombard et al. (2008) analisaram os dados disponíveis sobre consumo de energia nos edifícios comerciais e residenciais em alguns países. A contribuição global de edifícios no consumo de energia elétrica atinge valores entre 30% e 40% nos países desenvolvidos, podendo ultrapassar os setores industriais e de transporte.

Segundo Andreas Schierenbeck, CEO da ThyssenKrupp Elevator, os edifícios representam até 40% do consumo global de energia. Sabendo disso, este avanço no consumo marca um momento importante para a implementação de tecnologias mais eficientes em termos energéticos para combater a escassez de recursos naturais não renováveis.

FIGURA 1 – Consumo de energia elétrica nos edifícios

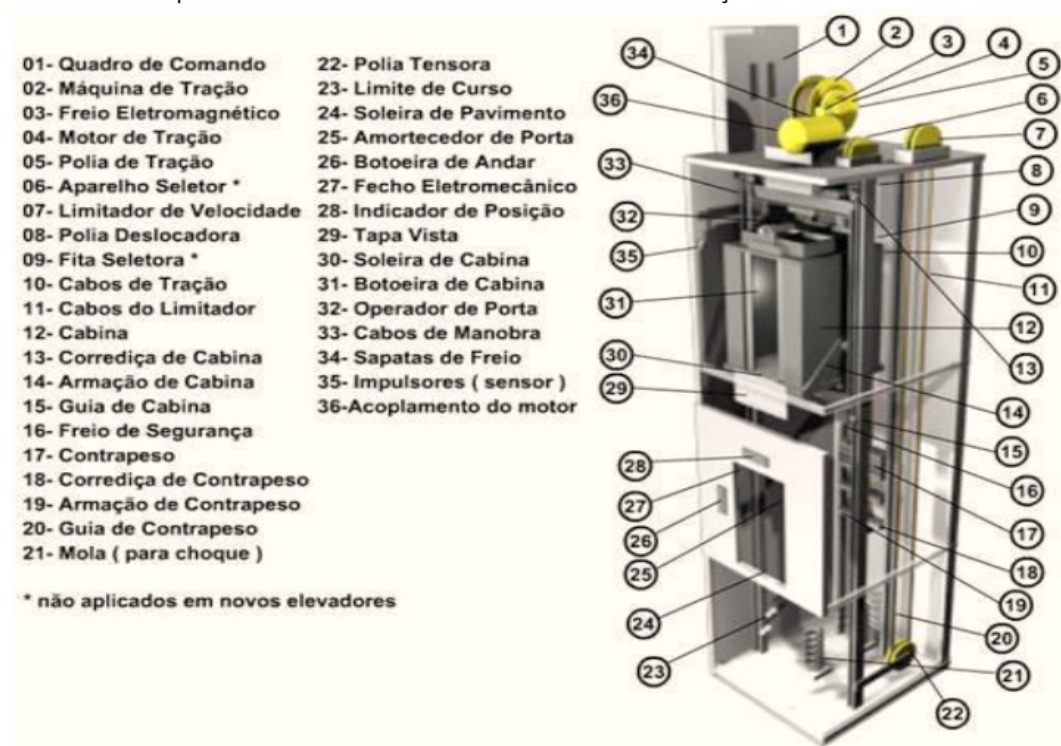


FONTE: Adaptado de Thyssenkrupp (2017)

4.1 ELEVADORES: CONHECENDO OS PRINCÍPIOS ELETROMECCÂNICOS

Segundo Rudenko (1976), os elevadores são sistemas eletromecânicos (máquinas) de transportes, de cargas ou passageiros, projetados e concebidos exclusivamente para movimentação vertical. O elevador é o principal meio de transporte vertical em edificações de diversos pavimentos, deslocando-se a velocidades que variam de 0,5 a 3,5 m/s em aplicações normais, sendo compostos, basicamente por: cabina ou carro, trilhos ou guias independentes, poço, contrapeso, dispositivo de suspensão, máquina elevadora ou de tração, dispositivos de segurança e controles elétricos, conforme disposição dos elementos representada abaixo.

FIGURA 2 – Esquemático do funcionamento do elevador de tração



FONTE: Schindler (2018)

4.2 TIPOS DE ELEVADORES: HIDRÁULICOS E DE TRAÇÃO

Os tipos de elevadores são:

Elevadores hidráulicos – se locomovem através de uma bomba de óleo o qual injeta óleo em um pistão localizado entre o fundo do poço e a cabina do elevador. São muito comuns nos Estados Unidos em elevadores de pequeno porte. Segundo dados da fabricante de elevadores Thyssenkrupp (2017), mais de 98% dos elevadores instalados no Brasil são do tipo tração.

Elevadores de Tração – a cabina é suspensa por cabos de aço que são passados por uma polia e a sua tração se dá por meio de um motor elétrico. O peso da cabina é balanceado por um contrapeso com uma massa de 40% á 50% da massa da cabina garantindo assim uma tração constante no sistema (SCHINDLER, 2017).

Segundo Enermodal (2004), deve ser feita uma distinção nos elevadores de tração engrenados e não engrenados. Nos elevadores engrenados uma polia é conectada em uma caixa de redução que é ligada ao motor. Este sistema é indicado para adequar motores de faixa muito alta de operação para passageiros, assim a rotação deste fica

próxima de 1700rpm. Nessa rotação, fica impossível conectá-lo diretamente à cabina. Deste modo, é necessário utilizar a caixa de redução.

Já no caso de elevadores não engrenados, a polia por onde passa os cabos de tração estão diretamente ligadas no eixo do motor elétrico. É bastante utilizado em prédios onde não há espaço suficiente para casa de máquinas. Geralmente são mais eficientes energeticamente e, de forma geral, é utilizado em edifícios mais altos, conseqüentemente o deslocamento destes estão associados em maiores velocidades (ENERMODAL, 2004).

5 RESPALDO TÉCNICO NORMATIVO – ABNT NBR ISO 50001

5.1 NORMA TÉCNICA

A ISO 50001 foi desenvolvida pelo ISO Technical Committee (TC) 242 - Energy Management. No Brasil, o Comitê Brasileiro de Gestão e Economia de Energia (CB 116), pertencente à estrutura organizacional da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

5.2 OBJETIVO DA NORMA

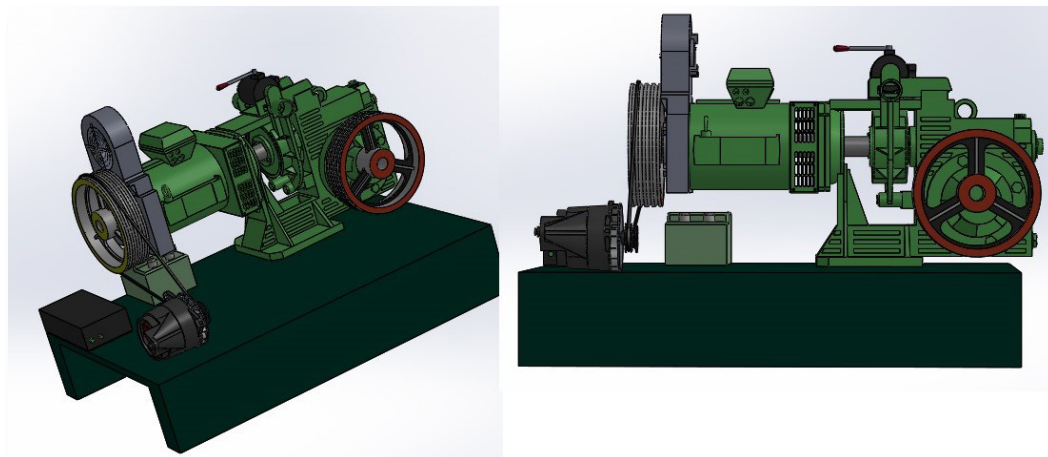
Esta norma técnica especifica requisitos para o estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão da energia. Seu objetivo é habilitar uma organização a seguir uma abordagem sistemática para atendimento da melhoria contínua de seu desempenho energético, incluindo eficiência energética, uso e consumo de energia em edifícios comerciais, por exemplo. Além disso, ela deve ser aplicável a todos os tipos de organizações podendo ainda ser utilizada para certificação, registro ou auto declaração.

6 O PROJETO

Foram utilizados três itens básicos do sistema alimentador de energia elétrica continua aos veículos, são eles: polia, correia, alternador e uma bateria. Foi utilizado um conversor de tensão 12V Corrente Continua (CC) para 220V Corrente Alternada (CA). E, por fim, mas não menos importante o sistema industrial composto por um motor

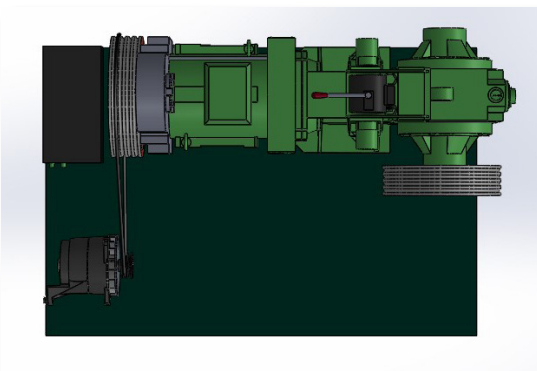
trifásico industrial de 20cv e 15KW de potência da fabricante Eberle. O funcionamento deste projeto é simples: aproveitar o movimento cinético do eixo motor do elevador e transformá-la em energia elétrica armazenada em uma bateria.

FIGURA 3 – Diagrama esquemático



FONTE: Os autores (2018)

FIGURA 4 – Vista superior do projeto



FONTE: Os autores (2018)

Para que o alternador consiga manter uma rotação mínima para carregar a bateria são necessárias cerca de 800 rotações por minuto (RPM). A relação de (RPM) é de aproximadamente 2:1, ou seja, há uma relação maior da polia localizada no eixo do motor do elevador transmitida para a polia menor instalada no alternador. Em uma análise possível e real da utilização do elevador com giro muito baixo, o eixo do motor tracionador pode girar à 500 (RPM) apenas, porém a polia do alternador girará duas vezes mais, ou seja, 1000 (RPM) tornando possível gerar a tensão máxima (aproximadamente 14,80V) para a carga da bateria.

6.1 FABRICAÇÃO E MONTAGEM

Pensando no meio ambiente e, também, nos processos de engenharia reversa a fim de diminuir os custos totais deste projeto, a única peça a ser adquirida em estado novo foi o conversor 12V para 220V. Todas as demais peças que compõem a estrutura deste dispositivo foram adquiridas em processos de reaproveitamento de peças já utilizadas anteriormente (ferro velho).

6.2 TESTES

O sistema de elevadores da instituição possui sete andares. O ciclo inicial foi realizado com o elevador parado no sétimo andar e vazio. Logo após a instalação do dispositivo, o sistema de alimentação de energia do elevador foi acionado. O elevador realizou o deslocamento do sétimo andar ao primeiro andar e vazio.

O ciclo total de deslocamento do elevador do último andar ao térreo é de 32 segundos. Para realizar os testes foi medido sua corrente de consumo em Amperes (A) seu barramento com o auxílio de um amperímetro digital com a forma de alicate conforme a figura 5 abaixo.

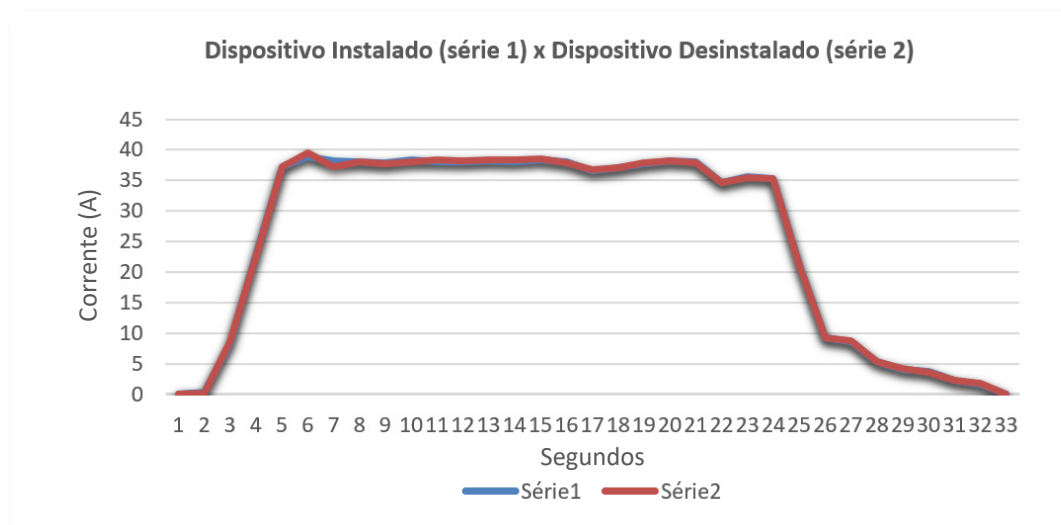
FIGURA 5 – Ferramenta de medição de corrente elétrica digital



FONTE: Os autores (2018)

Os dados foram filmados com o intuito de visualizá-los em software de reprodução de vídeos em velocidade reduzida para anotação dos resultados obtidos para se obter uma maior precisão dos valores registrados que são apresentados conforme gráfico abaixo:

GRÁFICO 1 – Medição dos valores obtidos nos testes



FONTE: Os autores (2018)

Com recursos estatísticos, podemos calcular o valor médio da distribuição normal da corrente elétrica consumida pelo sistema tracionador demonstrando assim os resultados obtidos nas duas situações. Ambas sendo testadas por cerca de 10 ciclos com o elevador sem passageiros e com movimento contínuo do primeiro andar até o sétimo andar, são elas:

- Sistema Regenerativo Instalado (série 1): 26,175 Amperes.
- Sistema Regenerativo Não Instalado (série 2): 26,168 Amperes.

A diferença encontrada é de 0,00626 amperes.

6.4 RESULTADOS

Após a realização de vários ciclos de testes, os resultados obtidos foram muito satisfatórios conforme os dados contidos no gráfico 2. Pode-se observar que tanto o dispositivo regenerador instalado quanto desinstalado obteve variações muito pequenas. Inclusive em alguns momentos foram anotadas medidas em que os resultados foram ligeiramente melhores com o dispositivo instalado no sistema tracionador do elevador. Porém, foram planejados todas as medidas anotadas de corrente consumida. Foi identificado uma variação de 0,1 A à mais de consumo para o dispositivo instalado.

No que diz respeito à potência de 1000 Watts gerada pelo conversor de tensão, podemos considerar um fator de segurança de valor 20%. Como todo projeto de engenharia que se tenha responsabilidade, deve-se ser considerado e estimado um fator de segurança a fim de evitar possíveis problemas futuros para todos os envolvidos no projeto, desde usuários até mesmo ao projetista. Em virtude disso, a potência estimada que será gerada pelo conversor de tensão será de 800 Watts.

Como parâmetro de eficiência deste sistema, basta multiplicarmos os 800W pelo número de horas que o sistema ficará ligado. Neste caso a quantidade de horas média será de 16 horas diárias com base no horário de funcionamento da instituição. Após isso, utilizaremos o valor de divisão 1000 para que o valor dado em W/h seja convertido em kW/h, pois a medida mais utilizada para a conta final é o kW/h.

$$\frac{\text{Geração kW/h} = \text{Potência (W)} \times \text{Horas (h)}}{1000} \quad (2)$$

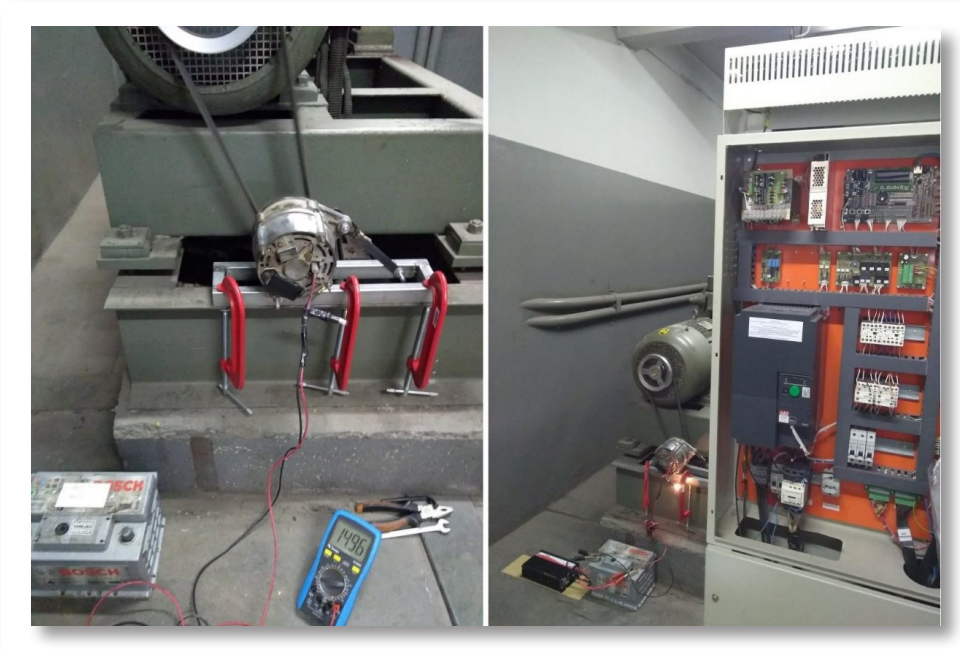
$$\frac{\text{Geração kW/h} = 800 \text{ (W)} \times 16 \text{ (h)} = \text{Geração de } 12,8 \text{ kW/h}}{1000} \quad (2.1)$$

Feito isso, podemos multiplicar o valor gerado durante o período de uso diário pelo valor médio do kW/h segundo dados da Companhia Paranaense de Energia – Copel que são aproximadamente R\$ 0,60 por cada kW/h.

$$12,8 \text{ (kW/h)} \times 0,60 \text{ (centavos)} = \text{R\$ } 7,68 \quad (2.2)$$

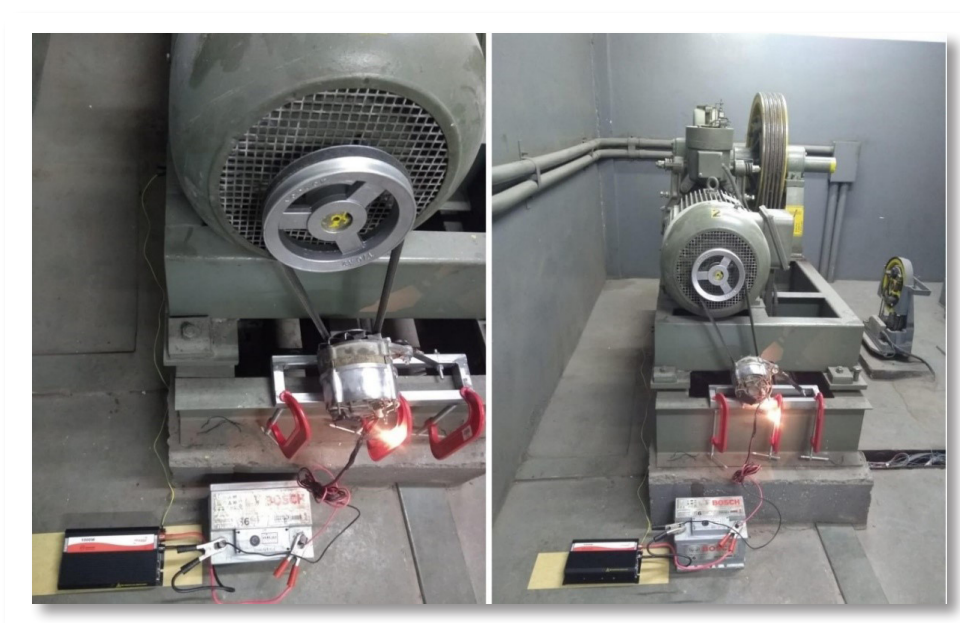
Este valor pode ser multiplicado pela quantidade de dias do mês, considerando apenas funcionamento de segunda à sexta durante as mesmas 16 horas, ou ainda, 21 dias. Como resultado teríamos o valor equivalente de energia gerada de R\$ 161,28.

FIGURA 6 – Sistema regenerador de energia cinética e painel de controle



FONTE: Os autores (2018)

FIGURA 7 – Visão geral do sistema regenerativo de energia



FONTE: Os autores (2018)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os edifícios comerciais são responsáveis pelo alto consumo da matriz energética mundial, aproximadamente 10% desta energia é consumida somente pelos sistemas de elevadores. Este projeto demonstra como um dispositivo de consumo pode ser aproveitado como meio regenerativo de energia aplicado aos sistemas de tração dos elevadores.

Com o desenvolvimento deste trabalho é possível observar que o caminho da regeneração de energia deve ser uma tendência cada vez mais explorada. Com o foco na economia e sustentabilidade este projeto revoluciona conceitos dificilmente explorados.

Em relação ao seu funcionamento, basicamente a energia convertida de 12V para 220V tem uma potência total estimada em 800W. Este valor de potência energética pode alimentar diversos dispositivos elétricos ou eletrônicos a fim de reduzir os custos energéticos da instituição de ensino.

Os referidos testes demonstram que este tipo de tecnologia é viável para determinados edifícios e equipamentos. Porém, a aplicabilidade deste projeto deve ser analisada, uma vez que cada edifício possui características construtivas e de fluxo de passageiros que alteram a viabilidade de implementação.

Como sugestão de continuidade deste trabalho, é possível avaliar o destino do potencial energético armazenado a fim de contribuir economicamente para instituição. Por último, pode-se afirmar que quanto mais alto for o edifício e maior o seu fluxo de passageiros, mais vantajoso será a aplicação deste sistema.

REFERÊNCIAS

- AECWEB. **Rochaverá Corporate Towers recebe Leed Gold**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/rochavera-corporate-towers-recebe-leed-gold_2018_10_0>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ASHRAE; AMERICAN SOCIETY OF HEATING; REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. Atlanta: ANSI; ASHRAE; IES, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 50001: sistemas de gestão da energia**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/noticias/5000-iso-50001>>. Acesso em 04 jan. 2018.
- BRASIL. Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 dez. 2001b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d4059.htm> Acesso em: 05 jan. 2018.
- BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Câmara Legislativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out. 2001. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2001/lei-10295-17-outubro-2001-408176-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 04 jan. 2018.
- BRASIL. Resolução do Conselho de Ministros de nº 20/2013. **Diário da República**, 1.ª série, n.º 70, 10 abr. 2013. Disponível em: <<https://dre.tretas.org/dre/308281/resolucao-do-conselho-de-ministros-20-2013-de-10-de-abril>>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- BUCUSSI, A. A. **Introdução ao conceito de energia**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. (Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 17, n. 2). Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n3_Bucussi.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2018.
- EDMINISTER, A. J. **Circuitos elétricos**. São Paulo: Abril, 2013.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **International Energy Outlook 2017**. Disponível em: <www.eia.doe.gov/oiia/ieo/index.html>. Acesso em: 18 fev. 2018.
- FALCONE, Á. G. **Eletromecânica: transformadores e tradutores, conversão eletromecânica de energia, máquinas elétricas**. São Paulo: Blucher, 1979. v. 1.
- GUEDES, V. B. A. M. **Sistemas Eletromecânicos de Conversão de Energia**. 2001. 104 f. Trabalho acadêmico (Graduação em Engenharia) – Universidade do Porto, Porto, 2001. Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/maquel/AD/SECE.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Renewable Energy Prospects: Germany**. 2015. Disponível em: <[http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_REmap_Germany_report_2015-\(1\).pdf](http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_REmap_Germany_report_2015-(1).pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- LEONESSA, R. **Curso à distância em manutenção de edificações**. 31 f. Londrina-PR. Disponível em: <<http://creaweb.crea-pr.org.br/pro-crea/arquivosAula/curso54/modulo3/fontepesquisa/apostila2.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2018.
- MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 7. ed. de acordo com a NBR 5410/97 e 14.039. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- MARTINO, G. **Eletricidade industrial**. São Paulo: Hemus, 1982. v. 1.

MOREIRA, S. R. J. **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PATRÃO, C. et al. Energy efficient elevators and escalators. In: ACT! INNOVATE! DELIVER! REDUCING ENERGY DEMAND SUSTAINABLY, 2009, La Colle sur Loup. **Proceedings...** La Colle sur Loup, 2009. Disponível em: <https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2009/Panel_4/4.037/paper.pdf> Acesso em: 22 fev. 2018.

PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; POUT, C. A review on buildings energy consumption information. **Energy and Buildings**, Sevilla, v. 40, p. 394-398, 2008. Disponível em: <http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/ARTICULOS/PAPER_LPL_1_OFF-PRINT.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2008.

ROCHA, A. B. **Implementação de um programa computacional para auxílio ao projeto de freios automotivos utilizando técnicas de metodologia de projeto**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18146/tde-26102011-234252/en.php>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

SCHINDLER. **Manual de transporte vertical em edifícios elevadores de passageiros, escadas rolantes, obra civil e cálculo de tráfego**. Disponível em: <<https://www.schindler.com/br/internet/pt/sobre-atlas-schindler/download-center.html>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

_____. **Máquina de tração**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://www.schindler.com/br/internet/pt/sobre-atlas-schindler/download-center.html>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SECTRON. **Manual de máquinas de tração**. São José dos Campos-SP. Disponível em: <<http://www.sectron.com.br/manuais>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SIMONE, A. G. **Conversão eletromecânica de energia**. São Paulo: Érica, 2010.

SOARES, I. **Eficiência Energética e a ISO 50001**. Lisboa: Europress, 2015.

THYSSENKRUPP. **A primeira a transformar elevadores em unidades de energia net-zero**. Disponível em: <<http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/blog/thyssenkrupp-e-a-primeira-a-transformar-elevadores-em-unidades-de-energia-net-zero>>. Acesso em: 06 jan. 2018.

TIPLER, P. A. **Física: eletricidade e magnetismo, ótica**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 2.