



V Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica

V EnICT

ISSN: 2526-6772

IFSP – Câmpus Araraquara

22 e 23 de outubro de 2020



## REAPROVEITAMENTO ENERGÉTICO EM BICICLETAS ERGOMÉTRICAS DE ACADEMIAS: UM ESTUDO DE CASO

RICHARDY WILLIAM MICHELONI<sup>1</sup>, PEDRO HENRIQUE AQUINO BARRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade de Araraquara – UNIARA, [rwmiceloni@uniara.edu.br](mailto:rwmiceloni@uniara.edu.br)

<sup>2</sup> Orientador/Docente do curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Araraquara – UNIARA, Doutorando em Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – EESC/USP, [phabarra@uniara.edu.br](mailto:phabarra@uniara.edu.br)

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Engenharia Elétrica – 3.04.00.00-7

**RESUMO:** Em um contexto mundial onde maior parte das fontes de geração de energia elétrica é não renovável, torna-se imprescindível a busca por fontes alternativas e renováveis de energia visando diminuir a emissão de gases poluentes (Acordo de Paris), mudanças climáticas e outras consequências. Dessa forma, soluções que visem incrementar a eficiência energética, ou ainda, o aproveitamento energético, são totalmente necessárias. Neste contexto, este artigo apresenta uma possibilidade para aproveitamento energético em academias, por meio de bicicletas ergométricas. Destaca-se que nas academias, uma grande quantidade de energia cinética é gerada diariamente, todavia, não é aproveitada devido à falta de pesquisa e desenvolvimento nesta área. Assim, este estudo traz análises referentes ao aproveitamento energético da energia gerada em ambientes de treino. Para tanto, as análises realizadas levam em consideração dados coletados em três diferentes academias no estado de São Paulo e Santa Catarina. Os resultados apontam que esse tipo de ideia é promissora e possui um tempo de retorno de investimento relativamente pequeno. Por conseguinte, desenvolvedores de tecnologia e pesquisadores poderiam explorar com maior profundidade a temática aqui abordada.

**PALAVRAS-CHAVE:** bicicleta ergométrica; eficiência energética; fontes alternativas de energia; reaproveitamento energético; qualidade de vida.

### INTRODUÇÃO

Verifica-se no contexto atual dos sistemas elétricos de potência uma crescente demanda por eletricidade, com uma busca cada vez maior por confiabilidade, qualidade da energia elétrica e eficiência energética. O cenário mundial apresenta uma matriz energética majoritariamente não renovável, e com as implicações desse fato nas questões ambientais, a busca por meios alternativos para gerar energia ou reutilizar a energia desperdiçada em determinados processos é cada vez mais intensa e indispensável. Esta preocupação com fontes renováveis pode ser observada por meio de sua participação no setor elétrico, que em nível mundial, era de 15% em 2015, e em 2050 estima-se que esta participação chegue aos 60% (GIELEN et al., 2019).

Em fato, existem diversas formas nas quais se pode produzir energia. Não obstante, um grande desperdício de energia pode ser observado em uma diversidade de processos e procedimentos. Segundo uma pesquisa desenvolvida pela ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia) sobre o potencial de eficiência energética no Brasil no horizonte 2008-2016, em três anos o Brasil desperdiçou 143.647 GWh. Este montante é 1,4 vezes maior do que a produção de energia elétrica da usina de Itaipu em 2016, culminando em um prejuízo de R\$ 61,71 bilhões. Ressalta-se que os impactos dessas perdas, além de representarem perdas financeiras, estão intimamente relacionados às mudanças climáticas.

Ainda, segundo estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e apresentadas no Atlas da Eficiência Energética de 2019 (EPE, 2019), o consumo de energia está diretamente associado à

atividade econômica de um país. Dessa forma, a análise do histórico da economia é relevante para entender os movimentos de variação do consumo. No período compreendido entre 2001 e 2018, o Produto Interno Bruto (PIB) evoluiu a uma taxa média de 2,3% ao ano, acumulando um crescimento de 50%. Em relação à oferta interna de energia, esta cresceu no mesmo ritmo da economia (2,3% ao ano), mostrando forte correlação com o PIB. Já a estimativa para demanda brasileira de energia elétrica, de acordo com o documento publicado pela EPE em 2017 (EPE, 2017), o consumo de eletricidade aumentaria de 498.030 GWh em 2017 para 653.935 GWh em 2026, implicando em um aumento de mais de 30% em um período de 10 anos.

Fica consubstanciado que a busca por formas alternativas de geração e reaproveitamento energético contribuem significativamente para o setor elétrico, economia e sociedade. Nota-se, portanto, uma necessidade de busca por soluções para atender estes avanços significativos na demanda, de maneira a evitar grandes desperdícios de energia e buscando o reaproveitamento energético. Assim sendo, ambientes inusitados no que tange à geração de energia, como academias e suas bicicletas ergométricas, são ambientes promissores e que podem contribuir com um todo na busca por um futuro sustentável.

Diante do contexto apresentado, este artigo apresenta uma análise de reaproveitamento energético por meio de bicicletas ergométricas em academias. Para tanto, dados foram coletados em duas academias diferentes no estado de São Paulo, sob a concessão da CPFL, e em uma academia situada em Florianópolis, Santa Catarina. O estudo segue na direção de apresentar estimativas de reaproveitamento de energia que poderia ser utilizada nas academias sob estudo. Com essas informações, apresenta-se uma breve análise de investimento, calculando-se o tempo de retorno dos investimentos. Os resultados aqui apresentados podem ser de extrema importância em projetos de pesquisa e desenvolvimento voltados para a construção de projetos-piloto para implementação desse tipo de solução.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente trabalho tem em sua pauta a geração de energia elétrica através de meio limpo e não convencional. Como tudo no mundo, "nada se cria, nada se perde, tudo se transforma" (Lavoisier). Não seria diferente com a energia. No caso deste artigo, a energia química (do ser humano), é transformada primeiramente em energia cinética e mecânica, para depois, no caso de uma bicicleta ergométrica convencional, ser transformada em calor pelo freio interno, sendo a função deste último apenas aumentar a resistência de rotação da força aplicada aos pedais, aumentando o gasto calórico pelo usuário.

Na atualidade, esta energia é desperdiçada em sua totalidade. Assim sendo, esta é uma possibilidade a ser pesquisada e investigada. Existe uma escala, denominada "escala de Kardashev" (FUTURISM, 2014) desenvolvida como uma forma de medir o avanço tecnológico de uma civilização com base em quanta energia utilizável ela tem à sua disposição. Isto é, a posição da sociedade, para Kardashev, numa escala de desenvolvimento tecnológico, depende fundamentalmente, do quanto se aproveita a energia ao redor, e quão evoluída está a sociedade para aproveitar essa energia com o máximo de rendimento possível, evitando ao máximo as perdas existentes quando ocorre uma conversão da mesma.

Existem diversas formas de gerar energia elétrica, todavia, sempre será necessário o uso de um gerador elétrico. O principal problema não está em gerar a energia elétrica, mas sim em manipulá-la e armazená-la (EL-MANN, 2009). Para isso é necessário ter sempre um conversor, o qual é mais eficiente quanto maior for o rendimento em relação entre a potência de saída pela potência de entrada. No caso deste trabalho, o cálculo do rendimento do sistema dá-se por meio da equação (1).

$$\eta = \frac{P_e}{P_p} \quad (1)$$

onde,

$\eta$  – rendimento do processo;

$P_e$  – potência elétrica gerada em Watts;

$P_p$  – potência desenvolvida pela pessoa em Watts.

Baseado na equação (1), foram pesquisados diversos projetos para geração de energia elétrica em uma bicicleta ergométrica, e o tipo de conversor com melhor rendimento encontrado nas áreas de pesquisa energética é o tipo Boost, cascadeado com um inversor padrão (DIAS et al., 2016) (MACAGNAN et al., 2016). No trabalho de Dias et al. (2016), o gerador de corrente contínua utilizado conta com uma tensão de 24 V, potência nominal de 210 W, rotação nominal 2655 rpm, e corrente de 8,75 A. Para esse projeto dar certo, foi necessário o uso de um sistema de polias e correias para atingir a rotação nominal do gerador, visto que a roda de uma bicicleta ergométrica convencional apresenta uma rotação média de 320 rpm. A topologia de um conversor desse tipo é muito parecida com a encontrada em conversores solares, porém neste caso, não é necessário ter um capacitor de entrada, pois o controle é feito sobre a corrente do circuito.

Outro conceito importante para o desenvolvimento desse tipo de projeto está relacionado com a quantidade de energia que uma pessoa consegue transferir, em média, para uma bicicleta ergométrica convencional (vertical). No caso de bicicletas ergométricas com atuação elétrica nos freios (objeto desse estudo), pode-se encontrar que a graduação de carga varia de 0 a 500 W (SAUDE EM MOVIMENTO, 2002). A partir dessa informação, assume-se neste trabalho um valor médio de 250 W para os estudos aqui alçados.

## METODOLOGIA

Para trazer maior credibilidade a essa pesquisa, foram procuradas e estudadas, diferentes academias de musculação, sendo uma de grande porte, outra de médio porte e uma terceira de pequeno porte, para trazer uma variabilidade maior na obtenção de dados necessários para alcançar o objetivo final, que é verificar se o investimento necessário para gerar energia por meio de bicicletas ergométricas em academias é viável ou não.

Os dados coletados em cada uma das academias são de extrema importância para determinar com uma maior assertividade o quanto de energia poderia ser gerado, e o quanto de economia traria para o investidor, baseando-se em dados de faturas coletados em unidades reais e estudados durante um período considerável de tempo. Adicionalmente, alguns dados para o cálculo da energia gerado foram adotados baseando-se em trabalhos existentes na literatura. Esses dados incluem: o rendimento do conjunto gerador/conversor (90%); o esforço do indivíduo durante o exercício na bicicleta ergométrica, que como já foi mencionado é aproximadamente 250 W; a quantidade média de pessoas que frequentam a academia regularmente (dado coletado); a quantidade de bicicletas ergométricas e de simuladores de caminhadas (elíptico) (dado coletado); quantidade média de kWh consumida mensalmente pelas academias (dado coletado); e, por fim, o tempo médio que uma pessoa utiliza a bicicleta ou o simulador (dado coletado).

Vale ressaltar que o parâmetro de tempo médio de utilização das bicicletas e do simulador pode variar bastante, a depender da academia. Isto se deve ao fato de que algumas academias possuem aulas de *spinning* em seu escopo de atividades, cujo tempo de duração pode variar entre 50 e 60 minutos, em média. Alternativamente, todas as pessoas que passam pela academia empenham um tempo médio de 10 minutos como aquecimento em uma bicicleta ou em uma esteira, dado esse obtido com os profissionais das academias. Esse valor de tempo é consonante com recomendações médicas. Segundo Sarah Merrill, médica de cuidados primários e medicina esportiva na UC San Diego Health Sciences (EUA), “Fazer cardio leve, como correr ou andar de bicicleta, pode preparar os músculos para o trabalho físico de levantar pesos e aumentar o fluxo sanguíneo para os grandes grupos musculares que você usará” (MATEO ASHLEY, 2020).

Baseado na obtenção desses dados reais é possível utilizar a equação (2), desenvolvida para estimar a energia gerada em kWh durante um mês em uma academia. Esta equação considera a quantidade média de pessoas que frequentam a academia diariamente (variável a depender do porte da academia), a potência desenvolvida pelo indivíduo (250 W), o tempo de utilização médio (0,17 horas ou 10 minutos), o rendimento do sistema (90%) e o número de dias de utilização (30 dias).

$$E_g = Q_p \times P_{di} \times T_u \times \eta \times D \quad (2)$$

onde,

$E_g$  – energia média gerada em kWh;

$Q_p$  – quantidade média de pessoas que frequentam a academia diariamente;

P<sub>di</sub> – potência média desenvolvida pelo indivíduo em kW;  
T<sub>u</sub> – tempo de utilização em horas;  
η – rendimento do sistema;  
D – número de dias de utilização.

A partir da estimativa de energia gerada pelo sistema proposto, torna-se possível analisar a economia que o sistema pode trazer para diferentes academias, análises estas apresentadas na sequência deste estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na coleta de dados junto às academias, três diferentes portes de estabelecimentos foram considerados. Uma determinada academia A, considerada como sendo de pequeno porte, recebe diariamente (em tempos não pandêmicos) uma média de 300 pessoas, que realizam treinos de musculação. Esta quantidade pode variar tanto para mais, quanto para menos, a depender do dia da semana. Uma redução na quantidade de pessoas é observada durante os finais de semana, já contabilizada na média final (300 pessoas). A segunda academia considerada (academia B) recebe em média 800 pessoas por dia. Por fim, uma academia de grande porte (academia C), situada em Florianópolis, recebe diariamente uma média de 1600 pessoas (vale destacar que os dados referentes à academia C foram retirados da literatura, mais especificamente do estudo de Bona (2017)). Destaca-se ainda que a categorização das academias em pequeno, médio e grande porte foi baseada na quantidade de pessoas que passam diariamente pelas mesmas.

A fim de exemplificar a aplicação da equação (2), considerando o caso da academia de médio porte (academia B), o parâmetro Q<sub>p</sub> é igual a 800, o P<sub>di</sub> adotado é igual a 0,25 kW, o tempo de utilização T<sub>u</sub> é de 10 minutos (0,17 hrs), e o rendimento do sistema adotado é de 90%. Isto resulta em uma energia média mensal gerada de 918 kWh para esta academia. Esta mesma análise foi feita para as os três casos de academias, cujos resultados são apresentados na Tabela 1. Para fins comparativos, apresentam-se também na Tabela 1, informações associadas ao consumo médio mensal de cada uma das academias.

**TABELA 1. Valores de geração e consumo por porte de academia.**  
Fonte: Elaborada pelo autor.

Academias	A	B	C
Energia gerada (kWh)	344	918	1836
Consumo médio mensal (kWh)	3750	9200	18750

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, verifica-se uma possível economia de aproximadamente 10% para as academias, seja ela de pequeno, médio ou grande porte. É interessante observar que o parâmetro relacionado à quantidade média de pessoas que frequentam a academia diariamente (Q<sub>p</sub>), na equação (2), é o mais significativo, visto que os demais parâmetros são associados ao projeto, iguais para os três casos analisados. É importante ressaltar a importância desses dados reais para a pesquisa em questão, visto que foram analisados outros artigos e pesquisas no mesmo âmbito deste, e em todos os dados apresentados não foram inspirados em médias obtidas junto às academias, configurando, portanto, uma contribuição deste trabalho em relação aos demais.

Uma observação importante de ser feita acerca da economia gerada é que também foram levantadas as informações sobre consumo energético por parte apenas da iluminação de cada academia, e como base de comparação, nas academias de médio e pequeno porte, o gasto de iluminação também se aproxima aos 10% do total que é consumido, ou seja, a economia gerada pela implantação do projeto iria custear todo mês, pelo menos a parte de iluminação da academia, algo bem notável, levando em consideração que o projeto não depende de alterações climáticas como a energia eólica ou solar. Em relação à academia de grande porte, o mesmo não poderia ser afirmado, visto que devido à grande área ocupada pela academia, o custo com iluminação é aproximadamente 20% em relação ao total da fatura.

Por fim, este artigo apresenta uma análise financeira de investimento para as três academias analisadas e em quanto tempo este investimento passaria a apresentar retorno ao investido. Baseando-se no estudo apresentado em (DIAS et al., 2016), o custo aproximado para a implementação de um protótipo, abrangendo os valores da bicicleta, do gerador e demais equipamentos é de aproximadamente R\$ 1.500,00.

Todavia, esta estimativa de custos considera o valor das bicicletas, já existentes nas academias analisadas neste artigo. Portanto, o valor do protótipo, por bicicleta, ficaria em torno de R\$ 1.095,00. Partindo desses valores, a Tabela 2 apresenta os valores de investimento para cada uma das academias, mostrando também uma estimativa de tempo de retorno para cada um dos casos.

**TABELA 2. Análise de investimento considerando as academias A, B e C.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

Academias	A	B	C
Quantidade de bicicletas	6	14	24
Valor investimento	R\$6.570,00	R\$15.330,00	R\$26.280,00
Tempo de Retorno	24 meses	21 meses	18 meses

Na Tabela 2, o valor total do investimento para cada academia é obtido diretamente pela multiplicação de bicicletas pelo valor unitário de investimento. O valor de tarifa utilizado para os cálculos foi de R\$0,80 kWh. Dessa forma, foi possível obter o tempo aproximado de retorno, que por conveniência, foi arredondado para um valor inteiro imediatamente superior. Verifica-se que o retorno do investimento se dá em uma média de 21 meses. A academia C, de maior porte, apresentou um retorno abaixo da média (17,89 meses), enquanto que a academia A (de menor porte), apresentou um retorno do investimento realizado próximo aos 24 meses.

É interessante também destacar que caso a academia tenha aulas de *spinning*, como foi o caso de uma das três academias estudadas (academia B), os valores para geração e conseqüente economia na fatura aumentariam. Em consulta a esta academia, verificou-se que o ambiente de *spinning* conta com as 14 bicicletas, e que as aulas duram aproximadamente 60 minutos, 2 vezes por semana. Assumindo os mesmos valores utilizados anteriormente na equação (2), e adotando que as aulas atinjam em média 80% de lotação, a academia B geraria um adicional de 20,2 kWh/mês. Na análise de investimento, o retorno decresceria de 20,87 meses para 20,42 meses.

Por fim, vale evidenciar que os tempos de retorno obtidos para as três academias foram totalmente satisfatórios. Ao aplicar este tipo de projeto, além das questões sustentáveis associadas, os investidores passariam a obter lucros interessantes em um curto período de tempo. Sabe-se da literatura, que projetos de sistemas fotovoltaicos, por exemplo, apresentam um tempo de retorno de investimento substancialmente superior aos aqui discriminados. No entanto, ressalta-se que esses não são projetos excludentes, isto é, as academias poderiam empregar sistemas fotovoltaicos, bem como reaproveitar a energia gerada nas bicicletas ergométricas.

## CONCLUSÕES

A crescente demanda por eletricidade e a necessidade por redução na emissão de gases poluentes e mitigação de mudanças climáticas requerem medidas associadas com eficiência energética, reaproveitamento energético e diversificação da matriz energética. Diante deste contexto, este artigo analisou a possibilidade de reaproveitamento energético em academias por meio de bicicletas ergométricas. Nesses ambientes, uma quantidade considerável de energia é gerada diariamente, sendo esta não aproveitada para a alimentação de cargas elétricas. Assim sendo, este artigo, amparado na literatura, apresentou estudos de casos por meio de dados coletados em três diferentes academias, baseando-se na literatura e nos dados coletados, foi possível estimar a energia média gerada por meio das atividades nas bicicletas.

Constatou-se que, em média, a energia gerada corresponde a 10% da demanda total das academias, o que é um percentual considerável. O artigo seguiu então na direção de estimar qual seria o tempo de retorno para os investimentos realizados nessas academias. Os resultados deste artigo mostram esta fonte alternativa de geração como sendo promissora, visto que em média, o investimento é retornado após 21 meses. Aponta-se, portanto, uma necessidade de investigações cada vez mais aprofundadas nesta área, abordando aspectos técnicos e econômicos.

Acredita-se que a implementação de um projeto-piloto seria adequado para a experimentação dos resultados aqui apresentados. Como principal dificuldade deste artigo, aponta-se a obtenção dos dados relacionados às faturas das academias, que em sua grande parte, prefere resguardar os seus dispêndios. Em fato, esta é uma das contribuições deste trabalho em relação aos estudos existentes, que não fizeram este levantamento de informações (valores de faturas, média de pessoas, etc.). Apresenta-se ainda uma possibilidade de trabalhos futuros, que envolve analisar também a energia gerada por equipamentos elípticos, que cada vez mais estão presentes nas academias.

## REFERÊNCIAS

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Desperdício de energia atinge R\$ 61,7 bi em três anos. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>>. Acesso em: 1 set. 2020.

BONA, R.M. **Classificação energética de uma sala comercial estudo de caso: Academia SMART FIT**. 2017. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2017.

DIAS, L.R. et al. **Sistema de geração de energia elétrica a partir de uma bicicleta ergométrica**. In: XIV Conferência de Energia Elétrica, Uberlândia, 2016.

EL-MANN, M. **Sistema armazenador de energia cinética – SAEC implementação experimental**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2009.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Altas da Eficiência Energética Brasil 2019, 2019. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20\(002\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20(002).pdf)>, Acesso em 16 de junho de 2020.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Projeção de demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2017-2026), 2017. Disponível em: <[https://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico261/DEA%20001\\_2017%20%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026\\_VF%5B1%5D.pdf](https://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico261/DEA%20001_2017%20%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF%5B1%5D.pdf)>, Acesso em 15 de junho de 2020.

FUTURISM - The Kardashev Scale – Type I, II, III, IV & V Civilization, 19 de julho de 2014. Disponível em: <<https://futurism.com/the-kardashev-scale-type-i-ii-iii-iv-v-civilization>>, Acesso em 20 de julho de 2020.

GIELEN, D.; et al. **The role of renewable energy in the global energy transformation**. Energy Strategy Reviews, v. 24, p. 38-50, 2019.

MACAGNAN, A.L. et al. **Determinação da eficiência energética da tração humana na geração de energia elétrica através de uma bicicleta ergométrica**. 2016. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2016.

MATEO ASHLEY - Women's Health EUA – “É melhor fazer exercício aeróbico antes ou depois da musculação?”, 23 de agosto de 2019. Disponível em: <<https://womenshealthbrasil.com.br/exercicio-aerobico-antes-ou-depois-da-musculacao/>>, Acesso em 21 de agosto de 2020.

SAUDE EM MOVIMENTO – Fisiologia do exercício / Custo energético dos exercícios, 06 de maio de 2002. Disponível em: <[http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo\\_print.asp?cod\\_noticia=544](http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_print.asp?cod_noticia=544)>, Acesso em 28 de agosto de 2020.