

Análise de Eficiência Energética Baseada no Consumo de Energia Elétrica em Escolas Públicas

Fernando A. Carneiro* Jean-Marc S. Lafay**
Klünger Arthur É. Beck***

* *Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, (e-mail: fernandocarneiro@alunos.utfpr.edu.br).*

** *Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, (e-mail: jeanmarc@utfpr.edu.br)*

*** *Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, SC, (e-mail: klunger.beck@ifsc.edu.br)*

Abstract: This paper consists of the development of a Pre-Diagnosis (PD) for the implementation of an energy efficiency program in public schools, classified as energy-efficient. Initially, an analysis was carried out in electricity bills from 75 schools located in 29 municipalities, which serve students at the levels of early childhood education, elementary and high school, belonging to the public education system of the State of Santa Catarina. The purpose of the research was to evaluate the indicators of Energy Efficiency, based on the relationship between consumption in kWh, by number of students, teachers and per useful area built, selecting the seven least energy efficient schools. The literature review was based on technical books in the area of electrical engineering, statistics, models of energy diagnoses specified in articles and journals. Quantitative consumption indicators were determined, and in the later stage data treatment was performed, and the missing terms were considered during the classification process, applying linear regression, and subsequently correlated with the to explain the results, through graphs and tables. Some of the results obtained at this stage of work showed that, among the seven least energy-efficient schools, 60% are installed in the municipality with the higher Human Development Index.

Resumo: Este trabalho consiste no desenvolvimento de um Pré-Diagnóstico (PD) para implantação do programa de eficiência energética em escolas públicas, classificadas como ineficientes energeticamente. Inicialmente realizou-se uma análise em faturas de energia elétrica de 75 escolas localizadas em 29 municípios, que atendem alunos nos níveis de educação infantil, ensino fundamental e médio, pertencentes à rede pública de ensino do Estado de Santa Catarina. A finalidade da pesquisa foi avaliar os indicadores de Eficiência Energética, embasados na relação entre consumo em kWh, por número de alunos, professores e por área útil construída, selecionando as sete escolas menos eficientes energeticamente. A revisão de literatura teve como base, livros técnicos na área de engenharia elétrica, de estatística, modelos de diagnósticos energéticos especificados em artigos e periódicos. Foram determinados os indicadores quantitativos de consumo, e na etapa posterior realizou-se o tratamento de dados, e ponderou-se os termos ausentes, durante o processo de classificação, aplicando a regressão linear, e posteriormente correlacionou-se com o intuito de explicar os resultados, por meio de gráficos e tabelas. Alguns dos resultados obtidos nesta fase do trabalho, demonstraram que, entre as sete escolas menos eficientes energeticamente, 60% delas estão instaladas no município com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) mais elevado.

Keywords: Public Schools; Electricity bills; Statistical Analysis; Energy efficiency indicators; Resource optimization.

Palavras-chaves: Escolas Públicas; Faturas de Energia Elétrica; Análise Estatística; Indicadores de Eficiência Energética; Otimização de Recursos.

1. INTRODUÇÃO

A ineficiência no consumo de energia elétrica em escolas públicas origina gastos exagerados, e em algumas circunstâncias desalinhados a realidade estrutural, a qual se corrigida de maneira clara e objetiva pode se reverter para reinvestimento e modernização. Os valores despendidos na fatura de energia elétrica de escolas públicas, tornam-se notórios, à medida que, os mesmos passam a comprometer os orçamentos, mensais e anuais destinados a serviços. Desta forma, algumas medidas cautelares, surgem com intuito de reduzir o consumo de energia elétrica. No entanto, sem planejamento, a tendência é que estas medidas se tornem por vezes ineficazes (Zou et al., 2016; IEA, 2018; Scholten et al., 2018; Velasco-Fernández et al., 2019).

Um dos pontos iniciais para avaliar as condições de consumo de um determinado usuário, é realizar uma análise nas faturas de energia elétrica. Através dos dados totais, torna-se possível estipular indicadores que potencializem este consumo de maneira individualizada.

Um dos modelos pode ser a utilização de indicadores de energia consumida por área e energia consumida por indivíduo presentes na instalação. Além dos tradicionais fatores de energia consumida por equipamento (Salleh et al., 2016).

Quando realizadas a análise de energia consumida em escolas, os indicadores, seriam previamente determinados, por consumo de energia em kWh por aluno, kWh por professor e kWh por metro quadrado.

Ponderando os indicadores torna-se possível avaliar as condições de agrupamento de alunos por ambiente, otimizando os recursos existentes, desde que não afetem o desenvolvimento intelectual, durante o repasse de conteúdos. Sobretudo salienta-se que grande parte das ações de eficiência energética, iniciam por meio de planejamento, da implantação e do monitoramento. Porém, os resultados sobre ações de eficiência energética das escolas, dependem exclusivamente do aceite por parte dos gestores de escolas.

2. PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PEE)

O uso racional de energia por parte dos consumidores de diversas classes, contribui sistematicamente com a melhora e preservação dos recursos energéticos existentes (Keong, 2005; Goldman et al., 2005; Nunes, 2016), e quando especificamente direcionada as empresas, ele se converte em eficácia da produtividade (da Fonseca, 1996), possibilitando o aumento da margem de lucro sobre produtos e serviços (Painuly et al., 2003; Salleh et al., 2016; Chen et al., 2018).

A eficiência energética corresponde a quantidade de energia consumida por um determinado equipamento em rela-

* Reconhecimento do suporte financeiro deve vir nesta nota de rodapé.

ção à energia usada para realizar o trabalho (ELETROBRAS, 2009; COPEL, 2018; IEA, 2019). Ela pode ser evidenciada, por meio, de indicadores de desempenho energético (Alvarez, 1998; de Sousa, 2011; Chen et al., 2018; Velasco-Fernández et al., 2019), os quais, visam explicitar o estado de eficiência de diferentes sistemas, sendo que, esses parâmetros podem ser relacionados em uma equação simples, conforme demonstra a Equação 1.

$$I_{ee} = \frac{Es}{Ee}, \quad (1)$$

onde:

- I_{ee} corresponde ao indicador geral de Eficiência Energética
- Es corresponde à Energia Elétrica presente na saída do sistema
- Ee corresponde à Energia Elétrica presente na entrada do sistema

Esses indicadores auxiliam no trabalho desenvolvido pelas *Energy Saving Company* – ESCo, na etapa do Pré-Diagnóstico, em que, são apuradas as informações do consumo de cargas em cada empresa (Keong, 2005), são avaliados estatisticamente dados de fatura, para que possam ser elaborados projetos de melhoria e alto rendimento, bem como dados internos da construção (Painuly et al., 2003; Wang and Wu, 2013; Chen et al., 2018; Velasco-Fernández et al., 2019). A ciência da estatística é um campo da matemática que realiza análise de dados para testar hipóteses, analisa tendências e comprova fenômenos físicos. A análise estatística interpreta dados e contribui no entendimento adequado dos resultados, sendo importante para produção de relatórios de pesquisas científicas e para orientar políticas públicas (Ao and Gelman (2011); Wang and Wu (2013); Chen et al. (2018); Merhav (2018)).

2.1 Análise Estatística

A análise estatística em projetos de eficiência energética pode ser caracterizada por meio de verificação de indicadores quantitativos e qualitativos, envolvendo as médias aritméticas de consumo e demanda especificadas (Alvarez, 1998), promovendo a leitura sobre os parâmetros dos indicadores gerais do ambiente, como número de usuários, área construída (Alvarez, 1998; Wang and Wu, 2013; Chen et al., 2018).

Método de Intervalo de Confiança O intervalo de confiança determina o comportamento de uma população, utilizando tolerância na média amostral (Nunes, 2016). O intervalo de confiança das leituras será expresso conforme Equação 2.

$$IC(\mu, 1 - \alpha) = \left[N - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq N + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right], \quad (2)$$

onde:

- IC corresponde ao intervalo de confiança;
- $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ abscissa para 95% usa-se 1,96;
- σ representa o desvio padrão médio de todas as amostras;
- n equivale ao número total de amostras;
- N equivale a média do número total de termos presentes das amostras;
- μ representa a média de uma população com distribuição normal.

O coeficiente de correlação de *Pearson* (r) varia de -1 a 1 (Filho and Junior, 2009), e para suas variações podem ser classificados como:

- De $0,10 \leq 0,30$ correlação baixa;
- De $0,40 \leq 0,6$ correlação moderada;
- De $0,70 \leq 1$ correlação alta.

3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESCOLAS PÚBLICAS

Em média 50% do gasto energético de uma escola é proveniente de cargas destinadas à iluminação artificial (Wang and Wu, 2013; Corteletti, 2015). Este parâmetro sintetiza, que o consumo energético no ambiente escolar, depende das condições de conforto que os ocupantes pretendem atingir (Wang and Wu, 2013; Nunes, 2016; Salleh et al., 2016; Chen et al., 2018).

Desta forma a análise de fatura possibilita ponderar indicadores de eficiência energética, assim como demonstrar a taxa de ocupação dos espaços e eventuais “desperdícios de consumo” (Corteletti, 2015).

Os indicadores utilizados em diagnósticos energéticos de instituições de ensino podem ser classificados como Indicadores Genéricos e Indicadores Analíticos (Alvarez, 1998; Salleh et al., 2016; Chen et al., 2018).

- Indicadores Genéricos: Fator de Carga, Consumo Mensal por área útil, Consumo mensal em iluminação por área iluminada, Consumo mensal em climatização por área climatizada (Alvarez, 1998);
- Indicadores Analíticos para análise instalações de ensino: Consumo mensal por docente equivalente, Consumo Mensal por aluno equivalente, consumo mensal por usuário equivalente (Alvarez, 1998; Salleh et al., 2016; Kolokotsa et al., 2018).

Os indicadores podem ser apresentados nas Equações 3 - 5.

$$Con_{al} = \frac{\text{Energia.Consumida}}{\text{Alunos}}, \quad (3)$$

$$Con_{pr} = \frac{\text{Energia.Consumida}}{\text{Professor}}, \quad (4)$$

$$Con_{are} = \frac{\text{Energia.Consumida}}{\text{Area}}, \quad (5)$$

onde:

- Con_{al} corresponde a relação de consumo em kWh por aluno;

- Con_{pr} corresponde a relação de consumo em kWh por professor;
- Con_{are} corresponde a relação de consumo em kWh por área.

4. ESTUDO DE CASO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESCOLAS

O projeto pretende identificar as escolas mais ineficientes energeticamente de uma determinada região demonstradas na Tabela 1, dentro de uma população finita, composta por setenta e cinco escolas. Por questões de confidencialidade, os nomes das escolas serão substituídos por código, no qual a letra representa a primeira inicial do nome do município, e o numero significa sua posição em ordem alfabética. Conforme demonstra a Tabela 1 a correlações da amostragem de sete escolas menos eficientes com relação ao consumo de energia elétrica.

Tabela 1. Correlações das sete escolas menos eficientes com relação ao consumo de energia elétrica.

Escola	Consumo (kWh)	Alunos	Professores	Área (m ²)
F4	3351,90	102	29	928
J10	7096,64	469	39	2175,50
J2	5709,31	403	44	2273
J8	1530,70	65	14	443,50
J7	7118,33	227	27	1240
L4	2616	129	18	1049
L6	12496,92	800	96	1886,50

A área de estudo definida, foi a região Meio Oeste do Estado de Santa Catarina, precisamente o Vale do Rio do Peixe.

A região geográfica do Meio Oeste catarinense, compreende 13,24% do território total do Estado, onde situam-se vinte e nove municípios, com uma população total de aproximadamente 336.000 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A representatividade desta população no Estado corresponde a 5,37% e em termos de Brasil corresponde a 0,16%. A média de IDH da Região de análise é 0,732, portanto, inferior a média nacional.

A Figura 1 demonstra as faturas referenciadas por meio do indicador de consumo em kWh, que foram disponibilizadas pelas setenta e cinco escolas, no período de janeiro de 2017 à agosto de 2018, neste caso corresponde à escola J2.

Dentre as 1500 faturas emitidas durante este período, foram obtidas 938, o que significa que os dados obtidos correspondem à 62,53%, sendo 37,47% de variáveis ausentes.

5. METODOLOGIA

Todos os cálculos foram realizados utilizando análise de tarifa de toda a amostragem, realizou-se a verificação dos dados de consumo disponíveis, escrevendo em planilhas no programa Microsoft Excel[®]. Foi editada uma planilha para cada indicador, consumo fora de ponta, consumo no horário de ponta, demanda, custo da energia fora de ponta, custo da energia na ponta, valor da Tarifa

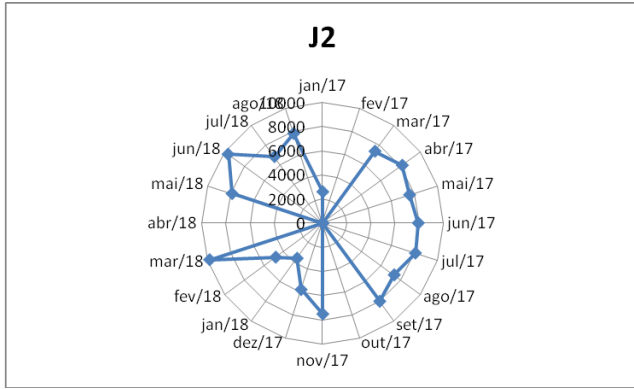


Figura 1. Amostragem do consumo de energia elétrica mensal da escola J2.

de Energia (TE), valor da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). Na sequência reeditou-se cada uma dessas colunas, anulando os valores de consumo dos meses de janeiro, fevereiro, julho e dezembro, referente ao período de recesso escolar. Desta forma, foram analisadas o máximo de 13 faturas por escola, ao invés das 20 faturas emitidas.

5.1 Avaliação de Ineficiência por Correlação

Foi utilizado o método da correlação de Person r , entre a média de consumo pelo Indicador de Consumo de Energia ($Cege$) e os dados gerais de número de alunos por escola, número de professores por escola e área útil das escolas.

Desta forma $Cege_1$ significa a escola com o maior consumo de energia e $Cege_{75}$ a escola com o menor consumo de energia. N_{al1} significa a escola com o maior número de alunos matriculados N_{al75} a escola com o menor número de alunos matriculados. N_{pr1} significa a escola com o maior número de professores e N_{pr75} a escola com o menor número de professores. N_{are1} significa a escola com o maior área útil construída e N_{are75} a escola com o menor área útil construída.

Todos os dados da amostragem foram avaliados pelo método de correlação, conforme apresentados através das Equações 6 - 8.

$$C_{al} = \sum_{i=1}^{n=75} \frac{[(Cege_1 - Cege_{75}) \cdot (n_{al1} - n_{al75})]}{\sqrt{[(Cege_1 - Cege_{75})^2] \cdot [(n_{al1} - n_{al75})^2]}}, \quad (6)$$

$$C_{pr} = \sum_{i=1}^{n=75} \frac{[(Cege_1 - Cege_{75}) \cdot (n_{pr1} - n_{pr75})]}{\sqrt{[(Cege_1 - Cege_{75})^2] \cdot [(n_{pr1} - n_{pr75})^2]}}, \quad (7)$$

$$C_{are} = \sum_{i=1}^{n=75} \frac{[(Cege_1 - Cege_{75}) \cdot (n_{are1} - n_{are75})]}{\sqrt{[(Cege_1 - Cege_{75})^2] \cdot [(n_{are1} - n_{are75})^2]}}, \quad (8)$$

Neste método a correlação será classificada conforme indicadores de qualidade, onde C_{al} é correlação consumo por número de alunos, C_{pr} é a correlação de consumo por número de professores e C_{are} é a correlação de consumo por área útil.

Nestes dados optou-se por seguir os parâmetros abaixo de classificação de Correlação de *Person*.

- Correlação Baixa r variando de $0,10 \leq 0,30$;
- Correlação Moderada com r variando de $0,40 \leq 0,60$;
- Correlação Alta com variando de $r = 0,70 \leq 1$.

Nesta primeira análise envolvendo todas as escolas, foram encontrados os seguintes valores:

- Correlação Consumo Geral X Número de Aluno: $-0,1878$ (Correlação Baixa)
- Correlação Consumo Geral X Número de Professores: $0,32699$ (Correlação Moderada)
- Correlação Consumo Geral X Área construída: $0,2333$ (Correlação Baixa)

Para avaliar os indicadores sobre as escolas menos eficientes, gerou-se um gráfico de dispersão, avaliando a curva de regressão linear, expondo os indicadores x e y , como sendo posição e consumo, respectivamente, além do valor de r , que é a correlação entre as características de consumo. Na sequência, após encontrar as sete escolas menos eficientes, repete-se o processo, determinando o indicador de correlação, por meio do gráfico de dispersão com avaliação da regressão linear.

Os indicadores de consumo, por numero de alunos, números de professores e por área estão apresentados nas Figuras 2, 3 e 4, identificadas sete escolas como ineficientes, pois agrupando através de valores como posição de 1 a 75 da coluna 1 - kWh por aluno, posição de 1 a 75 da coluna 2 - kWh por professores, escola e posição de 1 a 75 da coluna 3 - kWh por área. Considerando em uma escala entre 0 e 80 como o *ranking* das escolas menos eficientes até as mais eficientes.

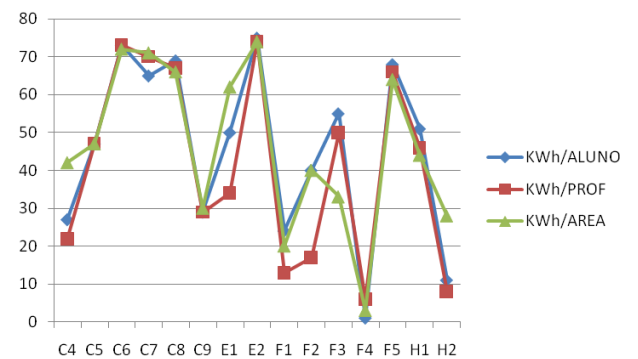


Figura 2. Posição de ineficiência energética das escolas C4, C5, C6, C7, C8, C9, E1, E2, F1, F2, F3, F4, F5, H1 e H2.

Através da análise dos gráficos das Figuras 2, 3 e 4, pode-se verificar que as escolas que apresentaram os três indicadores, concomitantes entre as posições 1 e 10 considerados as mais ineficientes energeticamente. Desta forma foram identificadas as escolas F4, J10, J2, J7, J8, L4 e L6. A F4 na

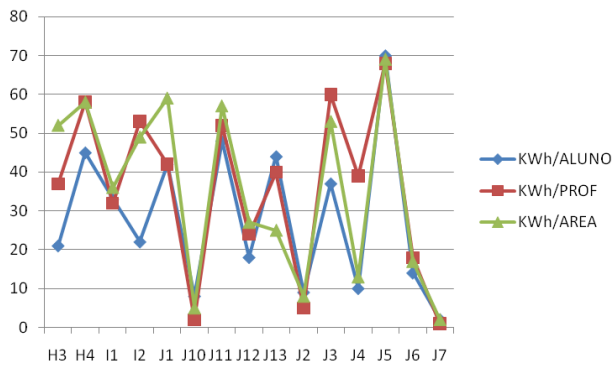


Figura 3. Posição de ineficiência energética das escolas H3, H4, I1, I2, J1, J10, J11, J12, J13, J2, J3, J4, J5, J6 e J7.

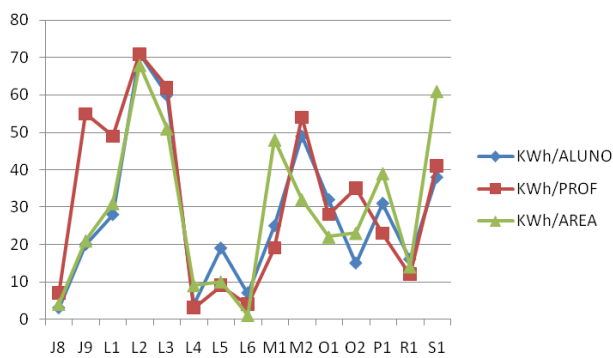


Figura 4. Posição de ineficiência energética das escolas J8, J9, L1, L2, L3, L4, L5, L6, M1, M2, O1, O2, P1, R1 e S1.

figura apresenta o menor indicador kwh/(aluno, professor, área), logo, é a mais eficiente!

A Tabela 2 demonstra as correlações das sete escolas mais ineficientes energeticamente, aplicando as equações 6, 7 e 8.

Tabela 2. Correlações das sete escolas menos eficientes com relação ao consumo de energia elétrica.

	Alunos	Professores	Área (m ²)
Correlação	0,94	0,92	0,67

Conforme Tabela 2 podemos verificar as seguintes informações:

- Consumo Geral versus Número de Aluno: 0,94 (Correlação Alta);
- Consumo Geral versus Número de Professores: 0,92 (Correlação Alta);
- Consumo Geral versus Área Construída: 0,67 (Correlação Moderada) tangenciando à alta.

A Correlação dos indicadores das sete escolas pode ser verificado na Figura 5.

- Para o indicador de kWh/aluno R^2 é 0,022, e a correlação é 0,516 (moderada);
- Para o indicador de kWh/professor R^2 é 0,022 e a correlação é 0,148 (baixa);

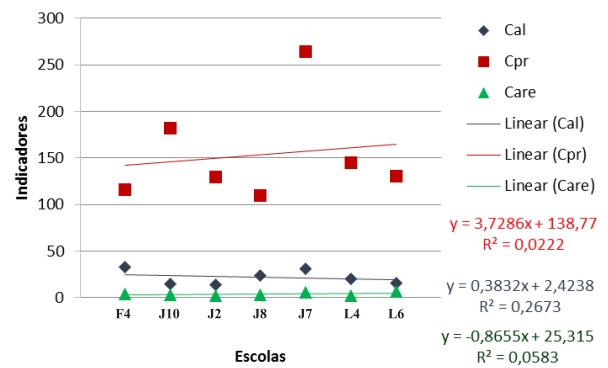


Figura 5. Dispersão com Regressão Linear das sete escolas mais ineficientes

- Para o indicador kWh/m² R^2 é 0,058 e a correlação é 0,240 (baixa).

A análise temporal do consumo de energia em kWh das sete escolas mais ineficientes pode ser verificado na Figura 6.

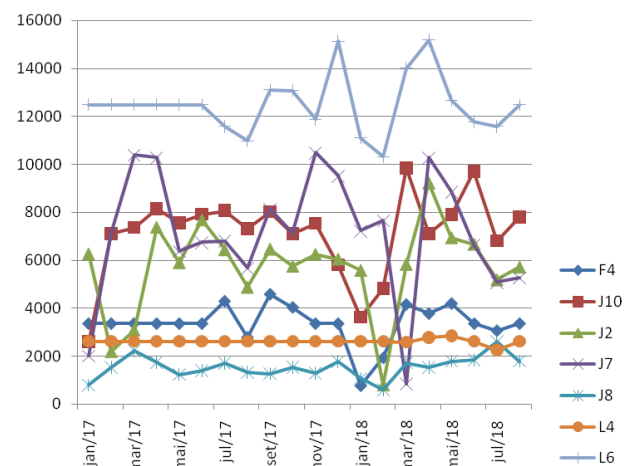


Figura 6. Análise temporal do consumo de energia em kWh das sete escolas mais ineficientes.

6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

As sete escolas que apresentaram os maiores indicadores de ineficiência energética foram as escolas, F4, J10, J2, J7, J8, L4 e L6. Os parâmetros unilaterais (indicadores) das sete escolas demonstram que através da análise que quatro delas estão localizadas no município com o maior IDH da região. Tecnicamente corresponde a 57,14% das escolas, desta forma é possível verificar que nessa região ocorre uma relação inversa entre o IDH e o consumo de energia elétrica nas escolas.

Sobre o intervalo de confiança, para o consumo de energia, identificou-se que 12 escolas estão entre os limites de 5% de tolerância para mais e para menos da média adquirida.

Com relação ao consumo em kWh, verificou-se que a escola L6, apresenta consumo superior às demais escolas analisadas. A escola que apresenta o maior consumo por professores *percapita*, também é a escola que apresenta o maior indicador de consumo por área.

No indicador de kWh por aluno, verificou-se que as escolas F4 e J71, não representam comportamento da média da região. A escola que apresenta o maior consumo geral, também apresenta o maior consumo por metro quadrado.

Em termos de consumo por indicadores verificou-se que a escola J7 é considerada a mais ineficiente energeticamente, pois, apresenta o segundo maior consumo geral, o segundo maior consumo em kWh por aluno, o maior consumo de kWh por professor e o segundo maior consumo de kWh por área útil.

7. CONCLUSÃO

Deparando-se com a análise das 938 faturas de energia elétrica, trabalhou-se de forma que a filtragem dos dados fornecidos contemplasse o maior número de avaliações possíveis. Determinando assim as sete escolas que apresentaram as maiores amplitudes de ineficiência energética, por meio de análise estatística, com processo de filtragem de indicadores.

Compreende-se que o próximo passo é verificar a veracidade dos indicadores iniciais obtidos através do Pré Diagnóstico, realizando investigação por meio de auditoria *in loco*, da quantificação, e fator de uso das cargas elétricas de cada escola. Destas sete escolas pretende-se aplicar ações de eficiência em pelo menos cinco.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação Araucária (FA), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Câmpus Pato Branco.

Os autores agradecem às escolas do Estado de Santa Catarina que disponibilizaram suas faturas de energia elétrica, à Universidade Federal de Tecnologia do Paraná (UTFPR) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) pela disponibilidade dos recursos humanos, laboratórios e o acesso institucional aos materiais bibliográficos.

REFERÊNCIAS

- Alvarez, A.L.M. (1998). *Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares*. Dissertação (mestrado), Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 183 p.
- Ao, S.I. and Gelman, L. (eds.) (2011). *Electrical Engineering and Applied Computing*. Electrical Engineering, Springer. 716 p.
- Chen, Y., Li, X., Ferreira, R.C.D., Gul, M., Nikolaidis, I., and Ardakanian, O. (2018). Evaluating and improving the energy performance of school buildings with a proposed real-time monitoring system. In *2018 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech)*. IEEE. doi:10.1109/sustech.2018.8671347.
- COPEL (2018). Manual da eficiência energética na indústria. URL [https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/\\$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf). 155 p.
- Corteletti, D. (2015). *Ferramenta de autoavaliação do potencial de eficiência energética aplicada às indústrias do setor metalmecânico*. Dissertação (mestrado profissional), Departamento de Engenharia Aeronáutica e Mecânica - Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Departamento de Engenharia Aeronáutica e Mecânica - Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). 255 p.
- da Fonseca, J.S. (1996). *Curso De Estatística*. Atlas, 6 edition. 320 p.
- de Sousa, R.M.A. (2011). *Estudo da Eficiência Energética e Gestão de Energia em Edifícios Escolares*. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, PT. 163 p.
- ELETROBRAS (2009). Eficiência energética na indústria - potências economias de energia. URL http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2012/09/05/220/20121126132514523849i.pdf. 16 p.
- Filho, D.B.F. and Junior, J.A.S. (2009). Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de pearson (r). *Revista Política Hoje*, 18(1), 115–146.
- Goldman, C.A., Hopper, N.C., and Osborn, J.G. (2005). Review of US ESCO industry market trends: an empirical analysis of project data. *Energy Policy*, 33(3), 387–405. doi:10.1016/j.enpol.2003.08.008.
- IEA (2018). *World Energy Statistics 2018*. OECD. doi:10.1787/world_energy_stats-2018-en.
- IEA (2019). World energy model: Documentation. Technical report, International Energy Agency. 88 p.
- Keong, C.Y. (2005). Energy demand, economic growth, and energy efficiency—the bakun dam-induced sustainable energy policy revisited. *Energy Policy*, 33(5), 679–689. doi:10.1016/j.enpol.2003.09.017.
- Kolokotsa, D., Vagias, V., Fytraki, L., and Oungrinis, K. (2018). Energy analysis of zero energy schools: the case study of child's asylum in greece. *Advances in Building Energy Research*, 13(2), 193–204. doi:10.1080/17512549.2018.1488612.
- Merhav, N. (2018). *Statistical Physics for Electrical Engineering*. Springer, 1 edition. 152 p.
- Nunes, W.A.R. (2016). *Método de implantação de um sistema de gestão de energia elétrica na indústria - estudo em uma indústria de explosivos*. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 112 p.
- Painuly, J., Park, H., Lee, M.K., and Noh, J. (2003). Promoting energy efficiency financing and ESCOs in developing countries: mechanisms and barriers. *Journal of Cleaner Production*, 11(6), 659–665. doi:10.1016/S0959-6526(02)00111-7.
- Salleh, M.N.M., Kandar, M.Z., and Sakip, S.R.M. (2016). Benchmarking for energy efficiency on school buildings design: A review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 222, 211–218. doi:10.1016/j.sbspro.2016.05.149.
- Scholten, D., Crikemans, D., van de Graaf, T., Sattich, T., Handke, S., Dignum, M., Bosman, R., Battaglini, A., Freeman, D., Komendantova, N., et al. (2018). *The Geopolitics of Renewables*. Lecture Notes in Energy.

- Springer International Publishing, 1 st edition. 338 pg.
- Velasco-Fernández, R., Dunlop, T., and Giampietro, M. (2019). Fallacies of energy efficiency indicators: Recognizing the complexity of the metabolic pattern of the economy. *Energy Policy*, 111089. doi:10.1016/j.enpol.2019.111089.
- Wang, B. and Wu, C.Y. (2013). Indicators and methodologies of energy efficiency in china. *Applied Mechanics and Materials*, 275-277, 2683–2688. doi:10.4028/www.scientific.net/amm.275-277.2683.
- Zou, C., Zhao, Q., Zhang, G., and Xiong, B. (2016). Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era. *Natural Gas Industry B*, 3(1), 1 – 11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2016.02.001>.