

Estudo Dirigido - Inferência Estatística

João Vitor², Lucas Lima², Paulo Mascarenhas¹, Romildo Andrade¹ e Tiago Avelino¹.

Engenharia Elétrica¹, Ciência da Computação²

MAT236-T07

Professora: Renata Esquivel

Resumo: O estudo a seguir aborda aspectos práticos da análise por inferência estatística. Diante disso, o objetivo principal do artigo (DOI: 10.48011/sbse.v1i1.2156) aqui a ser analisado é quantificar a eficiência energética das escolas do ensino público localizadas no interior do estado de Santa Catarina. Percebe-se aqui as primeiras noções de inferência, uma vez que o estudo faz um recorte pequeno da população de escolas para realizar inferências sobre problemas do uso de energia em escolas da região. Para tanto, é necessário quantificar parâmetros de confiança ao redor da média, além de estabelecer graus de correlação entre atributos quantitativos de cada escola, tais como número de alunos, professores, área, etc. Ademais, com o auxílio da regressão linear, pode-se ainda estimar um comportamento geral para escolas de natureza similar. Tais noções serão destrinchadas a seguir durante o desenvolvimento deste estudo dirigido.

1. INTRODUÇÃO

O artigo em questão começa introduzindo a problemática da ineficiência no consumo de energia elétrica em escolas públicas, salientando a origem de gastos exagerados que comprometem os orçamentos mensais e anuais destinados à serviços. Desse modo, mesmo que medidas cautelares sejam adotadas para reduzir o consumo, sem o devido planejamento, a tendência é que essas medidas se tornem ineficazes. A princípio, a realização de uma análise nas faturas de energia elétrica é essencial para estipular indicadores que potencializam o consumo de maneira individualizada. Assim, o autor utiliza os seguintes indicadores: Energia consumida por área, Energia consumida por aluno e Energia consumida por professores. Ademais, há de se considerar que ações de eficiência energética, iniciam por meio de planejamento, implantação e monitoramento. Ou seja, tais resultados dependem exclusivamente da gestão das escolas.

Além disso, o autor cita o *Energy Saving Company* (ESCo), e o quão importante são os indicadores gerais de eficiência energética para a realização de um Pré-Diagnóstico, onde

são apuradas as informações do consumo de cargas, avaliando estatisticamente os dados de fatura para que possam ser elaborados projetos de melhoria. A respeito da eficiência energética em escolas públicas, o autor mostra que a análise de fatura possibilita ponderar os indicadores de eficiência energética, que podem ser classificados em Indicadores Genéricos - Fator de carga, consumo mensal por área útil, consumo mensal em iluminação por área iluminada, consumo mensal em climatização por área climatizada - e Indicadores Analíticos - Consumo mensal por docente equivalente, Consumo mensal por aluno equivalente, Consumo mensal por usuário equivalente.

Embora o autor não faça nenhuma inferência sobre teste de hipóteses, nós, enquanto leitores, analisando todo o contexto do artigo, pensamos em adotar algumas hipóteses que pareciam, a princípio, intuitivas. Por exemplo, pensamos inicialmente que o consumo de energia elétrica das escolas públicas estaria fortemente relacionado ao número de alunos, de professores e a área ocupada pela escola. Porém, no desenrolar do estudo dirigido, o artigo mostra, que embora essas hipóteses sejam de senso comum, nem todas são validadas estatisticamente.

2. COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

A obtenção dos dados se baseou em solicitar em cada escola as faturas de consumo de energia entre o período de janeiro de 2017 até agosto de 2018. Além disso, é solicitado também variáveis importantes para medir a eficiência energética de uma escola, tais como quantidade de alunos, professores, e a área ocupada pela escola em m^2 . Assim, fica claro que a análise dessas faturas nos permite ponderar relações entre gasto de energia com características individuais de cada escolas, através do coeficiente de correlação de *Pearson* (r). A partir da medida desse coeficiente, podemos classificar a correlação da seguinte forma:

$0,10 \leq r \leq 0,30$	Correlação baixa
$0,40 \leq r \leq 0,60$	Correlação moderada
$0,70 \leq r \leq 1$	Correlação alta

Para computarmos o coeficiente de correlação entre duas variáveis aleatórias, utilizamos a seguinte expressão:

$$r = \frac{cov(X,Y)}{\sigma(X)\sigma(Y)} \quad (1)$$

Quanto maior for o coeficiente de correlação de *Pearson*, maior é a dependência linear entre as duas variáveis aleatórias. Ou seja, se uma variável aumenta, a outra tende a aumentar. Caso este coeficiente seja identicamente nulo, as variáveis não esboçam nenhum comportamento de dependência linear. Por outro lado, caso este coeficiente apresente valores negativos, as variáveis apresentam uma dependência linear negativa. Ou seja, caso uma aumente, a outra variável tende a diminuir. A seguir, segue uma imagem de exemplo da coleta de fatura energética das 7 escolas menos eficientes:

Tabela 1: Correlações das setes 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	2273,00
J8	1530,70	65	14	443,50
J7	7118,33	227	27	1240,00
L4	2616,00	129	18	1049,00
L6	12496,92	800	96	1886,50

Fonte: Artigo

Ademais, tais dados serão posteriormente analisados sobre a óptica de um intervalo de confiança, para que possamos estimar a média e realizarmos os cálculos necessários com maior segurança, onde a priori, escolhemos um intervalo de confiança de 95% ($Z_{\alpha/2} = 1,96$)

3. METODOLOGIA

Para reunirmos os dados, desconsideramos os meses de recesso escolar e ainda utilizamos da premissa que não houve evasão ou novas matrículas e que ainda não houve

demissões ou novas contratações de professores. Consideramos ainda que nesse período a escola não expandiu ou diminuiu suas áreas de ocupações. Posto isso, podemos avaliar a ineficiência - maior quantidade de consumo por correlação.

2.1. Da Eficiência

Utilizando o método da correlação de Pearson explicitado anteriormente, faremos a correlação da fatura de energia com os dados gerais apontados de cada escola. Assim, utilizando de (1) para cada atributo, temos:

Correlação Consumo de Energia X Número de Alunos = -0,1878 (Baixa)

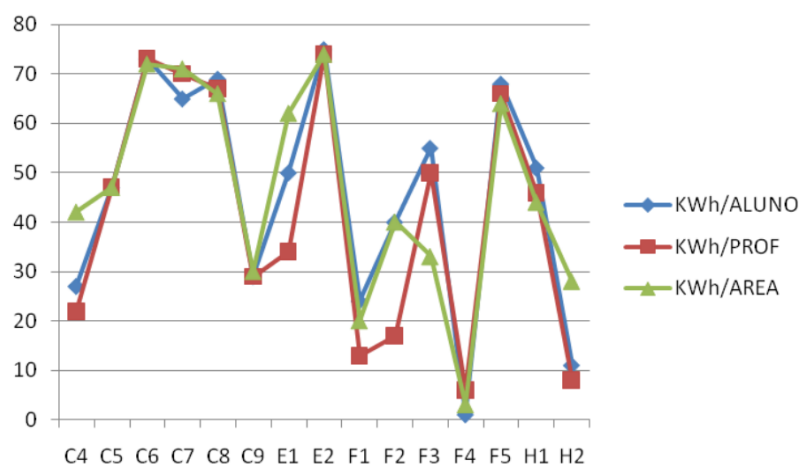
Correlação Consumo de Energia X Número de Professores = 0,32699 (Moderada)

Correlação Consumo de Energia X Área Ocupada = 0,2333 (Baixa)

$$r = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{(x_i - \bar{x})^2 \cdot (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{cov(X,Y)}{\sqrt{var(X) \cdot var(Y)}} \quad (2)$$

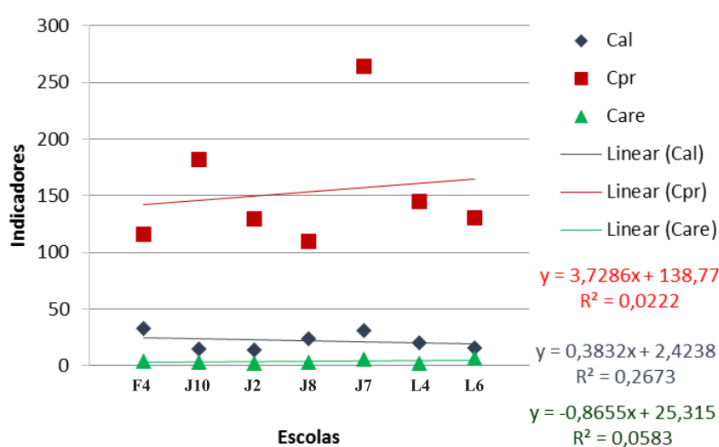
Para melhor avaliar tais indicadores, gerou-se um gráfico de dispersão, avaliando a curva de regressão linear. A regressão linear é o processo de traçar uma reta através de dados em um diagrama de dispersão, sendo que essa reta resume esses dados, o que é útil para fazermos as previsões. Para este problema, o autor buscou minimizar o conveniente erro quadrático médio. Dessa forma, é trivial obter a escola com menor eficiência. Basta olhar para a escola cujos indicadores estão abaixo do nível de qualidade estipulado.

Figura 1: Indicadores um conjunto de escolas dentro da amostra.



FONTE: Artigo.

Figura 2: Regressão linear para as 7 escolas menos eficientes.



FONTE: Artigo.

4. CONCLUSÃO

A partir dos fatos supracitados e da leitura do arquivo, chegamos a algumas conclusões referentes a observações das quantidades utilizadas no devido período de tempo do artigo, as simplificações dos resultados, a relevância das conclusões alcançadas no artigo e ausência de métodos estatísticos citados.

4.1. Quantidades utilizadas nas tabelas iniciais e no estudo do artigo

As quantidades utilizadas na Tabela 1 são quantidades fixas, assim como citado no estudo presente e no artigo estudado. Não fica claro se é por convenção dos estudos ou se é

uma média dos valores no período de tempo. Porém é um fato que em cenários reais esses números de professores, alunos e área das escolas, são variáveis por conta de contratações, demissões, expulsões e entradas de alunos, o quê não condiz com o período de tempo presente no artigo.

4.2. Relevância das conclusões atingidas

Ao final do artigo, fica claro as escolas mais ineficientes encontradas no estudo, como a J7 por apresentar 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. Além disso, também é retirado um insight valioso para ações futuras nas escolas, como que quatro das sete escolas mais ineficientes, estão localizadas em municípios com o maior IDH da região. Assim, vemos como o Pré-Diagnóstico é tão relevante na filtragem inicial de dados, localização das escolas de interesse e visualização inicial das escolas em que se pretende aplicar ações de eficiência energética.

4.3. Erros de digitação

Ao longo do artigo são apresentados erros de digitação como o citado antes da conclusão ao falar da escola J71 (onde deveria ser citada umas das escolas menos eficientes, a J7), ou na página 4 onde são citadas as correlações de *Pearson* e o intervalo deles. Esses e outros erros de digitação presentes foram corrigidos na produção da apresentação e desse resumo, porém não são excluídas totalmente as possibilidades de erro aqui, assim como já ficou claro a possibilidade de acontecerem em trabalhos acadêmicos produzidos e revisados em equipe.

5. Auto Avaliação

A seguir, temos a tabela de auto avaliação, requisitada pela professora. Nesta tabela, cada participante do grupo deverá avaliar a si mesmo e aos seus colegas de acordo com sua percepção da participação dos mesmos na concepção e realização do trabalho. Essa avaliação será feita numa escala de cinco a dez, e cada linha representa o conjunto de notas que um dos integrantes do grupo atribuiu para os demais.

Tabela 2: Tabela de auto avaliação.

Avaliadores	Avaliados				
	Paulo	Tiago	Romildo	João	Lucas
Paulo	10	10	10	10	10
Tiago	10	10	10	10	10
Romildo	10	10	10	10	10
João	10	10	10	10	10
Lucas	10	10	10	10	10

Fonte: Elaborada pelos autores.

6. Referências

[1] - CARNEIRO, Fernando A.; LAFAY, Jean-Marc S.; BECK, Klunger Arthur É. Análise de Eficiência Energética Baseada no Consumo de Energia Elétrica em Escolas Públicas. **Programa de pós-graduação em engenharia elétrica**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.