

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA ESCOLA MUNICIPAL EM RECIFE/PE

PAULO ALEXANDRE F. DE MENEZES¹, FRANCISCO JOSÉ COSTA ARAÚJO²

¹Discente em Engenharia Elétrica POLI, UPE, Recife-PE, pafm@poli.br;

²Dr. em Engenharia de Produção, Prof. Titular POLI, UPE, Recife-PE, francisco.araujo51@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 30 de Agosto de 2022

RESUMO: Este trabalho objetivou identificar o aumento da eficiência energética em instalações elétricas, sob a ótica de redução de custos para implementação do projeto. Os projetos de eficiência energética produzem valores econômicos e sociais importantes através da definição de ações que visam primordialmente redução de custo em insumos energéticos, apresentando sugestões de viabilidade técnico-econômica de implantação, incluindo especificações técnicas, equipamentos, materiais, serviços e as implantações propriamente ditas, além da gestão do projeto e resultados após a finalização da intervenção

PALAVRAS-CHAVE: Instalações Elétricas; Eficiência Energética; Custos de Projetos

ECONOMIC FEASIBILITY STUDY OF AN ENERGY EFFICIENCY PROJECT IN A MUNICIPAL SCHOOL IN RECIFE/PE

ABSTRACT: This paper aimed to identify the increase in energy efficiency in electrical installations, from the perspective of cost reduction for project implementation. Energy efficiency projects produce important economic and social values through the definition of actions that primarily aim at reducing costs in energy productions, presenting suggestions for technical and economic feasibility of implementation, including technical specifications, equipment, materials, services and the implementations themselves, in addition to project management and results after the completion of the intervention

.KEYWORDS: Electrical Installations; Energy Efficiency; Project Costs.

INTRODUÇÃO

Durante o século XX, o Brasil experimentou um grande momento de crescimento no setor elétrico, devido à investimentos maciços em infraestrutura como o projeto das Grandes Usina Hidrelétricas, que focavam sobretudo em atender a demanda crescente da mineração, que vivia seu auge econômico. À época a geração de energia se desenvolveu com velocidade alta e a custos relativamente baixos, contribuindo de maneira significativa para o desenvolvimento econômico nacional.

Porém, o custo vem crescendo continuamente em sua tarifação, mais precisamente desde o ano de 2013. De acordo com a Federação Nacional das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), o custo do Megawatt-hora (MWh) para o pequeno e médio industrial subiu consideravelmente nos últimos anos, com uma média de R\$ 300,00 o MWh no mercado cativo de comercialização de energia, gerando travas econômicas para investimento em tecnologia, infraestrutura, e qualificação dentro da indústria, e para o cidadão comum, menor poder de compra e desemprego.

Sendo assim, houve uma maior necessidade do setor produtivo do país em buscar soluções alternativas com o intuito de baratear o ônus econômico produtivo acarretado pela alta tarifação energética, surgindo assim uma maior demanda por fontes alternativas de energia, tais como: energia solar, eólica, e da biomassa. Mesmo que em um primeiro momento os estudos e tecnologia sobre a eficiência dessas fontes fosse incipiente, em pouco tempo houve uma massificação da geração distribuída, bastante impulsionada pelo barateamento de equipamentos para sistemas fotovoltaicos produzidos pela China, e também há de se ressaltar a importância de leis que incentivam a geração distribuída no país, estimulando, não só a geração de empregos, como também, apoiando o atendimento da crescente demanda da carga no Brasil. (PNE – 2030 – EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016).

Além de diversificação da matriz energética brasileira, é nítido também que o cenário vem mudando bastante através de campanhas de incentivo ao uso racional de energia, combatendo tanto o desperdício da mesma, diminuindo custos de operação e manutenção, como aumentando investimentos que promovem o aumento da eficiência energética, através de projetos que levam em consideração: ajuste tarifário, contratação de demanda fixa, troca de equipamentos menos eficientes por mais eficientes, remodelagem de curva de carga, e como já citado, implementação de fontes alternativas de energia.

Neste artigo, será apresentado o levantamento simulado do custo poupado da fatura de energia elétrica em uma escola municipal da região metropolitana da cidade do Recife, através de algumas medidas simples e investimentos vantajosos financeiramente para a Administração Pública. As soluções que se orientam no uso racional da energia elétrica apresentam, em muitas oportunidades, custo e tempo de retorno baixo quando são comparadas à outras soluções, por exemplo, o preço da economia de 1kW é menos oneroso que o preço de um novo kW gerado (COSTA, 2006), então, entende-se que é muito mais interessante sob ponto de vista financeiro, trocar equipamentos antigos e ineficientes por equipamentos mais novos e eficientes visando conservar 1kW, do que inserir na instalação ou sistema equipamento que gere 1kW.

Conseqüentemente, promover um melhor uso da energia elétrica em uma escola pública é um excelente estudo de caso, pois, além de criar uma mentalidade de uso racional deste insumo, fomenta uma cultura de preservação ambiental e de economia de recursos que podem ser utilizados em outros pontos de carência da sociedade, como resgate de moradores de rua à vida civil, investimentos em saneamento básico, recapeamento de vias públicas, etc.

PRÉ-DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O PEE (pré-diagnóstico energético) é elaborado levando em consideração uma avaliação preliminar das instalações do consumidor de energia, resultando em um relatório que contém uma estimativa do investimento nas ações de eficiência energética, redução de consumo e valor do diagnóstico para detalhamento das ações de eficiência energética a serem implementadas.

As etapas do pré-diagnóstico consistem em:

- 1 – Levantamento de dados;
- 2 – Análise de informações, tais como: Memória de Massa, faturas de energia (consumo de energia ativa [kWh], consumo de energia reativa [kVARh], Demanda medida [kW], Demanda faturada [kW], Fator de Carga, Valor da fatura)
- 3 – Visita técnica, englobando coleta de dados e planejamento da estratégia de ações a serem efetuadas na instalação;
- 4 – Modelo com estimativa do potencial de economia energética e financeira.

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O diagnóstico energético é montado por uma sequência de etapas bem definidas, etapa esta que deve ser tratada com rigor para que se atinja resultados satisfatórios.

São elas:

- 1 – Levantamento de dados: inspeção, medição (medição de lúmens, áreas, pontos quentes, tensão, etc);
- 2 – Análise dos dados: conhecimento do perfil de consumo da instalação (consumo global, consumo individual, indicadores de energia, fator de carga);
- 3 – Estudo de alternativas: medidas de intervenção (substituição de iluminação, instalação de sensores, inclusão de relógios astronômicos que se ajustam à iluminação natural, instalação de painéis fotovoltaicos, instalação de coletores solares térmicos para aquecimento de água, aquisição de equipamentos com classificação energética A ou superior, etc);
- 4 – Determinação do potencial de conservação de energia elétrica: potencial de utilização de iluminação, climatização, motores;
- 5 – Análise de viabilidade econômica: principal critério para essa avaliação é a relação custo benefício, o benefício será a valoração da energia economizada e a redução da demanda na ponta, já os custos são os aportes feitos para a implementação do projeto;

A energia economizada em MWh e a redução de demanda no horário de ponta, medida em kW, serão os principais indicadores para um projeto de eficiência energética.

Para a análise de viabilidade, tem-se a relação custo benefício (RCB).

$$RCB = CA_t / BA_t$$

Onde: CA_t: Custo Anualizado Total [R\$/ano]

BA_t: Benefício Anualizado total [R\$/ano]

O projeto, por orientação do PROPEE (Programa de Projetos em Eficiência Energética), devem apresentar um RCB menor ou igual a 0,8.

O custo anualizado total levará em consideração o custo anualizado de cada equipamento CAn, o custo total em equipamentos CE_t, o custo de cada equipamento CE_n, o custo total do projeto CT, e o fator de recuperação do capital por *u* anos FRC_u.

Onde: $FRC_u = i(1+i)^u / (1+i)^u - 1$, com *u* sendo a vida útil dos equipamentos em anos, *i* a taxa de desconto.

Já, o BA_t calcula-se como: $BA_t = (EE \times CEE) + (RDP \times CED)$.

Onde: EE é a energia anual economizada [MWh\$/ano]; CEE é o custo unitário da energia [R\$/MWh]; RDP a demanda evitada na ponta [kW ano]; CED o custo unitário evitado da demanda [R\$/kW ano].

O custo evitado da demanda e o custo da energia evitada unitário são calculados e fornecidos pela distribuidora de energia.

ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Tabela 1 - Fatura de energia

Mês/ano	Consumo - kW
2/2021	5.241
3/2021	6.987
4/2021	3.991
5/2021	4.012
6/2021	5.869
7/2021	2.320
8/2021	6.771
9/2021	5.108

Preço médio do kW: R\$ 0,99

Na *tabela 1*, é apresentado o consumo em kW no período entre fevereiro e setembro do ano de 2021, no mês 07/2021 fica evidenciado um consumo abaixo da média do restante do período, o que está relacionado com período de férias escolares, já que se trata de uma instalação desse tipo.

PERFIL DE CONSUMO

O perfil de consumo é Média Tensão – 13.8kV / 380V

Tabela 2 - Fatura de energia

Mês/ano	Consumo Fora Ponta - kW	Consumo Ponta - kW	Consumo Reativo - kVAr	Demanda contratada - kW
9/2021	11.267	2.135	5	60
10/2021	13.499	1.962	11	60

Na *tabela 2*, foi encontrado excedente de reativo no fornecimento em média tensão da escola, e foi constatado um valor adequado de demanda contratada.

Consumo médio no horário de ponta = 1.759kWh/mês
Preço médio = R\$ 0,86

INSPEÇÃO VISUAL DA INSTALAÇÃO

A inspeção visual foi realizada na instalação buscando obter informações sobre as características físicas que foram complementadas através de medições realizadas com uso de aparelho específico. Através dessas medições foi possível obter as seguintes informações:

- Quantidade de lúmens no ambiente através de uso de luxímetro;
- Tipos de luminárias;
- Tipos de Reatores das lâmpadas fluorescentes tubulares;
- Verificação de lâmpadas queimadas;
- Incidência de iluminação natural;
- Estado de conservação de ar-condicionado e ventiladores;
- Selo PROCEL nos ar-condicionado;

Após análise com luxímetro verificou-se iluminação não conforme do ambiente de acordo com a norma ABNT ISO/CIE 8995-1:2013. Segue tabela de resultados medidos:

Tabela 3 – Medição de fluxo luminoso em lâmpadas fluorescentes tubulares

Potência da Lâmpada - W	Fluxo Luminoso - lux
45	90
36	180

Em relação às luminárias não havia nenhuma com corpo espelhado (mecanismo que auxilia na distribuição de iluminação pelo ambiente), foram identificadas também lâmpadas de potências diferentes na mesma luminária o que reduz a vida útil do reator do conjunto, sendo esses reatores, nenhum eletrônico, todos são eletromagnéticos, o que reduz significativamente a vida útil das lâmpadas. Foram adequadas para iluminação de LED.

DADOS COLETADOS

Tabela 4 – Dados de iluminação atual

Parâmetros	Total
Potência (lâmpada) [W]	355,2
Quantidade	185
Potência instalada [kW]	16,84
Funcionamento [h/ano]	535,49
Fator de simultaneidade na ponta	0,70
Energia consumida [MWh/ano]	45,08
Demanda média na ponta	11,79

Tabela 5 – Dados do sistema de climatização

Parâmetros	Total
Quantidade	16
Potência instalada [kW]	34,99
Potência média utilizada [kW]	33,24
Funcionamento [h/ano]	535,47
Fator de simultaneidade na ponta	0,70
Energia consumida [MWh/ano]	89
Demanda média na ponta	23,27

Tabela 6 – Dados de iluminação + climatização

Parâmetros	Total
Potência instalada [kW]	51,83
Funcionamento [h/ano]	535,49
Fator de simultaneidade na ponta	0,70
Energia consumida [MWh/ano]	134,08
Demanda média na ponta	35,05

Na *tabela 4* foram levantados os dados referentes à iluminação atual, e na *tabela 5*, foram levantados os valores atuais do sistema de climatização (refrigeração), os dados somados dessas duas tabelas são expostos na *tabela 6* de maneira global.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Serão consideradas aquisições de materiais novos, que terão redução no consumo de energia equivalente ao rendimento dos equipamentos novos, de acordo com especificação do fabricante

- Lâmpadas LED tubular de 14W e 28W e LED compacta de 15W, que são mais eficientes que lâmpadas fluorescentes;
- Vida útil anual: para as tubulares – 20.000h, para as compactas – 7.500h.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Foram admitidos condicionadores de ar que terão redução no consumo de energia correspondente ao rendimento de cada equipamento novo, de acordo com especificação do fabricante

- Vida útil do ar condicionado Split: 10 anos
- Serão equipamentos com selo PROCEL-INMETRO de eficiência energética

CÁLCULO DOS RESULTADOS ESPERADOS

Tabela 7 – Dados da unidade consumidora

Uso final	Energia economizada (MWh/ano)	Demanda evitada (kW)	Custo (R\$)
Iluminação	9,63	2,52	11.968,86
Ar-condicionado	20,46	5,35	35.277,64
Total	30,08	7,86	47.246,50

O total economizado dos dois sistemas (iluminação + climatização) é de 30,08 MWh/ano, o que representa uma economia de demanda de 7,86kW a um custo de R\$ 47.246,50.

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Custo do equipamento com mesma vida útil - $CPE = CE + (CT - CTE) / CTE * CE$, onde: CE é o custo somente de equipamentos de mesma vida útil; CT o custo total do projeto; CTE o custo somente dos equipamentos

Tabela 8 – Custos anuais de iluminação

Material	Quantidade	Preço unit. (R\$)	Preço total (R\$)	Vida útil	FRC	CPE (R\$)	Custo total anual (R\$)
Led Tubular 18W	30	22,07	662,10	7,5	0,196	662,10	129,77
Led Tubular 28W	216	11,29	2.438,64	7,5	0,196	2.438,64	477,97
Total			R\$ 3.100,74				R\$ 607,74

- Custo unitário da demanda evitada na ponta (CED) = 33,16 R\$/kWh.ano
- Custo unitário da energia evitada (CEE) = 49,03 R\$/MWh
- Energia economizada (EE) = 30,08MWh/ano

Na tabela 8, é exposto o custo com o material de iluminação, tanto o total, como o anual.

Tabela 9 – Custos anuais de climatização

Material	Quantidade	Preço unit. (R\$)	Preço total (R\$)	Vida útil	FRC	CPE (R\$)	Custo total anual (R\$)
Ar cond. 7.500 BTU	1	737,99	737,99	10	0,163	-	120,29
Ar cond. 9.000 BTU	1	1.178,99	1.178,99	10	0,163	-	192,17
Ar cond. 12.000 BTU	2	1.944,43	3.888,86	10	0,163	-	633,88
Ar cond. 18.000 BTU	7	2.144,65	15.012,55	10	0,163	-	2.447,05
Ar cond. 22.000 BTU	0	2.545,00	-	10	0,163	-	-
Ar cond. 24.000 BTU	2	3.458,99	6.917,98	10	0,163	-	1.127,63
Ar cond. 30.000 BTU	2	4.500,00	9.000,00	10	0,163	-	1.467,00
Total			R\$ 36.736,37				R\$ 5.988,02

Na tabela 9, acima, foram registrados os dados de custo total anual, levando em consideração o Fator de Recuperação para o equipamento em questão, a vida útil padrão de cada um, a quantidade e os preços unitário e total.

Tabela 10 – Custo anuais totais

Material	Preço total (R\$)	Custo anual total (R\$)
Total iluminação	3.100,74	607,74
Total climatização	36.736,37	5.988,02

Na tabela 10, foram somados todos os custos anuais e preço total em relação aos materiais do projeto.

RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO (RCB)

Tabela 11 – Premissas- iluminação

Premissas	
CED – Custo unitário evitado de demanda (R\$/kW.ano)	R\$ 33,16
CEE – Custo unitário evitado de energia (R\$/MWh)	R\$ 49,03
C – Consumo atual (MWh/ano)	R\$ 45,08
D – Demanda atual (kW)	R\$ 11,79
EE – Energia evitada (MWh/ano)	R\$ 9,63
RDP – Redução de demanda na ponta (kW)	R\$ 2,52

Na tabela 11, foram levantadas todas as premissas de implementação do projeto de iluminação.

Tabela 12 – Custos - iluminação

Custos	
CEP – Estudos e projetos	R\$ 1.400,00
CTE – Material e equipamento	R\$ 7.883,43
CMOT – Mão de obra + transportes	R\$ 1.603,20
CMVR – Medições e verificações de resultados	R\$ 600,00
E&S – Engenharia e supervisão	R\$ 600,00
Auditoria contábil	R\$ 600,00
Descarte	R\$ 282,24
Custo total	R\$ 11.968,86
Custo total anual	R\$ 1.557,02

Na tabela 12, foram estabelecidos os custos do projeto de iluminação.

Tabela 13 – Benefícios - iluminação

Benefícios	
Energia evitada	R\$ 2.358,94
Demanda evitada na ponta	R\$ 417,17
Benefício total	R\$ 2.776,11

Relação custos-benefício: RCB = 0,78. Sendo assim, o projeto de iluminação possui viabilidade financeira, pois, seu RCB < 0,8.

Tabela 14 – Premissas- climatização

Premissas	
CED – Custo unitário evitado de demanda (R\$/kW.ano)	R\$ 33,17
CEE – Custo unitário evitado de energia (R\$/MWh)	R\$ 49,03
C – Consumo atual (MWh/ano)	R\$ 89,00
D – Demanda atual (kW)	R\$ 23,27
EE – Energia evitada (MWh/ano)	R\$ 20,46
RDP – Redução de demanda na ponta (kW)	R\$ 5,35

Na tabela 14, foram levantadas todas as premissas de implementação do projeto de climatização, tais como consumo atual, demanda atual, energia evitada, redução de demanda na ponta, etc.

Tabela 15 – Custos - climatização

Custos	
CEP – Estudos e projetos	R\$ 1.200,00
CTE – Material e equipamento	R\$ 25.996,24
CMOT – Mão de obra + transportes	R\$ 4.676,00
CMVR – Medições e verificações de resultados	R\$ 1.000,00
E&S – Engenharia e supervisão	R\$ 1.000,00
Auditoria contábil	R\$ 400,00
Descarte	R\$ 205,40
Custo total	R\$ 46.446,50
Custo total anual	R\$ 4.925,94

Na tabela 15, foram estabelecidos os custos do projeto de climatização, tais como estudos e projetos, descarte, engenharia e supervisão, mão de obra e medições, etc.

Tabela 16 – Benefícios - climatização

Benefícios	
Energia evitada	R\$ 5.014,35
Demanda evitada na ponta	R\$ 886,77
Benefício total	R\$ 5.091,12

Relação custos-benefício: RCB = 0,97. Sendo assim, o projeto de climatização não possui viabilidade financeira, pois, seu RCB > 0,8.

Tabela 17 – Premissas- total

Premissas	
CED – Custo unitário evitado de demanda (R\$/kW.ano)	R\$ 66,33
CEE – Custo unitário evitado de energia (R\$/MWh)	R\$ 98,06
C – Consumo atual (MWh/ano)	R\$ 134,08
D – Demanda atual (kW)	R\$ 35,06
EE – Energia evitada (MWh/ano)	R\$ 30,09
RDP – Redução de demanda na ponta (kW)	R\$ 7,87

Foram somadas todas as premissas apontadas anteriormente na *tabela 17*.

Tabela 18 – Custos - total

Custos	
CEP – Estudos e projetos	R\$ 2.600,00
CTE – Material e equipamento	R\$ 33.879,67
CMOT – Mão de obra + transportes	R\$ 5.739,20
CMVR – Medições e verificações de resultados	R\$ 1.600,00
E&S – Engenharia e supervisão	R\$ 1.600,00
Auditoria contábil	R\$ 1.000,00
Descarte	R\$ 487,28
Custo total	R\$ 58.415,36
Custo total anual	R\$ 6.482,96

Foram somados todos os custos apontados anteriormente na *tabela 18*.

Tabela 19 – Benefícios - total

Benefícios	
Energia evitada	R\$ 7.373,29
Demanda evitada na ponta	R\$ 1.303,94
Benefício total	R\$ 7.867,23

Relação custo-benefício: RCB = 0,8. Sendo assim, o projeto de climatização em conjunto com o de iluminação possui viabilidade financeira, pois, seu RCB = 0,8.

CONCLUSÃO

Após a análise da relação custo-benefício do projeto de iluminação, ficou evidenciado um RCB igual a 0,78 o que viabiliza esse projeto, já a análise da relação de custo e benefício (RCB) do projeto de climatização foi igual a 0,97 inviabilizando assim o projeto de climatização, porém, o projeto de climatização em conjunto com o de iluminação é viável, pois apresenta RCB = 0,8 viabilizando assim economicamente o projeto de maneira global também.

REFERÊNCIAS

1. **PROCEL**. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica [Online] [Procel Info](#)
2. **EPE**. Empresa de Pesquisas Energéticas. [Online] [Empresa de Pesquisa Energética](#)
3. **PROPEE**. Programa de Projetos em Eficiência Energética [Online] [PROPEE](#)
4. **CELPE** . Companhia de Energia Elétrica de Pernambuco. [Online] [Portal de Serviços da Neoenergia Pernambuco - Início](#)