

# AUDITORIA ENERGÉTICA COM ÊNFASE EM ILUMINAÇÃO E CONDICIONAMENTO AMBIENTAL PARA UNIDADE ACADÊMICA I DE UM INSTITUTO FEDERAL

[\[ver artigo online\]](#)

Thaís Lima Santos<sup>1</sup>  
Daniel Barros Castor<sup>2</sup>

## RESUMO

O crescimento da população impõe a sociedade um padrão de consumo intenso que gera uma necessidade de maior conscientização e gerenciamento energético. Com o intuito de trazer melhorias e gerenciar recursos de forma inteligente e eficiente, este artigo apresentará um estudo prático de uma auditoria energética em um prédio público situado no IFPB campus João Pessoa-PB com a intenção de buscar soluções viáveis para reduzir o consumo de energia elétrica. A abordagem adotada para análise de desperdícios constitui-se em um criterioso levantamento de dados de todos os ambientes da edificação, enumerando itens de consumo como a iluminação, ar-condicionado, assim como equipamentos diversos. Em seguida, foram realizados cálculos técnicos de melhoria dos ambientes e implantação de novos equipamentos, bem como foi calculado o *payback* para informar quanto tempo seria o retorno do investimento. Por fim, foi constatado que as modificações propostas para o sistema estudado trariam um retorno a curto prazo e com longo período de lucratividade.

**Palavras-chave:** Auditoria Energética. Eficiência Energética. Redução de consumo. Iluminação LED. Condicionamento de ar.

## ENERGY AUDIT WITH EMPHASIS ON LIGHTING AND ENVIRONMENTAL CONDITIONING FOR ACADEMIC UNIT I OF A FEDERAL INSTITUTE

### ABSTRACT

Population growth imposes on society a pattern of intense consumption that generates a need for greater awareness and energy management. In order to bring improvements and manage resources in an intelligent and efficient way, this article will present a practical study of an energy audit in a public building located on the IFPB campus João Pessoa-PB with the intention of seeking viable solutions to reduce energy consumption. The approach adopted for waste analysis consists of a careful survey of data from all areas of the building, listing consumption items such as lighting, air conditioning, as well as various equipment. Then, technical calculations were made to improve environments and implement new equipment, as well as calculate the payback to inform how long the return on investment would be. Finally, it was found that the proposed changes to the studied system would bring a return in the short term and with a long period of profitability.

**Keywords:** Energy Audit, Energy Efficiency, Consumption reduction, LED lighting, Air conditioning.

1 Graduada em Engenharia Elétrica, IFPB, Paraíba. thaís.lima.santos.tl@gmail.com

2 Graduado em Engenharia de Produção, UFPB, Paraíba. danielbarrosastor1@gmail.com



## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população, foi exigido um padrão de consumo acentuado que trouxe a necessidade de aplicar a eficiência energética e torná-la um fator importante. Gerenciar recursos de forma inteligente e eficiente vai gerar diretamente uma economia financeira, assim como irá diminuir a necessidade, por exemplo, de construção de novas usinas e sistemas elétricos associados. Dessa forma, essa economia poderá ser investida em outros setores da sociedade beneficiando a todos e ainda contribuindo para a preservação da natureza (MARQUES; HADDAR; MARTINS, 2006).

Em 2001, o Brasil passou por uma crise de abastecimento no setor elétrico devido a poucas chuvas, falta de planejamento e de investimentos na geração e na transmissão de energia. Como forma de contingência a esse problema e risco de iminente corte de energia elétrica em âmbito nacional, as residências com mais de 100 kWh de consumo mensal teriam que reduzir o consumo em 20%, voluntariamente, caso contrário teriam um aumento no valor da conta de energia (SOLNIK, 2001).

O governo federal criou em 1985 o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e propõe ações voltadas para o aumento da eficiência energética e a conscientização de um consumo mais consciente, segundo a Eletrobrás. As áreas de atuação poderão ser em edificações, iluminação pública, equipamentos, indústria, comércio, poder público, assim como através da disseminação do conhecimento. Devido à crise no abastecimento em 2001, o governo brasileiro promulgou a Lei 10.295/2001 (Lei de Eficiência Energética) e ampliou o PROCEL criando o subprograma PROCEL edifica. Esse programa cuja intenção é reduzir o consumo de energia dos sistemas de iluminação e climatização em edificações.

A eficiência energética em uma edificação é promovida através da inserção de novas tecnologias e incentivo a mudanças de hábito. Além disso, alguns programas são promovidos, como o Selo Procel, que induz o aprimoramento de equipamentos. Esse selo é uma forma de conscientizar a população para a compra de um produto com os melhores níveis de eficácia, resultando na economia na conta da energia e conseqüentemente incentiva as indústrias a investir em equipamentos com bom índice de rendimento (ANEEL, 2019).

As vantagens da eficiência energética já foram comprovadas em inúmeros estudos. Na temática da iluminação, por exemplo, PERREIRA & CARVELLI (2018) apresentaram um estudo que foram analisadas “As vantagens econômicas, ambientais e de durabilidade da lâmpada de LED em comparação as lâmpadas fluorescentes tubulares” e foi constatada a viabilidade das lâmpadas de LED em substituição às do tipo fluorescente. No artigo de FORTES, Márcio et al (2018), intitulado “Análise dos Impactos da Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por Lâmpadas LED em Navios Militares”, confirma-se que trocar lâmpadas fluorescentes por tecnologia LED possui retorno e traz benefícios financeiros.

Já quando o assunto é condicionamento ambiental o estudo de VINICIUS (2015), intitulado “Auditoria energética com ênfase em condicionamento ambiental, aplicado no DEE-CCT-UDESC”, traz o embasamento para entendimento dos aspectos relevantes na redução de consumo de energia dos sistemas de condicionamento de ar.

À vista disso, propõe-se formas e ações técnicas para reduzir custos ligados ao consumo de energia elétrica, redução de perdas, além de gerenciar a energia de forma assertiva. Assim, a presente temática visa demonstrar um projeto de eficiência energética para ambientes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, na Unidade Acadêmica I do campus João Pessoa.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL E NO MUNDO**

Em 1984, houve uma medida para incentivar a aplicação da eficiência energética por meio da criação do programa Conserve, que buscava a conservação de energia em setores industriais. Posteriormente, foi lançado o Programa de Mobilização energética (PME), sua principal característica era ações de incentivo para a utilização da conservação de energia, principalmente, na substituição dos derivados de petróleo por fontes renováveis (PICCININI, 1994).

Em 1985, o ministério de Minas e Energia e o Ministério da Indústria e Comércio Exterior, instituiu o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). A missão do programa foi promover o uso racional de energia elétrica em todo o país (ELETROBRÁS, 2005).

Com o passar do tempo, para o país se desenvolver economicamente questões ambientais e o desperdício de energia tornaram-se pontos consideráveis. Com isso, alguns programas foram criados como o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados (CONPET) e o *Energy Services Company* (ESCOS).

Referente ao âmbito mundial, na década de 1970, com as preocupações sobre a elaboração de políticas de eficiência energética surgem de maneira mais ativa. Neste momento, as pressões ambientais e os choques do petróleo dão ímpeto a elaboração de políticas com foco na conservação de energia.

Em 1972, um novo problema envolvendo petróleo veio à tona. Constatou-se que o uso de combustíveis fósseis estava contribuindo para o efeito estufa. Com isso, criou-se o protocolo de Kyoto que foi um tratado internacional para os países industrializados com os objetivos de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Para a realização desse acordo, seria necessário a aplicação da eficiência energética (SOLNIK,2001).

## 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

As edificações residenciais, comerciais e públicas são grandes consumidores de energia elétrica. Uma residência será considerada mais eficiente do que outra quando proporcionar as mesmas condições ambientais com menor consumo energético. Por meio do uso consciente de energia na edificação, é possível diminuir o consumo na iluminação, aquecimento de água, refrigeração e equipamentos (Procel, 2019).

De acordo com Marques (2006), a iluminação é um fator responsável por uma boa parcela do consumo de energia elétrica em residências, no setor comercial e serviços públicos. Um sistema de iluminação eficiente é o que disponha da intensidade luminosa desejável no posto de trabalho para a realização de determinada tarefa. Essa iluminância deve suprir os valores recomendados para a realização de diversas atividades. A norma NBR 5413 define os níveis de iluminância em escolas, bancos, corredores, escritórios, dentre outros ambientes. Assim através do projeto luminotécnico pode-se dimensionar e simular o ambiente adequado para diversas tarefas.

Já um sistema de condicionamento ambiental é responsável por manter os níveis de temperatura e umidade de um ambiente, assim proporcionando conforto ao requisitante. Ao condicionar um ambiente é importante levar em consideração o uso racional de energia elétrica. Nas edificações antigas é relevante a atualização tecnológica para substituição de sistemas de climatização antigos por outros mais eficientes, para assim melhorar as condições de conforto e diminuir o consumo de energia (HANSEN, 2000).

Como o projeto refere-se a uma edificação educacional do IFPB, com a maioria dos ambientes utilizados como sala de aula. Para obter uma maior eficiência, o estudo teve foco nos sistemas de iluminação e condicionamento ambiental – cargas responsáveis pela maior parte de consumo na edificação. Para iluminação foi verificada a viabilidade econômica em substituir lâmpadas fluorescentes por tecnologia LED, opção que a administração tem adotado em reformas dos ambientes, sem um estudo mais apurado da aplicação.

### 2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO CONDICIONAMENTO AMBIENTAL

Segundo a NBR 5858, os principais fatores térmicos para considerar em um levantamento de carga térmica são janelas de insolação e transmissão, paredes, teto, piso, pessoas, iluminação, aparelhos elétricos, portas e vãos que compõem o ambiente. Para calcular a carga térmica responsável por condicionamento de ar e estabelecer padrões mínimos de qualidade e capacidade se utilizou um cálculo simplificado de carga térmica, conforme norma NBR 5858. Logo após, foi implementado em uma planilha eletrônica disponibilizada pela norma, como ilustrado na Figura 1.

A tecnologia de um sistema de refrigeração está diretamente relacionada com a sua eficiência relativa ao dimensionamento, à manutenção, aos hábitos de uso, a isolamento térmica dos ambientes, dentre outros. As características do projeto são fundamentais para uma maior via útil dos equipamentos (SILVA, 2003). Um índice empregado para verificar a eficiência do equipamento é apresentada na equação 1.

$$EER = \frac{c}{P_{\text{médio}}} \quad (1)$$

Sendo:

*EER*: Energy Efficiency Ratio (taxa de eficiência energética);

*C*: Capacidade de refrigeração do aparelho [Btu/h];

*P<sub>média</sub>*: Demanda média do aparelho [W].

Dessa maneira, quando maior o EER, maior a eficiência do equipamento. Como forma de passar essas informações para o consumidor o Instituto Nacional Metrologia Normalização Qualidade Indústria (INMETRO) por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) fornece os dados para avaliar o consumo energético dos equipamentos, além de mostrar ao consumidor quem são os fornecedores com os equipamentos mais eficientes (INMETRO, 2022).

Figura 1- Formulário para cálculo simplificado de carga térmica.

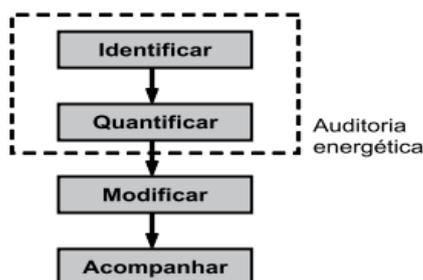
Local:	Nome da SALA				
Procedência do calor	Quantidade	Fatores			Quantidade x Fator k/Jh
Tipo I - Janelas c/ isolamento	TOTAL	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	
1.1 - Norte		1000	480	290	0,0
1.2 - Nordeste		1000	400	290	0,0
1.3 - Leste		1130	550	300	0,0
1.4 - Sudeste		840	350	290	0,0
1.5 - Sul		0	0	0	0,0
1.6 - Sudoeste		1680	670	480	0,0
1.7 - Oeste		2100	920	630	0,0
1.8 - Noroeste		1500	630	400	0,0
<b>Tipo II - Janelas Transmissão</b>	<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>
2.1 - Vidro comum		210			0,0
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo		105			0,00
<b>Tipo III - Paredes</b>	<b>TOTAL</b>	<b>Constr. Leve</b>	<b>Cons. Pesada</b>	<b>0</b>	
3.1 - Externas voltadas p/ o sul		55	42	0,00	
3.2 - Externas outras orientações		84	50	0,00	
3.3 - Interna // ambientes ã cond.		13			0,00
<b>Tipo IV - Teto</b>	<b>TOTAL</b>				<b>0</b>
4.1 - Laje		315			0,00
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais		125			0,00
4.3 - Entre andares		55			0,00
4.4 - Sob telhado isolado		75			0,00
4.5 - Sob telhado sem isolamento		210			0,00
<b>Tipo V - Piso</b>	<b>TOTAL</b>				<b>0</b>
Piso não colocado sobre o solo		55			0,00
<b>Tipo VI - Pessoas</b>	<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>
Em Atividade Normal		630			0,00
<b>Tipo VII - Iluminação e aparelhos</b>	<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>
Lâmpadas ( Incandescentes )	W	4			0,00
<b>Tipo VIII - Portas ou vãos</b>	<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>
Abertos constantemente		630			0,00
<b>SubTotal</b>					
<b>Fator geográfico da região</b>					0,00
<b>Kcal/h</b>					0,00
<b>Carga Térmica Total Btu/h</b>					0,00
<b>kw</b>					0,00
<b>TR</b>					0,00

Fonte: NBR 5858 (1983).

## 2.4 AUDITORIA ENERGÉTICA

A auditoria energética possui métodos e técnicas que visa determinar como a energia está sendo consumida e a partir desse pressuposto fundamentar uma metodologia de uso racional. Ao abordar tal assunto, é preciso entender os sistemas energéticos, delimitar campos de interesse, determinar e avaliar as oportunidades de ação e agir. Quando quantificamos as etapas para realizar uma auditoria energética, a base é conhecer o sistema a qual será submetido tal estudo, implementar projetos de melhoria e redução de perdas, com o acompanhamento dos resultados continuamente. Das quatro etapas ilustrada na Figura 2, a duas primeiras já caracterizam uma auditoria energética, sendo as outras a implementação do programa de eficiência (MARQUES; HADDAR; MARTINS, 2006).

Figura 2- Etapas de um programa de Uso Racional de Energia.



Fonte: MARQUES (2006).

## 3. ESTUDO DE CASO

A análise da edificação que abriga os ambientes da unidade acadêmica I do IFPB Campus João Pessoa (prédio da Unidade acadêmica 1 – UA1), engloba os ambientes dedicados ao curso de design de interiores, ao curso de música e a sala dos professores. O prédio da UA1 apresenta um horário típico de funcionamento entre 07h às 22 h, porque há aulas e atividades correlatas aos cursos citados nos turnos matutino, vespertino e noturno.

O maior consumo ocorre nos períodos da manhã e tarde, o que pode ser observado por meio dos horários de utilização dos ambientes, disponibilizados no site da instituição (sistema de horários do Campus João Pessoa). Contudo, como os horários de utilização de cada ambiente não é constante e coincidente, em cada turno e dia da semana, calculou-se uma média de 13h

de utilização ao dia, com 20 dias úteis e 4 dias não úteis no mês, que foi considerada nos cálculos de consumo. Para iniciar o estudo, fez-se um levantamento técnico das salas situadas na localidade que será listada na Tabela 1.

Tabela 1- Ambientes em que ocorreu o levantamento.

1. Laboratório Aedifica	2. Labcad (Sala de informática)
3. Sala multimídia I	4. Ateliê de projetos I
5. Oficina	6. Sala de instalações hidro sanitárias
7. Viola e violino	8. Sala de aula
9. Sala de aula (P7)	10. Sala de atendimento
11. Artes visuais	12. Sala luz e cor
13. Sala de tecnologia das construções	14. Multimídia II
15. Sala de instalações domiciliares	16. Conforto ambiental
17. Coordenação	18. Sala dos professores
19. Secretaria da coordenação	20. Ateliê de plástica
21. Banheiros e corredores	22. Ateliê de projetos II
23. Ateliê de modelos e maquetes	24. Sala de desenho II
25. Sala de desenho I	26. Sala de desenho III

Fonte: Autoria própria (2023).

### 3.1 LEVANTAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A situação do sistema de iluminação existente foi examinada em visita técnica que foram levantadas o nome das salas, a quantidade e tipos de lâmpadas, em sua totalidade do tipo fluorescente tubular, conforme pode-se observar na Figura 3 e a sua respectiva potência. Todos esses dados são mostrados na Tabela 2.

Figura 3- Fotografia do laboratório Labcad (Sala de informática).



Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 2- Levantamento de lâmpadas do prédio da UA1.

Ambiente	Quantidade de Lâmpadas fluorescentes	Potência das Lâmpadas (W)	Quantidade de reatores
Laboratório Aedifica	2	40	1
Laboratório Aedifica	8	20	4
Sala multimídia I	8	40	4
Oficina	13	40	7
Viola e violino	4	40	2
Sala de aula (P7)	8	40	4
Artes visuais	4	40	1
Sala de tecnologia das construções	12	40	6

Fonte: Aatoria própria (2023).

Todos os dados do levantamento foram registrados e organizados em planilhas Excel. Contabilizou-se que o prédio possui um total de 377 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W (T8 - 120 cm) e 120 lâmpadas fluorescentes tubulares de 20W (T8 - 60 cm). Como não foi possível verificar o modelo dos reatores que estão instalados, adicionou-se uma potência de 10% do consumo das lâmpadas.

Atualmente, ao buscar novas alternativas de economia de energia e reduzir as manutenções, há uma tendência em substituir as lâmpadas tubulares tradicionais por LED, por serem mais eficientes e por possuírem uma melhor qualidade de luz emitida, já que seu índice de reprodução de cor (IRC) é superior ao das fluorescentes.

Como forma de aproveitamento das estruturas atuais, o ideal é o aproveitamento dos circuitos existentes e a substituição das lâmpadas por suas correspondentes com a tecnologia LED. Para realizar a escolha correta, foram comparadas as características (tensão, fluxo luminoso e comprimento), essas informações foram baseadas nos catálogos para devidas comparações. Nas Tabela 3 e 4, tem-se a comparação da potência entre as lâmpadas tubulares fluorescentes e de LED que apresentam luminosidade similar, fator que varia entre cada fabricante cujos dados foram empregados para comparar o sistema atual com o sistema proposto.

Tabela 3- Características das lâmpadas 120 cm.

Descrição	Medida	LED	Fluorescente
Potência nominal	Watts	18	40
Fluxo luminoso	lumens	2400	2300
Custo Lâmpada	R\$	23,98	9,90
Custo Reator	R\$	Não utiliza	Utiliza
Custo Luminária	R\$	100,00	100,00
Cor	-	Branca (Fria)	Branca (Fria)
Comprimento	Cm	120	120
Vida útil	horas	40000	15000
Modelo	-	T8	T8
Fabricante	-	Lenharo	Empalux

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 4- Características das lâmpadas 60 cm.

Descrição	Medida	LED	Fluorescente
Potência nominal	Watts	12	20
Fluxo luminoso	lumens	1320	1200
Custo Lâmpada	R\$	18,5	9,90
Custo Reator	R\$	Não utiliza	Utiliza
Custo Luminária	R\$	100,00	100,00
Cor	-	Branca (Fria)	Branca (Fria)
Comprimento	cm	60	60
Vida útil	horas	25000	15000
Modelo	-	T8	T8
Fabricante	-	Taschibra	Empalux

Fonte: Autoria própria (2023).

Observa-se que o custo com a aquisição de lâmpadas de 120 cm com tecnologia LED é R\$ 14,08, já nas lâmpadas de 60 cm corresponde a um custo adicional de R\$ 11,25. Porém, a LED possui uma vantagem em relação a fluorescente, pois não é necessário reator para sua utilização. Dessa forma, proporciona um menor custo associado ao consumo total de energia por lâmpada, além de apresentarem uma vida útil maior que as do tipo fluorescente. A Tabela 5 apresenta o valor inicial do investimento e os comparativos das tecnologias. E a Tabela 6 apresenta informações como o custo de aquisição, horas de utilização e o custo por kWh conforme dados da distribuidora Energisa Paraíba.

Tabela 5- Comparação dos investimentos.

Tipo de Lâmpada	Quantidade necessária	Potência atual (W)	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Lâmpada tubular T8 LED 18W	377	6786	23,98	9.040,46
Lâmpada tubular T8 LED 9W	120	1080	18,50	2.220,00
Lâmpada tubular fluorescente 40W	377	15080	9,90	3.732,30
Lâmpada tubular fluorescente 20W	120	2400	7,25	870,00
Diferença de valores	-		-	5.308,16

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 6- Informações do projeto.

Descrição	Medida	Lâmpada fluorescente	Lâmpada de Led
Potência (120cm)	Watts	40	18
Potência (60cm)	Watts	20	12
Quantidade (120cm)	Unidade	377	377
Quantidade (60cm)	Unidade	120	120
Custo de aquisição (120cm)	R\$	23,98	9,9
Custo de aquisição (60cm)	R\$	18,5	7,25
Horas de utilização (Fora de Ponta)	h	10	10
Horas de utilização (Ponta)	h	3	3
Consumo (Fora de ponta)	R\$/kWh	0,23109	0,23109
Consumo (Ponta)	R\$/kWh	0,36274	0,36274
Total de cargas iluminação	kW	17,48	7,866
Consumo mensal	R\$	1.398,38	629,27

Fonte: Autoria própria (2023).

### 3.2 ESTUDO DO CONDICIONAMENTO DE AR

Na continuidade do estudo de auditoria energética do prédio da UA1, foi realizado um estudo do sistema de condicionamento de ar. Os dados levantados para estudo de condicionamento de ar de todos os ambientes do prédio, tal como salas de aula do curso de design de interiores e do curso de música, marcenaria e sala dos professores, estão apresentados

na Tabela 7. Para levantamento dos dados, foram realizadas visitas técnicas em todos os locais, visando anotar as informações importantes para o estudo.

Tabela 7- Relação dos aparelhos de ar condicionado.

Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Potência Cond. Ar (BTU/h)	Potência Atual (kW)	Eficiência Atual
Laboratório Aedifica	28,44	12000	3,5148	B
Sala Geonésia aplicada	18,67	12000	3,5148	B
Sala multimídia I	41,18	27000	7,91	A
Viola e violino	17,99	12000	3,5148	A
Sala de aula (P7)	17,05	18000	5,274	A
Artes visuais	17,71	18000	5,274	A
Sala de tecnologia das construções	40,3	48000	14,06	E
Coordenação	21,03	12000	3,52	A
Secretaria da coordenação	24,41	12000	5,27	B
Ateliê de modelos e maquetes	69,93	48000	14,06	B
Sala de desenho I	74,81	48000	14,06	D
Sala dos professores	10,4544	12000	3,5148	A
Labcad (Sala de informática)	59,56	48000	14,06	B
Ateliê de projetos I	58,114	12000	3,52	A
		24000	7,0296	B
Sala de instalações hidro sanitárias	40,47	24000	7,0296	B
Sala de aula	40,47	24000	7,0296	B
Sala de atendimento	21,78	12000	3,5148	B
Sala luz e cor	61,2	18000	5,27	B
		18000	5,27	A
Multimídia II	40,16	24000	7,0296	B
Conforto ambiental	59,56	48000	14,06	A
Ateliê de plástica	69,36	48000	14,06	B
Ateliê de projetos II	71,29	48000	14,06	B
Sala de desenho II	57,98	48000	14,06	D
Sala de desenho III	85,63	48000	14,06	D

Fonte: Autoria própria (2023).

O sistema de ar condicionado depende de cada sala, pois suas características e definições mudam. Dessa forma, foi utilizada uma planilha de cálculo simplificado de carga térmica, conforme modelo disponibilizado na NBR 5858. Com a planta baixa do prédio disponibilizada

no AutoCAD e visitas técnicas constantes no local, foi possível fazer o estudo do condicionamento de ar ideal para cada ambiente e assim identificar as melhores possibilidades de aumentar a eficiência energética.

No cálculo de carga térmica foi necessário indicar a orientação de cada parede para preencher as planilhas corretamente. Com o auxílio do *Google Maps* foi possível determinar a orientação de janelas e paredes, que é um dos itens fundamentais para determinar a carga térmica do ambiente. Preenchendo os demais dados na planilha de cálculo simplificado da carga térmica foi determinada a quantidade de calor efetiva a ser retirada de cada ambiente, com o objetivo de otimizar o sistema. E por fim, tem-se o sistema de condicionamento de ar ideal para utilização do local.

A fim de completar o formulário, foi necessário conhecer dados como as janelas e vãos livres, bem como suas dimensões, piso, dimensões do ambiente a ser condicionado, número de pessoas que utilizam o local, iluminação, aparelhos elétricos e a indicação da parede voltada para o sul. Assim, na visita técnica foram apurados todos esses dados necessários de cada sala da UA1. O resultado da planilha dará o valor em Btu/h apropriado para o local e caso ocorra contraste com o valor atual, será feito um redimensionamento do aparelho de refrigeração atual por um adequado com maior eficiência energética. Segue na Tabela 8, uma descrição do consumo atual do sistema de ar condicionado.

O levantamento da carga térmica permitiu verificar as salas que possuíam o maior desperdício de energia. A Figura 4, tem-se um exemplo de como se configura o sistema atual, o requerido e o resultado da análise com a substituição do sistema atual para o necessário.

Tabela 8- Consumo atual do sistema de ar condicionado.

Descrição	Medida	Sistema atual
Quantidade de aparelhos	Unidade	37
Horas de utilização (Fora de Ponta)	horas	10
Horas de utilização (Ponta)	horas	3
Consumo (Fora de ponta)	R\$ (kWh)	0,23109
Consumo (Ponta)	R\$ (kWh)	0,36274
Total de cargas	kW	215,2815
Consumo mensal	R\$	17.222,32

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 4 - Análise da substituição de equipamentos de condicionamento de ar.

Sala	Área (m <sup>2</sup> )	Potência (BTU/h)	Potência Atual (kW)	Eficiência Atual	Potência requerida (BTU/h)	Potência requerida (BTU/h)	Potência requerida (kW)	Eficiência requerida	Aumento na eficiência (BTU/h)	Redução no consumo (V)
Laboratório Aedífrica	28,44	12000	3,5148	B	8467,90	9000,00	2,48	A	25%	1,03
Sala Geonésia aplicada	18,6756	12000	3,5148	B	6441,78	9000,00	1,89	A	25%	1,63
Sala multimídia I	41,18	24000	7,91	A	18434,15	-	5,69	A	38%	2,22
Viola e violino	17,99	12000	3,5148	A	6613,87	-	1,94	A	45%	1,58
Sala de aula (P7)	17,05	18000	5,274	A	6976,35	-	2,04	A	61%	3,23
Artes visuais	17,71	18000	5,274	A	8634,45	-	2,53	A	78%	2,74
Sala de tecnologia das construções	38,9	48000	14,06	E	21427,57	22000,00	6,28	A	54%	7,78
Coordenação	21,03	12000	3,52	A	7181,07	-	2,10	A	40%	1,42
Secretaria da coordenação	23,7728	12000	5,27	B	6975,67	9000,00	2,04	A	25%	3,23
Ateliê de modelos e	67,47	48000	14,06	B	26726,40	30000,00	7,83	A	44%	6,23
Sala de desenho I	70,10	48000	14,06	D	27176,37	30000,00	7,96	A	43%	6,10
Sala dos professores	10,4544	12000	3,5148	A	6441,78	9000,00	-	A	46%	3,51
Baja	17,60	12000	3,5148	A	8718,63	-	2,55	A	27%	0,96
Laboad (Sala de	59,56	48000	14,06	B	26449,25	30000,00	7,75	A	45%	6,31
Ateliê de projetos I	58,114	12000	3,52	A	28008,73	-	8,21	A	22%	2,34
		24000	7,0296	B		18000				
Sala de instalações hidro sanitárias	40,47	24000	7,0296	B	21528,98	22000,00	6,31	A	10%	0,72
Sala de aula	40,47	24000	7,0296	B	23124,08	24000,00	6,78	A	4%	0,25
Sala de atendimento	21,78	12000	3,5148	B	10237,85	12000,00	3,00	A	15%	0,52
Sala luz e cor	61,2	18000	5,27	B	29859,79	-	8,75	A	17%	1,79
		18000	5,27	A		12000				
Multimídia II	40,16	24000	7,0296	B	21071,39	22000,00	6,17	A	12%	0,86
Conforto ambiental	59,56	48000	14,06	A	25324,02	-	7,42	A	47%	6,64
Ateliê de plástica	69,36	48000	14,06	B	27116,95	30000,00	7,95	A	44%	6,11
Ateliê de projetos II	71,23	48000	14,06	B	27292,39	30000,00	7,95	A	43%	6,11
Sala de desenho II	57,98	48000	14,06	D	23395,09	24000,00	6,84	A	67%	7,22
Sala de desenho III	85,63	48000	14,06	D	30170,09	33000,00	8,84	A	48%	5,22

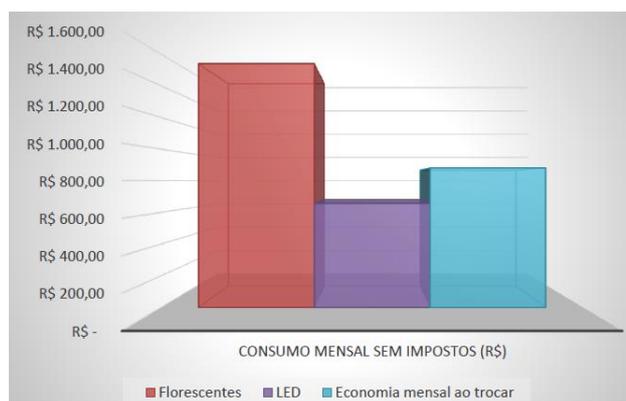
Fonte: Autoria própria (2023).

Algumas salas possuem um desperdício de energia, conforme pode-se observar na Figura 4. Por exemplo, o laboratório de Artes Visuais possui uma potência instalada de 5,2 kV, mas o suprimento ideal para esta sala seria de seria 2,53 kV. A troca nessa sala proporcionaria um aumento da eficiência de 78%.

#### 4. RESULTADOS

A troca da iluminação por LED gerou a economia ilustrada na Figura 5. Dessa maneira, ao comparar o consumo mensal das tecnologias acrescentando o custo envolvido para o funcionamento das lâmpadas é ilustrado em vermelho na figura abaixo. O faturamento da energia mensal relativa ao sistema de iluminação por LED, sem impostos, é representado na cor roxa. A diferença de economia entre o sistema existente e o proposto (LED) é de R\$ 880,15, a que corresponde um valor percentual de 59,09% de contenção de gastos com iluminação, se todas as lâmpadas fluorescentes forem trocadas por LED.

Figura 5- Comparativo do consumo por tecnologia.



Fonte: Autoria própria (2023).

Ao propor melhorias em um sistema, também se examina os custos envolvidos, para assim averiguar se o projeto é viável e em quanto tempo haverá um retorno financeiro. Para criar uma projeção são necessárias algumas análises. Com a finalidade de expor em quando tempo irá ocorrer o retorno dos recursos investidos, usou-se o método do *PayBack* apresentado na Tabela 9.

A redução de demanda de energia pode proporcionar uma economia adicional de R\$ 675,96 anualmente. Já a economia anual do consumo será de R\$ 8.782,73. Como mostrado na Tabela 9, o tempo de retorno do investimento será de 1 ano e um mês. Já referente ao condicionamento de ar, obteve-se o valor real de capacidade de refrigeração para os ambientes por meio do formulário para o cálculo simplificado de carga térmica. No momento que se

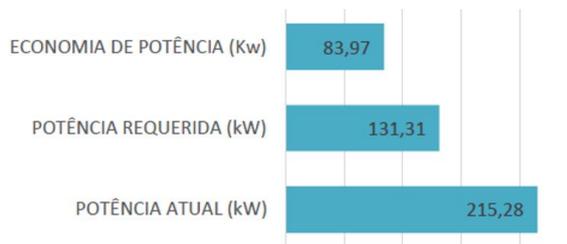
totalizou a carga de ares-condicionados obteve uma redução teórica de 83,97 kW de potência. As Tabelas 10 e 11, expõe o consumo atual e o projetado.

Tabela 9- Metodologia para análise de investimento.

OPÇÃO TROCA POR LED			Total
<b>Redução de Consumo (kWh/ano)</b>	<b>Ponta</b>	<b>F. Ponta</b>	
$EEA = N_{lum} \times (PLT12 - PLT8) \times T_{uso}$	7245,88	26631,86	33877,74
<b>Economia Anual (R\$)</b>	R\$ 2.628,37	R\$ 6.154,36	R\$ 8.782,73
$EC = EEA \times T_{consumo}$			
<b>Redução de Demanda de Energia (kW/Ano)</b>	-	-	9,61
$D_{red} = N_{lum} \times (DLT12 - DLT8)$			
<b>Economia Anual com a Redução de Demanda(R\$)</b>	R\$ 507,33	R\$ 168,63	R\$ 675,96
$ED = D_{red} \times T_{demanda}$			
<b>Horas totais de com iluminação por ano (horas)</b>	295191,00	1181201,32	1476392,32
$T_{total} = N_{lamp} \times T_{uso} (60\text{ cm})$	33960,00	375979,20	469939,20
$T_{total} = N_{lamp} \times T_{uso} (120\text{ cm})$	295191,00	1181201,32	1476392,32
<b>Quantidade de Lâmpadas necessárias por ano</b>			
(Sistema Atual) $Q_{lamp} = T_{total} / V_{util} (120\text{ cm} - T8)$			98,43
(Nova opção) $Q_{lamp} = T_{total} / V_{util} (60\text{ cm} - T8)$	-	-	11,75
(Sistema Atual) $Q_{lamp} = T_{total} / V_{util} (120\text{ cm} - T8)$			98,43
(Nova opção) $Q_{lamp} = T_{total} / V_{util} (60\text{ cm} - T8)$			11,75
<b>Custo com aquisição de lâmpadas por ano</b>			
$CT_{1atual} = QT_{12} \times \text{preço}$	-	-	R\$ 1.688,01
$CT_{8nova} = QT_{8} \times \text{preço}$			R\$ 499,08
<b>Economia total anual com a aquisição</b>	-	-	R\$ 1.188,93
$E_{total} = CT_{12} - CT_{8}$			
<b>Economia total anual com a substituição</b>	-	-	R\$ 10.647,62
$E_{total} = E_c + ED + EAL$			
<b>Payback (anos)</b>	<b>1,058</b>		
$P = C_{troca} / E_{total}$			

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 6- Economia de potência após a análise dos ambientes.



Fonte: Aatoria própria (2023).

Tabela 10- Consumo atual.

Descrição	Medida	Sistema atual
Quantidade de aparelhos	Unidade	37
Horas de utilização (Fora de Ponta)	horas	10
Horas de utilização (Ponta)	horas	3
Consumo (Fora de ponta)	R\$ (kWh)	0,23109
Consumo (Ponta)	R\$ (kWh)	0,36274
Total de cargas	KW	215,2815
Consumo mensal atual	R\$	17.222,32

Fonte: Aatoria própria (2023).

Tabela 11- Consumo planejado ao projeto.

Descrição	Medida	Sistema planejado
Quantidade de aparelhos	Unidade	37
Horas de utilização (Fora de Ponta)	horas	10
Horas de utilização (Ponta)	horas	3
Consumo (Fora de ponta)	R\$ (kWh)	0,23109
Consumo (Ponta)	R\$ (kWh)	0,36274
Total de cargas	KW	131,31
Consumo mensal	R\$	10.504,73

Fonte: Aatoria própria (2023).

Portanto, foi verificado que a economia do consumo mensal no estudo de condicionamento ambiental é de R\$ 6.717,59. Para identificar qual seria o investimento inicial, foi realizada uma pesquisa de mercado e estimado o gasto de R\$ 200,00 para instalação de cada

aparelho e R\$ 33.656,00 em compras de novos ar condicionados, totalizando R\$ 38.056,00. Os aparelhos que possuíam selo A de eficiência foram mantidos, já os que possuíam baixa eficiência foi proposto a substituição por novos sistemas com tecnologia inverter e com selo Procel A de economia. Desse modo, a Tabela 12 explicita que o tempo de retorno do investimento será de 6 meses ao realizar a troca do condicionamento de ar do bloco acadêmico.

Tabela 12- Economia mensal.

Mês	Economia mensal	
Jan	-R\$	38.056,00
Fev	-R\$	31.338,41
Mar	-R\$	24.620,82
Abr	-R\$	17.903,23
Mai	-R\$	11.185,64
Jun	-R\$	4.468,05
Jul	R\$	2.249,54
Ago	R\$	6.717,59
Set	R\$	6.717,59
Out	R\$	6.717,59
Nov	R\$	6.717,59
Dez	R\$	6.717,59

Fonte: Aatoria própria (2023).

## 5. CONCLUSÃO

Portanto, foi proposto aplicações do conceito de eficiência energética no ambiente acadêmico para reduzir o consumo, evitar o desperdício e conscientizar as pessoas sobre o uso inadequado da energia elétrica. Os principais métodos de uma auditoria energética foram aplicados. Buscou-se determinar quem, quanto e como está sendo consumida a energia elétrica. E esse estudo identificou e quantificou o bloco da Unidade Acadêmica I, do IFPB no campus de João Pessoa.

Com o presente estudo, foi possível mensurar a energia elétrica que pode ser economizada com sistemas de iluminação e refrigeração mais eficientes. A lâmpada de LED demonstrou ser um ótimo investimento nessa proposta por diminuir o consumo mensal, sendo econômica

quando comparada com as lâmpadas fluorescentes tubulares, além de possuir maior vida útil e menor impacto ambiental.

Além do mais, foi possível entender as particularidades que devem ser apontados para redução do consumo de energia dos sistemas de condicionamento de ar condicionado, que de maneira sucinta suas medidas de efficientização são agrupadas em duas categorias: a arquitetura do ambiente e a tecnologia da refrigeração.

Levantou-se que a substituição da iluminação fluorescente por LED teve uma economia de 59,09%. Já o sistema de ar-condicionado 39% em relação ao consumo mensal sem a inserção de impostos. Com a economia de aproximadamente R\$ 90.000 anuais, uma instituição pública de ensino pode investir em outros setores. Conseqüentemente, o estudo de engenharia econômica mostrou a viabilidade de implementação para substituição, visto que haverá um tempo curto de retorno do investimento (payback).

## REFERÊNCIAS

ANEEL, **Programa de Eficiência Energética** – Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 15 de out de 2022.

BRASIL. **Portaria Interministerial MME/MIC n.1.877**, de 30 de dezembro de 1985. Institui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1985.

BIZ, ANDRÉ. **Auditoria Energética Com Ênfase Em Condicionamento Ambiental, Aplicado No DEE – CCT - UDESC**. Orientador: Dr. Sérgio Vidal Garcia Oliveira. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA, JOINVILLE, SANTA CATARINA, 2015.

FOX LUX. **Modelos e especificações técnicas**. Disponível em: <<https://www.foxlux.com.br/produto/lampada-fluorescente-tubular/>>. Acesso em: 03 de Jan de 2023.

HANSEN, Alice Maria Dreher. **Padrões de consumo de energia elétrica em diferentes tipologias de edificações residenciais**, em Porto Alegre. 2000.

HANSEN, Alice Maria Dreher. **Padrões de consumo de energia elétrica em diferentes tipologias de edificações residenciais**, em Porto Alegre. 2000.

INMETRO. **Tabelas de consumo / eficiência energética.** Disponível em: <[https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica](https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa_brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica)>. Acesso em: 28 dez. 2022.

MARQUES, Milton César Silva; HADDAD, Jamil; MARTINS, André Ramon Silva. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações.** Itajubá: Fupai, 2006.

NBR 5413. Rio de Janeiro, ABNT. 1992. BALDWIN, R.; BARTLETT, P.B.; LEACH, S.J.; ATTENBOROUGH, M. P.; DOGGART, J. V.

NBR 5858 – **Condicionador de ar doméstico.** Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

PEREIRA, Ysabela Thaiz; CARVELLI, Edenir. **Vantagens Econômicas, Ambientais e de Durabilidade da Lâmpada de Led em Comparação as Lâmpadas Fluorescentes Tubulares.** Uningá Review, v. 33, n. 2, p. 180-190, 2018.

PICCININI, Maurício Serrão. **Conservação de energia na indústria: as políticas adotadas na época da crise energética.** 1994.

PROCEL, INFO. **Relatório de resultados do procel 2019.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 18 de Nov. de 2019.

SA, ELETROBRÁS–Centrais Elétricas Brasileiras. **PROCEL–Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.** Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso–Ano Base, 2005.

SANTOS, Afonso. **Eficiência energética: Teoria.** 1 ed. Itajubá, MG: Eletrobrás/ PROCEL EDUCAÇÃO, 2007. 224 p.

SOLNIK, Alex. **A guerra do apagão: a crise de energia elétrica no Brasil.** Senac, 2001.