



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – *CAMPUS* PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FERNANDA FRAGA CORNÉLIO
JOYCE HELLEN ALVES DE SOUSA**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO À
ILUMINAÇÃO E AO CONDICIONAMENTO DE AR: Estudo de caso em
salas de aula do IFTO *campus* Porto Nacional**

PALMAS-TO

2021



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – *CAMPUS* PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FERNANDA FRAGA CORNÉLIO
JOYCE HELLEN ALVES DE SOUSA**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA À
ILUMINAÇÃO E AO CONDICIONAMENTO DE AR: Estudo de caso em
salas de aula do IFTO *campus* Porto Nacional**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
do Instituto Federal do Tocantins – Campus
Palmas, como exigência à obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Felipe Tozzi Bittencourt

PALMAS-TO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

C814a Cornélio, Fernanda Fraga. Sousa, Joyce Hellen Alves
 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO À
 ILUMINAÇÃO E AO CONDICIONAMENTO DE AR : estudo de caso
 em
 salas de aula do IFTO campus Porto Nacional / Fernanda Fraga
 Cornélio, Joyce Hellen Alves de Sousa. — Palmas, TO, 2021.
 82 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) —
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2021.

Orientador: Me. Felipe Tozzi Bittencourt

1. Eficiência Energética. 2. Sistema de Iluminação. 3. Sistema de
condicionamento de ar. I. Sousa, Joyce Hellen Alves de. II. Bittencourt,
Felipe Tozzi III. , . IV. Título.

CDD 621

FERNANDA FRAGA CORNÉLIO
JOYCE HELLEN ALVES DE SOUSA

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA À
ILUMINAÇÃO E AO CONDICIONAMENTO DE AR: ESTUDO DE
CASO EM SALAS DE AULA DO IFTO CAMPUS PORTO NACIONAL**

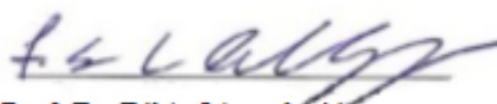
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Coordenação do Curso Bacharelado em
Engenharia Elétrica do Instituto Federal do
Tocantins – Campus Palmas, como exigência à
obtenção do grau de bacharel em Engenharia
Elétrica.

Aprovado em: 03/ 02/ 2021

BANCA AVALIADORA



Prof. Me. Felipe Tozzi Bittencourt
(Orientador)
IFTO – Campus Palmas



Prof. Dr. Fábio Lima de Albuquerque
IFTO – Campus Palmas



Prof. Me. Rodrigo Soares Gori
IFTO – Campus Palmas

AGRADECIMENTOS

FERNANDA FRAGA CORNÉLIO

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, me proporcionando saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais Eduardo e Clidecy, que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas e com muito carinho e amor incondicional não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida. A minha irmã Tatianne, que sempre esteve ao meu lado, mesmo quando distante, sendo meu ponto de apoio em todos os momentos da vida acadêmica, me ajudando e incentivando.

Ao meu professor orientador Me. Felipe Tozzi Bittencourt, pelo auxílio e apoio, sempre que possível disponibilizou seu tempo para me dirigir e orientar para o alcance dos meus objetivos. Grata em especial ao IFTO- *Campus*- Porto Nacional, pela disponibilidade de tempo e local para que este trabalho fosse realizado.

Aos meus queridos avós Valdelirio e Venância, “*in memoriam*” que onde quer que estivessem, sempre foram meu alicerce e estiveram sempre do meu lado, orando por mim.

A toda minha família que mesmo com a distância me incentivou e torceu pelo meu sucesso. Também a todos meus amigos e amigas que estiveram comigo nesses anos e que de alguma forma foram essenciais para que esse momento se tornasse possível.

Aos meus professores por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a demonstração do caráter e dedicação no processo de formação profissional. Por fim, todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

JOYCE HELLEN ALVES DE SOUSA

Inicialmente agradeço a Deus, que é quem tem me conduzido e me sustentado em toda a minha trajetória, cuidando de todos os detalhes da forma mais preciosa possível no tempo dele.

Agradeço a minha família, que é a minha base e encorajamento. Principalmente a minha mãe, Maria Célia que de tudo fez e faz para a minha educação e crescimento na vida, minha guerreira, que mesmo com o pouco, teve a ousadia de buscar realizar meus sonhos, de me dá tudo que eu precisava e de nunca medir esforços quando o assunto era os estudos. Agradeço a minha avó, Helena Maria que juntamente com minha mãe, foi um dos meus maiores incentivos e meu maior exemplo de persistência e fé, e quem sempre orou por mim. Agradeço ao meu avô Abdias, pelo o apoio e atenção de sempre, ao meu pai Dourival, por todas palavras verdadeiras e motivadoras, ao meu irmão Dieyson, por todo apoio e carinho e ao meu namorado Luan, por se fazer presente todos os dias mesmo a distância, por todos ensinamentos e ajudas durante o curso, meu “*sensei*”, e principalmente por tornar mais fácil cada dia dessa jornada.

Agradeço às minhas amigas piauienses arrebatadoras, Carolina e Maria Francisca por todo apoio e muitas risadas, por serem fiéis e maravilhosas, a Marly por todas as milhares de mensagens enviadas diariamente todos esses anos e por toda a ajuda de sempre e a Elayne minha colega de quarto e amiga de décadas, que tanto me ajudou e se fez companheira e incentivadora durante esses anos. A Cláudia e a minha madrinha Jovelina, que foram pessoas essenciais no início desse trajeto. A minha prima Priscila, que me socorreu quando meu notebook deu problemas. Aos amigos que fiz em Palmas, as boas companhias da faculdade, pelo companheirismo, agradeço a minha parceira de tcc e ao meu orientador que desde da escolha do projeto se mostrou presente e encarou os desafios que tivemos ao longo do trabalho, pela gentileza de se prontificar sempre que precisamos.

Agradeço também ao IFTO e aos professores por todo conhecimento transmitido, e especialmente ao *campus* de Porto Nacional, por ter colaborado para o desenvolvimento deste trabalho. Sou muito grata pela solidariedade de todos que passaram pela minha vida na jornada mais árdua que tive até então. Gratidão por findar mais esse ciclo e conquista.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar o nível de eficiência energética dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar dos blocos II e III de salas de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO, *campus* Porto Nacional e propor a troca dos equipamentos a fim de reduzir o consumo de energia elétrica. Devido ao alto consumo e ao uso de equipamentos ineficientes que levam ao desperdício de energia e impactos socioambientais, verificou-se a necessidade da elaboração e publicação deste estudo de caso. Por meio do levantamento das características dos ambientes estudados, da análise dos sistemas de iluminação e climatização, observou-se um sistema de iluminação inadequado para o tipo de atividade realizada no local, desse modo realizou-se cálculos e simulações do consumo de energia elétrica e da viabilidade econômica deste projeto. A partir dessa metodologia, foi possível encontrar um cenário mais eficiente após a troca dos aparelhos e fazer um estudo comparativo entre os cenários, onde apresentou-se uma redução no consumo. Através da análise da viabilidade econômica, obteve-se resultados satisfatórios de VPL, payback e uma taxa de retorno interna (TIR) de 7% que mostra que o projeto é viável. Os resultados deste estudo permitem concluir que os objetivos deste trabalho foram alcançados, pois apresentou-se uma economia no consumo dos blocos através da substituição e adequação de equipamentos antiquados por equipamentos mais eficientes. Com esta publicação, espera-se incentivar o uso de sistemas mais eficientes de iluminação e condicionamento de ar e a produção de mais pesquisas sobre eficiência energética em instituições de ensino público.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Sistema de Iluminação. Sistema de condicionamento de ar.

ABSTRACT

This study aims to analyze the level of energy efficiency of lighting and air conditioning systems in blocks II and III of classrooms of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins - IFTO, *campus* Porto Nacional and propose the replacement of equipment in order to reduce electricity consumption. Due to the high consumption and the use of inefficient equipment that leads to energy waste and socio-environmental impacts, the need to prepare and publish this case study was verified. Through the survey of the characteristics of the studied environments, the analysis of the lighting and air conditioning systems, an inadequate lighting system was observed for the type of activity carried out on site, thus calculations and simulations of the consumption of electricity and the economic viability of this project were made. From this methodology, it was possible to find a more efficient scenario after the replacement of the equipment and to make a comparative study between the scenarios, where a reduction in consumption was presented. Through the analysis of the economic viability, it obtained satisfactory results of NPV, payback and an internal rate of return (IRR) of 7% that shows that the project is viable. The results of this study allow us to conclude that the objectives of this work were achieved, because it presented an economy in the consumption of blocks through the replacement and adaptation of old equipment for more efficient equipment. With this publication, it is expected to encourage the use of more efficient lighting and air conditioning systems and the production of more research on energy efficiency in public education institutions.

Key-words: Energy Efficiency. Lighting System. Air-conditioning System

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Resultados das ações do Procel em 2018.....	23
Figura 2-	Resultados anuais da economia de energia decorrente das ações do Procel em Kwh (2014-2018).....	24
Figura 3-	Selo do Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).....	25
Figura 4-	Etiqueta do PBE (Informa o Quão Eficiente é o Equipamento).....	26
Figura 5-	Selo de Eficiência Energética do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos derivados de Petróleo e do Gás Natural.....	27
Figura 6-	Classificação Geral da Edificação.....	28
Figura 7-	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), geral de edifício. construído.....	29
Figura 8-	Condicionadores de ar tipo Janela	34
Figura 9-	Condicionadores de Ar tipo split	34
Figura 10-	Planta dos blocos II e III do IFTO Campus Porto Nacional.....	37
Figura 11-	Sala 6 do bloco III do IFTO Campus Porto Nacional.	38
Figura 12-	Sala 6 do bloco III do IFTO Campus Porto Nacional.	38
Figura 13-	Sala 1 do bloco II do IFTO Campus Porto Nacional.....	39
Figura 14-	Lâmpada atualmente utilizada nas salas de aulas em estudo.....	45
Figura 15-	Tabela utilizada para determinar o fator de utilização de luminária.....	46
Figura 16-	Tabela utilizada para determinar o fator de Manutenção.	46
Figura 17-	Alíquotas de ICMS incidentes sobre o consumo de Energia Elétrica.....	48
Figura 18-	Lâmpada Tubular LED	59
Figura 19-	Luminária Aletada GAMA 2X20W 120cm.....	59
Figura 20-	Consumo total em R\$ das lâmpadas.....	72
Figura 21-	Consumo total em R\$ dos condicionadores de ar.....	73
Figura 22-	VPL total nos três cenários	74
Figura 23-	PayBack Eficiente <i>versus</i> Atual.....	75
Figura 24-	PayBack Eficiente <i>versus</i> Projetado.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.....	30
Tabela 2 – Descrição do objeto de estudo.....	39
Tabela 3 – Levantamento de Carga da Iluminação do Bloco II.....	40
Tabela 4 – Levantamento de Carga da Iluminação do Bloco III.....	41
Tabela 5 – Levantamento de Carga dos Condicionadores de Ar do Bloco II.....	41
Tabela 6 – Levantamento de Carga dos Condicionadores de Ar do Bloco III.....	42
Tabela 7 – Funcionamento das salas de aulas.....	43
Tabela 8 – Modalidade tarifária horária verde.	49
Tabela 9 – Cálculo do valor a ser cobrado na Tarifa de Ponta	50
Tabela 10 – Cálculo do valor a ser cobrado na Tarifa de Fora de Ponta..	50
Tabela 11 – Consumo mensal ar condicionado bloco II - Cenário Projetado.	52
Tabela 12 – Consumo mensal lâmpadas bloco II- Cenário Projetado	53
Tabela 13 – Consumo mensal ar condicionado bloco III- Cenário Projetado	53
Tabela 14 – Consumo mensal lâmpadas bloco III- Cenário Projetado	54
Tabela 15 – Consumo Total do Cenário Projetado (R\$).....	55
Tabela 16 – Consumo mensal ar condicionado bloco II - Cenário Atual..	56
Tabela 17 – Consumo mensal das lâmpadas do bloco II- Cenário Atual.	56
Tabela 18 – Consumo mensal ar condicionado bloco III- Cenário Atual.	57
Tabela 19 – Consumo mensal lâmpadas bloco III- Cenário Atual.	57
Tabela 20 – Consumo Total do Cenário Atual (R\$).	58
Tabela 21 – Vida útil das Lâmpadas..	60
Tabela 22 – Substituição dos Equipamentos	60
Tabela 23 – Consumo mensal ar condicionado bloco II - Cenário Mais Eficiente.	61
Tabela 24 – Consumo mensal das lâmpadas do bloco II- Cenário Mais Eficiente.	62
Tabela 25 – Consumo mensal ar condicionado bloco III - Cenário Mais Eficiente.	62
Tabela 26 – Consumo mensal das lâmpadas do bloco III- Cenário Mais Eficiente.	63
Tabela 27 – Consumo Total do Cenário Mais Eficiente R\$.....	63
Tabela 28 – Cálculo do VPL para Cenário Atual	65
Tabela 29 – Cálculo do VPL para Cenário Projetado	66
Tabela 30 – Cálculo do VPL para Cenário Mais Eficiente	67

Tabela 31 – Cálculo do Payback no Cenário Eficiente <i>versus</i> Atual.....	69
Tabela 32 – Cálculo do Payback no Cenário Eficiente <i>versus</i> Projetado.....	69
Tabela 33 – Critério de decisão para aceitar ou rejeitar o projeto usando o parâmetro TIR	70
Tabela 34 – Consumo anual total dos blocos II e III.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
CONPET	Conservação de Energia do Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CEE	Custo de Energia Economizada
CCV	Custo do Ciclo de Vida
CCVA	Custo do Ciclo de Vida Anual
DPI	Densidade de Potência Instalada
ENCE	Etiqueta Nacional da Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IEE	Indicadores de Eficiência Energética
ICMS	Imposto sobre a Circulação de Mercadoria e Serviços
IFTO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
INMETRO	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	Organização Internacional de Normalização
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatts
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programa de Energia Elétrica
PIS	Programas de Integração Social
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RTQC	Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
V	Tensão Elétrica (Volts)
VPL	Valor Presente Líquido

W

Potência Elétrica Ativa (Watts)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Problema de pesquisa.....	15
1.2. Justificativa	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo Geral.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos.....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. Matriz Energética.....	17
2.2. Eficiência energética	18
2.3. Eficiência energética no Brasil	18
2.4. Indicadores da Eficiência Energética	19
2.5. Normas e Regulamentações, PROCEL e o PEE	22
2.5.1. ISO 50001: 2011 – Norma de Sistema de Gestão de Energia	22
2.5.2. Procel.....	23
2.6. Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética.....	27
2.6.1. Sistema de Envoltória	29
2.6.2. Sistema de Iluminação	30
2.6.3. Método da Área do Edifício.....	31
2.6.4. Método das Atividades do Edifício	31
2.6.5. Sistema de Condicionamento de Ar.....	33
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
4. EXECUÇÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO IFTO CAMPUS DE PORTO NACIONAL	35
4.1. Parâmetros para escolha do Projeto.....	35
4.2. Descrição do Objeto de Estudo	36
4.3. Diagnóstico Energético	40
4.3.1. Levantamento de dados.....	40
4.4. Avaliação Luminotécnica das Salas de Aula	43
4.5. Análise dos Indicadores Tributários	47
5. ESTUDO DOS CENÁRIOS	51

5.1. Cenário Projetado	51
5.2. Cenário Atual	55
5.3. Simulação da Substituição dos Equipamentos	58
5.4. Cenário mais Eficiente	61
6. APLICAÇÃO DO ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	64
6.1. Valor Presente Líquido	64
6.2. Cálculo do VPL nos Cenários em Estudo	64
6.3. Payback	67
6.4. Cálculo do Payback nos Cenários em Estudo	68
6.5. Taxa Interna de Retorno (TIR)	70
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
7.1. Comparativo do consumo das Lâmpadas nos três cenários.....	71
7.2. Comparativo do consumo dos Condicionadores de Ar nos três cenários	72
7.3. Resultados obtidos na Análise Econômica	73
7.3.1. Resultados do Payback.....	74
8. CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS.....	77

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual, a energia é essencial para atender nossas necessidades de iluminação, movimento e aquecimento, entre outras, garantindo a qualidade de vida da população e o crescimento econômico de qualquer país. A energia que utilizamos passa por diversos processos de transformação, nos quais muitas vezes é, em boa parte, perdida, desperdiçada e mal utilizada. A eficiência energética de sistemas, edificações, processos e equipamentos é fundamental, uma vez que representa reduções no consumo energético e, assim, de custos a longo prazo, menores investimentos no parque de produção de energia e menores impactos ambientais (MME,2019).

O setor de edificações, composto por consumidores residenciais, comerciais e públicos, está entre os maiores consumidores de energia elétrica. No Brasil esse setor responde por aproximadamente 1/6 do consumo de energia e 50% do consumo de eletricidade, onde o setor público representa uma participação de 8,2% no uso de energia elétrica (MME, 2019). Cerca de 70% do consumo de energia elétrica nos prédios públicos se deve ao uso dos sistemas de iluminação e climatização dessas edificações (PROCEL,2006). Sendo assim, projetos de eficiência energética costumam atuar na substituição de equipamentos ineficientes e também na mudança de hábitos de seus usuários.

Assim, visando combater o desperdício e incentivar a eficiência energética nas edificações públicas, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), juntamente com os administradores públicos de todos setores do governo, tem promovido ações para o uso de equipamentos mais eficientes e desenvolvido projetos a respeito do tema. Essas ações aplicadas aos sistemas de iluminação e condicionamento de ar implicam na adequação de tais equipamentos, considerando o nível de eficiência energética com o objetivo de possibilitar o uso consciente de energia elétrica.

Neste âmbito, é possível destacar o papel dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs), por se tratar de uma instituição pública de ensino, como agentes incentivadores de ações relacionadas a sustentabilidade, proporcionando a discussão e a busca de soluções para as problemáticas ambientais e energéticas, destacando a importância dos campi como modelos e exemplos práticos de sustentabilidade.

Diante disso, o presente estudo visa realizar análise do nível de eficiência energética dos equipamentos dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar em salas de

aula dos blocos do IFTO – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, campus Porto Nacional, a fim de identificar o potencial de economia de energia elétrica e minimizar gastos.

1.1. Problema de pesquisa

O problema da pesquisa remete ao custo de energia elétrica e ao uso de equipamentos ineficientes no Instituto Federal do Tocantins, *campus* Porto Nacional, levando assim ao desperdício de energia e consequentemente ocasionando impactos socioambientais.

1.2. Justificativa

Com o constante aumento no consumo de energia elétrica em nosso país, verifica-se que, cada vez mais se faz necessário o aumento da geração de energia para suprir a demanda exigida por um crescimento tecnológico e industrial acentuado, ao mesmo tempo que causa impactos socioambientais, já que o próprio faz uso dos recursos naturais. Sendo assim, é imprescindível a utilização de equipamentos mais eficientes que auxiliem na redução do consumo de energia elétrica e que garantam um funcionamento mais eficiente, o que consequentemente ocasiona na mitigação da necessidade do aumento de capacidade de geração de energia.

Em virtude disso, foram criados programas e leis de eficiência energética que de forma racional normalizou a certificação e fiscalização dos produtos comercializados no Brasil. Entre os programas elaborados, destaca-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO, responsável por fornecer o desempenho dos produtos, principalmente com ênfase na eficiência energética, pois o conteúdo das etiquetas ajudam a equilibrar a relação de consumo, visto que sua importância está ligada às metas brasileiras de economia de energia.

Desse modo, o estudo de caso visa proporcionar a diminuição dos gastos com a energia elétrica ao fazer a utilização de equipamentos mais eficientes, para que a redução dos custos sejam efetivadas, ao mesmo tempo em que pretende-se realizar a troca dos equipamentos defasados de forma viável economicamente e que garantam a realização dos objetivos propostos.

Portanto, este trabalho procurou analisar o consumo energético atual, averiguando as condições de iluminação e condicionamento de ar, visto que, o edifício onde será realizado o estudo de eficiência energética, que são as salas de aulas do Instituto Federal de Porto Nacional, fica localizado em uma região onde possui temperaturas elevadas praticamente o ano inteiro o que ocasiona um custo mensal com energia elétrica consequentemente mais elevado, devido o uso consecutivo dos condicionadores de ar e demais dispositivos elétricos.

Além disso, como se trata de um edifício público, esse projeto contribui para o conceito de qualidade e eficiência em organizações públicas, visto que a eficiência energética tem um papel fundamental para combater o mau uso da energia e reduzir os impactos ambientais. Por estes motivos, justifica-se a realização deste projeto, a fim de colaborar para o desenvolvimento das Instituições Federais e a redução do agravamento da crise energética.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar o nível de eficiência energética dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar de blocos de salas de aula do IFTO, campus Porto Nacional, propondo a troca de equipamentos que possibilitem a redução de consumo de energia elétrica.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar regulamentos sobre eficiência energética dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, a fim de averiguar se as salas de aulas estudadas são compatíveis ou não com as normas vigentes.
- Diagnosticar a situação atual da iluminação e condicionadores de ar dos blocos de sala de aula;
- Proporem soluções eficientes e econômicas a serem aplicadas nos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, apresentando o potencial de economia a ser gerado por essas mudanças.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com a finalidade de fornecer fundamentação teórica suficiente, para o entendimento completo dos estudos realizados neste trabalho, é necessário abordar sobre a

eficiência energética, a caracterização do consumo energético no Brasil, os indicadores de eficiência energética, o estudo das normas e regulamentações e o plano de gestão energético. É primordial o entendimento de alguns conceitos e termos técnicos utilizados neste documento que serão apresentados a seguir, inicialmente com o estudo da matriz energética.

2.1. Matriz Energética

Defini-se matriz energética como sendo o conjunto de fontes de energia disponível em um país, para suprir a necessidade, ou seja, a demanda de energia. Seja ela, oriunda de fontes não renováveis, como o carvão, petróleo, gás natural, como também originadas das fontes renováveis como a hidráulica, solar, eólica e os derivados da biomassa. (EPE, 2018).

“O Brasil, atualmente, tem 83% de sua matriz elétrica originada de fontes renováveis, de acordo com Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia”, segundo Reive Barros. A participação é liderada pelo setor da hidrelétrica (63,8%), seguida da eólica (9,3%), da biomassa (8,9%) e da solar centralizada (1,4%). É fundamental utilizar todo o potencial de fontes renováveis disponíveis, não só pelo aspecto tecnológico e ambientalmente sustentável, mas principalmente pelas questões socioeconômicas, com a geração de emprego e renda para a população. (MME, 2020).

Com isso, em 2019, o Brasil ultrapassou a meta de capacidade instalada, com aumento de mais de 7 mil megawatts (MW). No qual a capacidade instalada é o total de energia que pode ser produzido, definido a partir da fiscalização da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). No total, o País conta com mais de 170 mil MW de potência fiscalizada. (MME, 2020)

A meta é estipulada pela Aneel anualmente, de acordo com a análise dos empreendimentos previstos para entrar em operação no ano. Essa análise é de extrema importância pois a capacidade instalada não pode ser inferior a quantidade de demanda dos consumidores, pois pode propiciar crise no setor elétrico. Portanto, o estudo da eficiência energética é crucial, visto que, implica na redução do consumo de energia elétrica e colabora para a mitigação dos impactos ambientais, contribuindo para que não ocorra crise no setor elétrico.

2.2. Eficiência energética

É a utilização racional de energia, que resume-se em utilizar de modo eficiente a energia elétrica para se obter um determinado resultado. A eficiência energética basicamente consiste na forma em que realizamos uma atividade, usando a menor quantidade de energia possível. Por definição, a eficiência energética significa a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2018).

O conceito de eficiência energética entende-se também como a otimização da utilização de energia. Tal como, todos os equipamentos elétricos funcionam transformando a energia elétrica em outro tipo de energia, por exemplo, a lâmpada que transforma a energia elétrica em energia luminosa. Nessas transformações, ocorrem perdas durante o processo. Portanto, um equipamento considerado eficiente energeticamente será capaz de transformar a maior parte da energia consumida, em trabalho, com o mínimo possível de perdas, quando comparado com um equipamento que não é considerado eficiente. (SOBREIRA, 2017).

A eficiência energética de sistemas, edificações e equipamentos é fundamental, uma vez que representa reduções no consumo energético e nos custos a longo prazo, e consequentemente redução nos investimentos de produção de energia e nos impactos ambientais. (MME, 2019).

2.3. Eficiência energética no Brasil

A energia é primordial para a qualidade de vida da população e para o crescimento econômico de um país. Contudo, não apenas o aumento da produção energética deve estar nos planos nacionais de desenvolvimento de uma nação, mas também saber utilizá-la de forma eficiente e racional.

Desde os anos 1980, o governo federal brasileiro, vem elaborando uma série de políticas e programas voltados para a eficiência energética. Visto que, a preocupação com a eficiência energética surgiu com mais vigor no Brasil, após a crise do petróleo, nos anos 1970, que mostrou a percepção de carência deste recurso. Desde então, a primeira ação de governo

nesse âmbito aconteceu em 1981, com o Programa Conserve, no Ministério de Minas e Energia (MME), visando promover a eficiência energética na indústria. (MME, 2018).

Em 1984, quando o fornecimento de energia elétrica passou a ser crítico, o governo federal criou o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), conduzido pelo Inmetro, com o objetivo de informar aos consumidores sobre a eficiência dos equipamentos. A partir de 2009, das edificações e influenciar na sua decisão de compra, ocasionando a melhoria da eficiência do parque consumidor. No ano seguinte, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), gerenciado pela Eletrobrás, com subprogramas difundindo iluminação e equipamentos elétricos e eletrodomésticos eficientes. Nesse cenário, correlacionando os esforços do Procel e Inmetro, foi criado o Selo Procel. E então, em 1991, foi apresentado o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), administrado pela Petrobras, com ações focadas na eficiência energética dos setores industriais e de transportes comerciais, e mediante o Selo Conpet, em automóveis e fogões e aquecedores a gás. (MME, 2018).

Ao longo dos anos, esses programas proporcionaram um aumento da eficiência energética e uma maior consciência da importância de hábitos adequados no uso de energia, e seus efeitos foram observados gradualmente. Diante do contexto, é evidente que o país demonstra precaução e valorização em relação a utilização da energia e a sua preservação. Entretanto, compete à sociedade a consolidação da conscientização do uso racional de energia, e um empenho contínuo por melhorias energéticas por cada setor da economia.

2.4. Indicadores da Eficiência Energética

Os Indicadores de Eficiência Energética (IEE), apresentam-se como uma ferramenta relevante para a análise do ser humano. A sua elaboração, de âmbito global ou local, é feita a partir de uma associação dos tipos de energia com os fatores econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos. Faz-se uma junção de duas ou mais informações para se obter um auxílio nas análises tanto energéticas como sociais, e deste modo, estabelecer o nível de desenvolvimento da sociedade e permitir assim um controle das políticas energéticas (ROMÉRO; REIS, 2012, p. 17).

A constante busca por eficiência energética e a grande preocupação com as

questões ambientais estão cada vez mais presentes mundialmente. Devido ao elevado custo da energia, até mesmo no Brasil, em que apresenta um mercado economicamente competitivo e uma matriz energética com vasta parcela renovável, essa apreensão se mantém. Impactos ambientais diretos ou indiretos são evidentes em fontes de energia, tanto renováveis como não renováveis (ENERGÉTICA, 2010).

A aplicação dos Indicadores de Eficiência Energética, auxilia como uma ferramenta na elaboração de metas voltadas às políticas ambientais, nas limitações tecnológicas e de matérias-primas direcionadas à redução da demanda de energia e na conscientização do consumo energético (TAVARES; MONTEIRO, 2014). Além disso, tem como uma das principais funções a identificação das principais áreas que necessitam de uma otimização de potencial, controlando assim o fluxo energético bem como a adesão de medidas de desempenho (SBARDELOTTO, 2018).

Desse modo, a eficiência energética pode ser medida por diferentes indicadores. Estes indicadores correspondem a potência energética que define-se como a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de produto ou serviço final, dada em unidades de [energia]/[unidade de produto ou serviço]. Os indicadores são medidos em função do equipamento, processo, tecnologia e serviço estudado, mas sua unidade pode ser expressa basicamente como intensidade energética (VERAS, 2010).

Os indicadores comumente utilizados para análise de eficiência energética na indústria podem ser subdivididos em quatro grupos, sendo eles o termodinâmico, físico-termodinâmico, econômico-termodinâmico e econômico (Guerra et al., 2010).

- Indicadores Termodinâmicos: Os indicadores termodinâmicos têm sido o caminho mais natural para mensurar a eficiência energética, tanto que a termodinâmica atualmente é frequentemente definida como a ciência de processos energéticos. Refere-se às análises segundo as leis da termodinâmica, da eficiência da transformação de uma forma de energia em outra (eficiência energética).
- Indicadores Físico-Termodinâmicos: Esses indicadores têm a vantagem de, usando medidas físicas e termodinâmicas, mensurar objetivamente qual o consumo requerido atualmente pelo uso final. Por ter a possibilidade de contabilizar o produto final em quantidades físicas, estes podem ser prontamente comparados e analisados em séries temporais.

- Indicadores Econômico-Termodinâmicos: Esses indicadores são híbridos, porque a energia que entra está sendo mensurada em unidades termodinâmicas e na saída do sistema, em valor monetário. Podem ser aplicados em diversos níveis de agregação das atividades econômicas: setorial, industrial ou a nível nacional. São muito utilizados para comparação entre países.
- Indicadores Econômicos: Esses indicadores têm como característica principal a mensuração da energia de entrada e saída em valor monetário.

Para o desenvolvimento deste trabalho, o Indicador Econômico é o mais abordado, visto que a análise de um dado monetário gera um impacto maior que qualquer outro aspecto, visando uma futura economia para os tomadores de decisão. Além de que, este estudo enfatiza muito a questão da redução dos custos energéticos e monetário no estudo de caso do edifício do IFTO, campus Porto Nacional.

Segundo o estudo realizado por World Energy Council (2004), “para determinar e caracterizar a eficiência energética, pode-se utilizar macro indicadores que reportam a economia como um todo (macroeconomia) ou os principais setores (industrial, agrícola, etc)”. Existem também os micro indicadores, podendo ser definidos como (microeconômicos), que englobam nessa área de eficiência energética, os seguintes itens:

- Comportamento do consumidor em relação ao preço da energia e a utilização de aparelhos mais eficientes;
- Determinação dos custos marginais da energia, dos de capacidade e dos de expansão para uma estrutura desagregada (custo incremental unitário);
- As implicações das variáveis do modelo de equilíbrio geral, que determinam os preços sombras, para o consumidor final, como os preços eficientes, preços sociais e outras;
- Curvas de oferta e demanda para a energia;
- Previsão de demanda de energia.

Os indicadores microeconômicos utilizam também a engenharia econômica, para calcular o custo efetivo de investimentos de eficiência energética, como: o retorno do investimento simples, a taxa interna de retorno (TIR), o custo de energia economizada (CEE) e o custo do ciclo de vida (CCV) ou o custo de vida anual (CCVA). Esses artifícios podem auxiliar o consumidor e as empresas a decidirem a tecnologia a ser adquirida e o melhor

investimento.

2.5. Normas e Regulamentações, PROCEL e o PEE

O objetivo do Programa de Eficiência Energética (PEE), é proporcionar o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia, por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Procura-se potencializar os benefícios públicos da energia economizada e da procura evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica. (ANEEL, 2019).

2.5.1. ISO 50001: 2011 – Norma de Sistema de Gestão de Energia

A ISO (International Organization for Standardization) é uma federação mundial de organismos nacionais de normalização (organismos membros da ISO). “É a primeira norma de sistemas de gestão que com requisitos específicos e calculáveis vinculados à redução de consumo de energia e aumento de eficiência energética, diretamente associados ao combate das mudanças climáticas”, destaca Alberto J. Fossa, gestor do Comitê Brasileiro de Gestão e Economia de Energia.

O objetivo desta norma é autorizar que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para aperfeiçoar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo de energia. A implantação desta norma se destina aos fatores climáticos, como a redução nas emissões de gases de efeito estufa e outros impactos ambientais relacionados à energia e a economia, que esse sistema de controle de energia proporcionará. Esta Norma é aplicável a todos os tipos e tamanhos de organizações, independentemente de condições geográficas, culturais ou sociais. (ABESCO).

2.5.2. Procel

O Procel, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, foi instituído em 30 de dezembro de 1985, é um programa do governo brasileiro, coordenado pelo MME e executado pela Eletrobras, destinado a promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Os resultados energéticos obtidos pelas ações do programa contribuem para a eficiência dos bens e serviços, como também possibilitam reduzir os investimentos no setor elétrico, restringindo assim, os impactos ambientais. (PROCEL INFO, 2006).

Com base em estimativas de mercado e aplicação de metodologias de avaliação, estima-se que em 2018 o Procel alcançou uma economia de energia de aproximadamente 22,99 bilhões de kWh. Essa energia economizada ajudou o país a evitar que 1,701 milhão t CO^2 equivalentes fossem liberadas na atmosfera, o que corresponde às emissões proporcionadas por 584 mil veículos durante um ano. Esse resultado também equivale à energia fornecida, em um ano, por uma usina hidrelétrica com capacidade de 5.513 MW³. Além disso, estima-se que as ações fomentadas pelo Procel contribuíram para uma redução de demanda na ponta de 7.257 MW. Os principais resultados energéticos contabilizados pelo Procel no último ano são apresentados na Figura 1. (PROCEL, 2019).

Figura 1– Resultados das ações do Procel em 2018.

Principais resultados energéticos das ações do Procel em 2018

Resultado	Total
Energia economizada (bilhões de kWh)	22,99
Demanda Retirada da Ponta (MW)	7.257
Emissão de CO2 equivalente evitada (milhão tCO ₂ e)	1,701

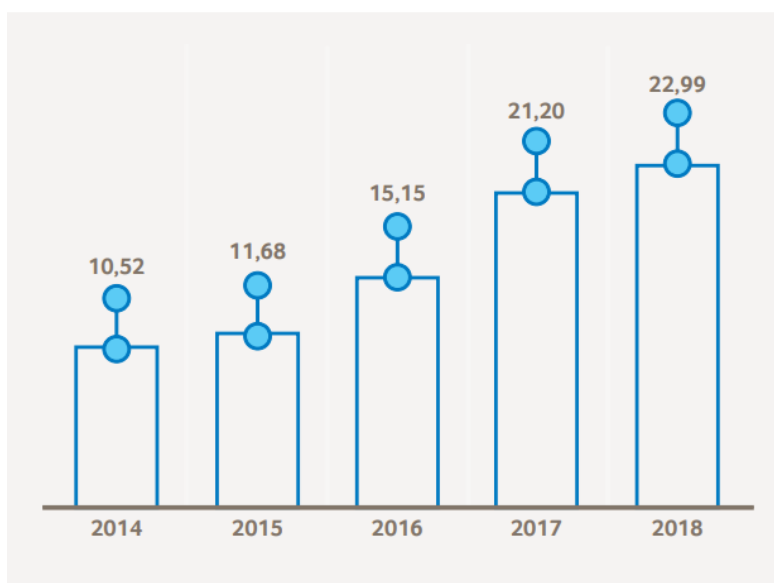
Fonte: Procel.info, avaliação, 2019.

Os resultados energéticos globais obtidos pelo o programa se devem principalmente ao Selo Procel, por meio da orientação e do incentivo à aquisição de equipamentos mais eficientes pelo consumidor final. Esse resultado, atribuído ao Selo Procel,

incorpora a contribuição indissociável da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence), concedida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Com isso, os ganhos energéticos anuais decorrentes das ações do Procel, desde 2014, em cinco anos podem ser verificados na Figura 2, abaixo. (PROCEL, 2019).

Figura 2 – Resultados anuais da economia de energia decorrente das ações do Procel em KWh (2014 - 2018).

Economia de energia decorrente das ações do Procel nos últimos cinco anos (bilhões de kWh)



Fonte: Procel.info, avaliação, 2019.

Tendo como resultado os números mostrados na Figura 2, observa-se o aumento gradual da economia de energia, decorrente das ações do selo Procel. O Procel dispõe de subprogramas que trabalham diretamente na execução de ações e projetos nos segmentos público e privado. Sendo suas áreas de atuação nesse âmbito, nas edificações, equipamentos, iluminação pública, poder público, no conhecimento, na indústria e no comércio.

Em razão disso, existem dois tipos de selos de grande importância nesse programa de eficiência, que é o Procel e o Conpet, como já mencionado anteriormente, são destinados aos produtos que apresentam melhor desempenho energético em sua categoria. Para os equipamentos elétricos domésticos etiquetados é concedido anualmente o Selo Procel e para aparelhos domésticos a gás é concedido o Selo Conpet.

O Selo Procel tem por objetivo orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de

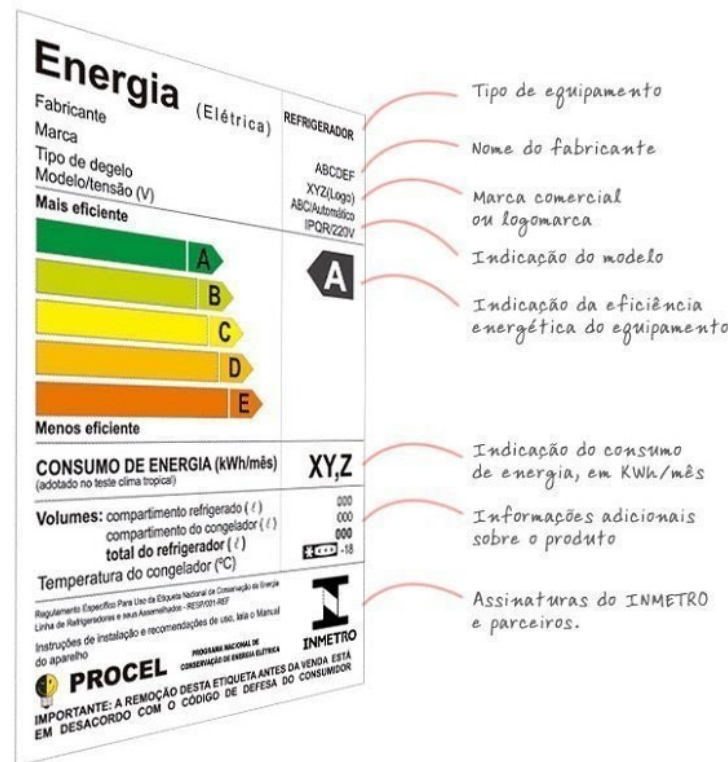
cada categoria. Assim como, incentiva a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais. As Figura 3 e 4 representam o selo Procel e a etiqueta do PBE, Programa Brasileiro de Etiquetagem, o qual vem anexado a diversos equipamentos elétricos. (Inmetro,2005).

Figura 3 – Selo do Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).



Fonte: (PROCEL, 2017)

Figura 4 – Etiqueta do PBE (Informa o Quão Eficiente é o Equipamento).



Fonte: (Mundo elétrica, 2020)

A etiqueta do PBE é o selo de conformidade que evidencia o atendimento de desempenho e em alguns casos, de segurança, estabelecidos em normas e regulamentos técnicos. E dependendo do critério de desempenho analisado, ela pode receber nomes diferentes. Entretanto, quando a principal informação é a eficiência energética do produto, é utilizado a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). (Inmetro, 2005).

As etiquetas fornecidas pelo o PBE, podem ir da letra A, sendo a mais eficiente, até a letra G, sendo o menos eficiente.

O Selo Conpet, Programa nacional de racionalização do uso de derivados de petróleo e do gás natural, representado na Figura 5, tem como objetivo incentivar fabricantes e importadores de equipamentos domésticos de consumo de gás a comercializar produtos cada vez mais eficientes. O selo é de fácil visualização nos equipamentos, auxilia o consumidor na escolha, informando a eficiência energética do produto. O Selo Conpet de eficiência energética (ou simplesmente Selo Conpet), está em vigor desde agosto de 2005 e é destinado aos equipamentos domésticos de consumo de gás, que alcançaram os menores índices de consumo de combustível. (Inmetro, 2005).

Figura 5 – Selo de Eficiência Energética do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural.



Fonte: CONPET.GOV

2.6. Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética.

O Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações quanto à eficiência energética. Os edifícios submetidos a este RTQ devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes e aplicáveis (RTQ-C, 2010). Possui objetivo de estabelecer condições para classificação do nível de eficiência energética dos edifícios, tendo em vista a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

De acordo com Manual para Aplicação do RTQ-C, existem três requisitos principais para estabelecer o nível de eficiência energética de uma edificação, sendo elas o sistema de envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar. Estes itens são reunidos em uma Equação geral de classificação do nível de eficiência da edificação, conforme a Equação 1. A classificação geral do edifício é obtida através da avaliação das classificações por sistemas individuais. Assim, são atribuídos pesos para cada sistema individual e, conforme a pontuação final, é alcançada uma classificação que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) apresentada na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

$$PT + 0,30\{ (EqNumEnv \frac{AC}{AU}) + (\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV) \} + 0,30(EqNumDPI) \\ + 0,40\{ (EqNumCA \frac{AC}{AU}) + (\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV) \} + b \quad (1)$$

Onde:

EqNumEnv : equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI : equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA : equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV : equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural(POC) através do método da simulação.

AC: área útil dos ambientes condicionados;

AU: área útil;

b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

O número de pontos obtidos na equação geral irá definir a classificação final da edificação de acordo com a Figura 6.

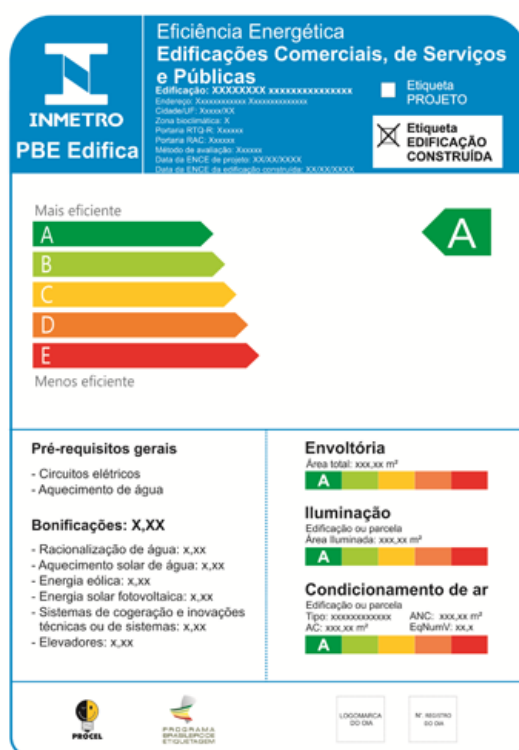
Figura 6– Classificação Geral da Edificação.

CLASSIFICAÇÃO FINAL	PT
A	≥4,5 a 5
B	≥3,5 a <4,5
C	≥2,5 a <3,5
D	≥1,5 a <2,5
E	<1,5

Fonte: Manual de aplicação do RTQ-C, 2017.

Visando incentivar a economia do consumo de energia elétrica através do emprego de inovações tecnológicas, é possível aplicar iniciativas de bonificações que podem aumentar em até um ponto na classificação geral, caso exista comprovação do aumento da eficiência da edificação. A classificação final e parcial é indicada na ENCE, apresentando de forma clara o nível global e os níveis parciais de eficiência do edifício. A Figura 7 mostra um exemplo de etiqueta geral.

Figura 7 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), geral de edifício construído.



Fonte: Manual de aplicação do RTQ-C, 2017

2.6.1. Sistema de Envoltória

A envoltória de uma edificação é composta por todos os elementos que separam o ambiente interno do ambiente externo. Por ser o limite entre estes dois ambientes, a envoltória é responsável pelas trocas térmicas entre eles. As trocas ocorrem por radiação, convecção e condução. Os materiais e formas das envoltórias podem facilitar ou dificultar estas trocas. O tipo de envoltória mais adequada para cada situação depende muito das características

climáticas do local onde está localizada a edificação (PESSOA; GHISI; LAMBERTS, 2013).

2.6.2. Sistema de Iluminação

Segundo o Manual de aplicação da RTQ-C, uma edificação que possui um sistema de iluminação eficiente proporciona níveis adequados de iluminâncias para cada tipo de atividade, definidos pela norma ABNT NBR/ISO 8995-1, consumindo o mínimo de energia e também gerando a menor carga térmica possível. Assim, os sistemas eficientes são definidos por meio da densidade de potência instalada (DPI) do sistema de iluminação. Porém, existem outros métodos a serem utilizados de forma suplementar, como pré-requisitos específicos para os sistemas de iluminação, garantindo que o sistema de iluminação só funcione quando for realmente necessário. A Tabela 1, apresenta quais pré-requisitos devem ser atendidos para cada nível de eficiência do RTQ-C.

Tabela 1- Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão dos circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da luz natural	Sim	Sim	
Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim		

Fonte: Manual de aplicação do RTQ-C, 2017.

A avaliação do sistema de iluminação está relacionada às atividades principais desenvolvidas na edificação. De acordo com o RTQ-C essa análise pode ser feita por dois métodos distintos: métodos das áreas do edifício e método das atividades do edifício. O método da área da edificação avalia o sistema de iluminação de maneira geral e deve ser utilizado quando o edifício tenha no máximo três atividades principais ou quando ocupam mais de 30% da área da edificação. Em contrapartida, o método das atividades da edificação leva em consideração cada ambiente e seu uso individualmente. Foi necessária uma modificação na interpretação do RTQ-C, onde o sistema de iluminação também considera

ambientes abertos e cobertos. Logo, garagens entram nos cálculos como áreas abertas e cobertas, no entanto estacionamentos são considerados ambientes externos e não são incluídos na avaliação do sistema de iluminação.

2.6.2.1. Método da Área do Edifício

O método da área do edifício estabelece limites de densidade de potência em iluminação para edificações como um todo, usando apenas os valores das atividades principais. Porém, para atender os pré-requisitos os ambientes são analisados separadamente. Conforme o RTQ-C a avaliação deve seguir as seguintes etapas:

- Identificar a atividade principal do edifício, de acordo com a RTQ-C, e a densidade de potência de iluminação limite (DPIL – W/m^2) para cada nível de eficiência;
- Determinar a área iluminada do edifício;
- Multiplicar a área iluminada pela DPIL, para encontrar a potência limite do edifício;
- Quando o edifício for caracterizado por até três atividades principais determina-se a densidade de potência de iluminação limite (DPIL) para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício;

Obs: a verificação do nível de eficiência será feita através da potência total instalada no edifício, e não por atividade.

- Comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação;
- Após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes;
- Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

2.6.2.2. Método das Atividades do Edifício

Esse método avalia através de limites de densidade de potência em iluminação

para cada ambiente separadamente, considerando as atividades desempenhadas no edifício. Após o resultado encontrado na avaliação é necessário verificar se cada ambiente atende os pré-requisitos e fazer a ponderação entre a potência instalada e o nível de eficiência dos ambientes. Segundo o RTQ-C as etapas para análise são:

- Identificar adequadamente as atividades encontradas no edifício;
- Consultar a densidade de potência de iluminação limite (DPIL – W/m²) para cada nível de eficiência para cada uma das atividades;

Obs.: Para atividades não listadas deve-se escolher uma atividade equivalente, multiplicar a área iluminada de cada atividade pela DPIL, para encontrar a potência limite para cada atividade. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites das atividades.

- Calcular a potência instalada no edifício e compará-la com a potência limite do edifício,
- Identificando o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação;
- Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação. Para isso deve-se usar as equações 2 e 3.

$$K = \frac{At + Apt}{Ap} \quad (2)$$

Onde:

K : índice de ambiente (adimensional);

At : Área de teto (m²);

Apt : Área do plano de trabalho (m²);

Ap : Área de parede entre o plano iluminante e plano de trabalho (m²);

$$RCR = \frac{2,5 \times Hp \times P}{A} \quad (3)$$

Onde:

RCR : Room Cavity Ratio (adimensional);

H_p : Altura de parede, considerar altura entre o plano iluminante e o plano de trabalho (m^2);

P : Perímetro do ambiente (m^2);

A : Área do ambiente (m^2);

Quando existirem ambientes que utilizem este recurso (K/RCR), o EqNum será encontrado através da ponderação dos equivalentes numéricos destes ambientes e do edifício por suas potências. Ambientes sem projeto luminotécnico ou, na inspeção, ambientes sem a instalação do sistema, serão considerados com potência conforme a Equação 4:

$$P_{\text{ambiente sem projeto}} = P_{LD} + (P_{LD} - P_{LC})/2 \quad (4)$$

Onde:

$P_{\text{ambiente sem projeto}}$: Potência de ambientes sem projeto luminotécnico ou sem sistema instalado quando da inspeção da edificação (W);

P_{LD} : Potência limite para o nível D (W);

P_{LC} : Potência limite para o nível C (W).

2.6.3. Sistema de Condicionamento de Ar

Sistemas de condicionamento de ar, são equipamentos utilizados para manter um ambiente artificialmente adequado ao conforto humano. Isto inclui o controle da temperatura, umidade e qualidade do ar. Para isto, podem exercer as funções de aquecimento e/ou resfriamento, umidificação e desumidificação (PESSOA; GHISI, 2015). De acordo com o manual de aplicação de RTQ-C os sistemas de condicionamento de ar possuem pré-requisito apenas para nível de eficiência A, caso o pré-requisito não seja atendido, o nível de eficiência do sistema de ar condicionado não poderá ser A.

Os sistemas de condicionamento de ar, são classificados de duas formas diferentes no RTQ-C, conforme os condicionadores são avaliados pelo PBE/INMETRO ou não. Os equipamentos não regulamentados são os modelos de condicionadores de ar não etiquetados pelo PBE/INMETRO e sistema de condicionamento central. Neste caso a classificação é definida por limites de parâmetros de eficiência fornecidos pelas tabelas do RTQ-C.

Entretanto, os sistemas de condicionamento de ar regulamentados pelo INMETRO, são classificados através do nível de eficiência que o INMETRO confere a cada

modelo. Deve-se adotar a classificação da ENCE obtida nas tabelas do PBE/INMETRO, considerando a última versão publicada na página eletrônica do INMETRO. As classes de eficiência energética com os requisitos mínimos de eficiência para condicionadores de ar tipo Janela e condicionadores de ar tipo Split, são apresentados nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

Figura 8 – Condicionadores de ar tipo Janela.

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W) ^(*)												Total de modelos por classe				
	Categoria 1				Categoria 2				Categoria 3					Categoria 4			
	≤9.495 kJ/h ≤9.000 BTU/h				9.496 a 14.769 9.001 a 13.999				14.770 a 21.099 14.000 a 19.999					≥ 21.100 ≥ 20.000			
A	≥ 2,93	38	64,4%	≥ 3,03	27	57,4%	≥ 2,88	10	76,9%	≥ 2,82	13	59,1%	88				
B	≥ 2,84	17	28,8%	≥ 2,94	13	27,7%	≥ 2,71	2	15,4%	≥ 2,65	7	31,8%	39				
C	≥ 2,76	1	1,7%	≥ 2,86	4	8,5%	≥ 2,59	0	0,0%	≥ 2,48	1	4,5%	6				
D	≥ 2,68	3	5,1%	≥ 2,78	3	6,4%	≥ 2,45	1	7,7%	≥ 2,30	1	4,5%	8				
59 un				47 un				13 un				22 un				141 un	

Fonte: INMETRO, 2017.

Figura 9 – Condicionadores de Ar tipo split.

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)			Split Hi-Wall			
				Rotação Fixa		Rotação Variável	
A	3,23	<CEE		390	42,5%	336	92,3%
B	3,02	<CEE≤	3,23	182	19,8%	22	6,0%
C	2,81	<CEE≤	3,02	276	30,1%	6	1,6%
D	2,60	≤CEE≤	2,81	70	7,6%	0	0,0%
				918 un		364 un	

Fonte: INMETRO, 2017.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A primeira etapa deste trabalho, consistiu em fazer uma revisão bibliográfica de diversos trabalhos pertinente ao estudo e a aplicação da eficiência energética, voltada para os sistemas de iluminação e condicionadores de ar. Além de um vasto embasamento nas regulamentações e normas publicadas por entidades nacionais e internacionais que objetivam o uso racional da energia elétrica.

Já a segunda etapa, direciona-se para a questão da visita técnica ao local de estudo, para realização de uma avaliação energética dos blocos de salas de aula a serem estudados e com isso efetuar o levantamento de dados, vistoriando toda a iluminação e climatização das áreas estudadas. Dentre estes, pretende-se verificar a quantidade, a especificação e localização das luminárias e lâmpadas, os níveis de iluminância e juntamente com isso, as características dos aparelhos de ar condicionado. Além de coletar informações como o horário de uso, a atual situação do consumo e as características internas das salas de aula.

Em seguida, a terceira etapa vai apresentar a análise do consumo de energia elétrica na condição atual dos equipamentos em funcionamento, e fazer um comparativo com a análise do consumo calculado após a realização de uma simulação da substituição destes equipamentos por outros mais eficientes e/ou mais adequadamente localizados e dimensionados.

E por fim, a quarta etapa que tem como fundamento, a aplicação do estudo da viabilidade econômica na troca dos equipamentos em análise, ou seja, as lâmpadas e condicionadores de ar, por meio de indicadores econômicos como, o Valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o Payback descontado. Em suma, com esses resultados será possível obter as devidas conclusões deste projeto.

4. EXECUÇÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO IFTO CAMPUS DE PORTO NACIONAL

4.1. Parâmetros para escolha do Projeto

Para a escolha do projeto, foram necessárias algumas reuniões e discussões, e com base nas logísticas que estabelecemos, optamos por priorizar o Campus de Porto Nacional, visto que, tal local possui uma estrutura de iluminação defasada, quanto a carga e aos tipos de lâmpadas utilizados, não atendendo aos padrões das normas estabelecidas para ambientes como salas de aula, como a ISO 8998-1. Além de que, continha condicionadores de ar da tecnologia não inverter e mal dimensionados.

Tendo em vista disso, foram discutidos os objetivos a serem alcançados para melhor atender as necessidades do campus, de maneira viável financeiramente, com conforto visual e aclimatado. Dessa forma, determinamos os parâmetros para que o estudo de caso fosse realizado nesta Instituição, tais como, o perfil de consumo e o estado das instalações elétricas.

4.2. Descrição do Objeto de Estudo

O objeto de estudo de Eficiência Energética foi aplicado nas salas de aulas do bloco II e do bloco III do Instituto Federal do Tocantins, campus Porto Nacional, localizado na Avenida Mundoca Aires, na cidade de Porto Nacional, no Estado do Tocantins. Onde a classificação do projeto quanto a tipologia, se inclui em serviços públicos, no setor da Educação, com o perfil de consumo do tipo, média tensão com ligação trifásica e tarifação. As ações de Eficiência aplicadas no presente trabalho, são de perfil Educacional e de Gestão Energética.

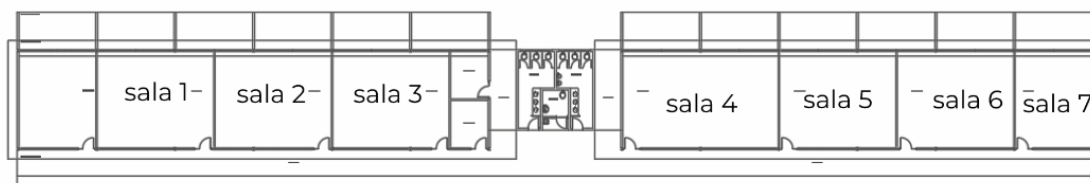
O projeto é caracterizado por dois blocos de sala de aula, sendo o bloco II contendo 11 salas, nos quais, as 10 salas possuem mesmo layouts com área de 56m² e apenas uma sala de layout maior. Trata-se de um bloco de sala de aulas com edificação mais nova que o bloco III, que por sua vez, possui 7 salas de aula, nas quais, 6 salas contém o mesmo layout e uma com layout menor. Nas intermediações dos dois blocos, contém banheiros sanitários masculino e feminino. Porém como nossa proposta é especificamente voltada para salas de estudo, eles não foram incluídos na análise de carga. Na Figura 10, pode-se observar a planta arquitetônica dos dois blocos de sala de aulas.

Figura 10 – Planta dos Blocos II e III do IFTO Campus Porto Nacional.

Bloco II



Bloco III



Fonte: Autoral, 2021

Nas Figuras 11 e 12, seguem as imagens do interior das salas de aula, onde pode-se verificar as características construtivas internas, o tipo de lâmpada e iluminação atualmente implementadas nas salas do bloco III, que é um dos blocos mais antigos do câmpus.

Figura 11 – Sala 6 do Blocos III do IFTO Campus Porto Nacional.



Fonte: Autoral, 2020.

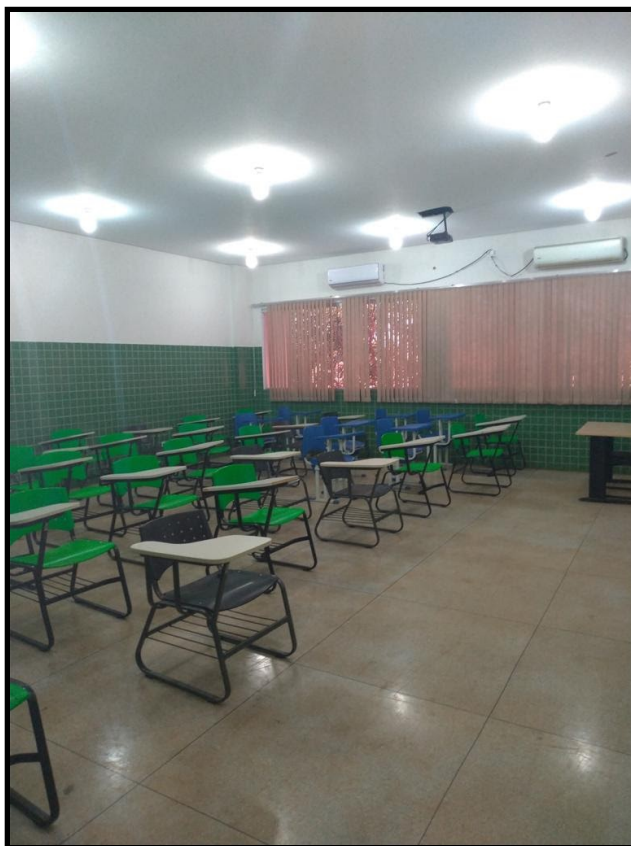
Figura 12: Sala 6 do Blocos III do IFTO Campus Porto Nacional.



Fonte: Autoral, 2020.

Na figura 13, podemos observar que a sala de aula apresentada na imagem, possui características construtivas diferentes das salas de aulas apresentada na figura 11 e 12, pois trata-se de salas do bloco II, um bloco de construção mais recente, entretanto, com o mesmo tipo de lâmpada e iluminação que o bloco III, ou seja, lâmpadas defasadas, o que se configura na maioria de suas salas de aulas do projeto, (lâmpadas compactas).

Figura 13 – Sala 1 do Blocos II do IFTO Campus Porto Nacional.



Fonte: Autoral, 2020.

Em suma, a proposta remete a inspeção dos equipamentos elétricos atualmente instalados nas 18 salas de aulas, presentes nos dois blocos do campus, que ao todo contém 141 lâmpadas compactas fluorescentes, 54 lâmpadas tubulares fluorescentes e 29 condicionadores de ar, sendo em sua grande maioria de tecnologia inverter e 6 condicionadores de ar padrão não inverter, como identificado na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição do objeto de estudo.

Blocos	Qtd. de Salas	Qtd. de Lâmpadas Compactas	Qtd. de Lâmpadas Tubulares	Qtd de Condicionadores de Ar
Bloco II	11	81	54	16
Bloco III	7	60	-	13
Total	18	141	54	29

Fonte: Autoral, 2020.

4.3. Diagnóstico Energético

4.3.1. Levantamento de dados

Para a coleta de dados, foi realizada uma visita *in loco* no Instituto Federal do Campus Porto Nacional, para executar o levantamento de carga e inspecionar o ambiente de instalação dos equipamentos de iluminação e climatização. Os mesmos foram minuciosamente vistoriados para que as informações coletadas fossem satisfatoriamente precisas. Assim como é possível observar nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 no sistema de iluminação, o qual verifica-se a quantidade, potência, fluxo luminoso e tipo de lâmpada para cada sala. E no sistema de condicionamento de ar, verifica-se a quantidade, potência e os btus/h para cada sala de aula.

Tabela 3 – Levantamento de Carga da Iluminação do Bloco II.

SALAS DE AULA BLOCO II	LÂMPADAS					
	FLUORESCENTE COMPACTAS			FLUORESCENTE TUBULAR		
	Quantidade	Potência (W)	Fluxo Luminoso(Lm)	Quantidade	Potência (W)	Fluxo Luminoso(Lm)
Sala 1	3	46 W	2760	30	32 W	2700
Sala 2	6	46 W	2760	6	32 W	2700
Sala 3	8	46 W	2760	2	32 W	2700
Sala 4	9	46 W	2760	-	-	2700
Sala 5	5	46 W	2760	8	32 W	2700
Sala 6	9	46 W	2760	-	-	2700
Sala 7	8	46 W	2760	2	32 W	2700
Sala 8	7	46 W	2760	4	32 W	2700
Sala 9	8	46 W	2760	2	32 W	2700
Sala 10	9	46 W	2760	-	-	2700
Sala 11	9	46 W	2760	-	-	2700

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 4 – Levantamento de Carga da Iluminação do Bloco III

SALAS DE AULA DO BLOCO III	LÂMPADAS		
	FLUORESCENTE COMPACTAS		
	Quantidade	Potência (W)	Fluxo Luminoso(Lm)
Sala 1	9	46 W	2760
Sala 2	9	46 W	2760
Sala 3	9	46 W	2760
Sala 4	9	46 W	2760
Sala 5	9	46 W	2760
Sala 6	9	46 W	2760
Sala 7	6	46 W	2760

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 5 – Levantamento de Carga dos Condicionadores de Ar do Bloco II.

SALAS DE AULA BLOCO II	CONDICIONADORES DE AR		
	Quantidade	Potência (W)	BTUs/h
Sala 1	2	3260	36000
		1954	22000
Sala 2	1	3260	36000
Sala 3	1	3260	36000
Sala 4	2	1990	22000
		1954	22000
Sala 5	2	1990	22000
		1954	22000
Sala 6	2	1490	18000
		1514	18000
Sala 7	1	1514	18000
Sala 8	2	1490	18000
		1514	18000
Sala 9	1	1990	22000
Sala 10	1	1990	22000
Sala 11	1	1990	22000

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 6 – Levantamento de Carga dos Condicionadores de Ar do Bloco III

SALAS DE AULA DO BLOCO III	CONDICIONADORES DE AR		
	Quantidade	Potência (W)	BTUs/h
Sala 1	2	1627	18000
		2190	24000
Sala 2	2	1627	18000
		2190	24000
Sala 3	2	1990	22000
		2190	24000
Sala 4	2	2100	23000
		2190	24000
Sala 5	2	1990	22000
		2190	24000
Sala 6	2	1990	22000
		2190	24000
Sala 7	1	1990	22000

Fonte: Autoral, 2020.

Posteriormente à coleta de dados, avaliou-se o período de funcionamento dos equipamentos nas salas de aulas, para obter a média de uso diário. É importante salientar que são informações tendo como base o ano de 2019, o qual tiveram aulas regularmente. Portanto, foi constatado o funcionamento do sistema de iluminação e climatização na maior parte do tempo, até mesmo em horários nos quais não ocorre aulas ou quaisquer tipos de reuniões que precise do uso dos mesmos ou que haja pessoas nesses ambientes, que de fato revela um grande desperdício, como nos horários de almoço/ jantar e nas mudanças de turno. Em seguida, apresenta-se na Tabela 7, o horário de funcionamento das salas de aula.

Tabela 7– Funcionamento das salas de aulas.

Horário de Funcionamento	Horas Por Turno	Turnos do Dia
07h30	4,5 horas	Manhã
12h00		
01h30	4,5 horas	Tarde
18h00		
18h40	4 horas	Noite
22h30		
Total	13 horas por dia	

Fonte: Autoral, 2020.

4.4. Avaliação Luminotécnica das Salas de Aula

Como observado nas informações contidas nas tabelas 3 e 4 do presente trabalho, no levantamento de carga da iluminação, é notório que nas instalações boa parte das salas de aulas fazem o uso de lâmpadas do modelo compactas fluorescentes, como no bloco II que possui mais de 50% de sua iluminação com esse tipo de lâmpada e o bloco III que é inteiramente composto por ele. Dessa forma, é nítido que o ambiente possui uma iluminação defasada, que não obedece a norma básica da ABNT NBR/ISO 8995-1. Com isso, foi realizado um breve estudo luminotécnico para fazer o dimensionamento de iluminância do atual cenário das salas de aula.

Temos então que, por definição, a Luminotécnica é o estudo da iluminação artificial em ambientes internos e externos, onde cada ambiente deve ter uma iluminação compatível com sua adequação. É necessário ter conhecimento de que alguns fatores na escolha da forma de iluminação influenciam no projeto. Os tipos de lâmpadas/luminárias, a potência, a distribuição e o comando, são aspectos que estão ligados ao projeto de instalações elétricas e têm grande impacto na eficiência energética do projeto.

Dentre os vários conceitos incorporados no estudo da luminotécnica, temos o parâmetro iluminância ou iluminamento, que tem como simbologia o (E) e a unidade de medida o lux, este é um termo que descreve a medição da quantidade de luz que cai iluminando e espalhando sobre uma determinada área da superfície. Baseado em pesquisas

realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos à iluminância foram tabelados no Brasil. Eles se encontram na NBR/ISO 8995-1, especificamente na Tabela de planejamento dos ambientes, tarefas e atividades com as especificações da iluminância. O cenário o qual retrata o estudo, que é em ambientes como salas de aula com funcionamento integral, segundo a norma, o ideal é que o grau da iluminância seja de 500 lux.

Portanto, foi realizado o cálculo da iluminância das salas de aulas do Instituto do Campus de Porto Nacional, a fim de determinar se a iluminância atual das salas de aulas do IFTO se adequam ao grau de iluminância estabelecido pela norma.

A seguir nos tópicos A, B, C, D, E, F, G, e H foi utilizado o método de lumens para realizar o dimensionamento, nos quais requer os valores das variáveis como, as dimensões e as características do ambiente, para determinar o fator de utilização, o fator de manutenção, o fluxo luminoso e a quantidade de pontos de luz, com isso, definiu-se o grau da iluminância em lux do local .

- A. Identificar a área das salas de aulas, que possui a área de $S = 56\text{m}^2$.
- B. Verificar o valor da iluminância para salas de aulas, com o critério de funcionamento integral, no caso, incluindo aulas noturnas. E segundo este critério, a norma da NBR/ISO 8995-1 estabelece o grau de iluminância de $E = 500\text{ lux}$ para atender às características desse ambiente.
- C. Coletadas características do tipo de lâmpada utilizado nas salas de aula. Lâmpada compacta branca Espiral Foxlux, representada na Figura 14.
 - a. São lâmpadas fluorescentes compactas;
 - b. Potência de 46W;
 - c. Fluxo luminoso de 2760 lumens.

Figura 14 – Lâmpada atualmente utilizada nas salas de aulas em estudo.



Fonte: Site Americanas, 2020.

D. Fator de utilização é determinado segundo os valores de refletâncias da superfície (Teto, Parede, Piso) através da Tabela de fator de utilização de luminárias, como pode-se observar na Figura 15. Esta tabela mostra o valor da Eficiência do Recinto já multiplicado pela Eficiência da Luminária, encontrado pela interseção do Índice do Recinto (K) e das Refletâncias do teto, paredes e piso, nesta ordem. As salas de aula em estudo possuem refletâncias condizentes a teto com 70% de claridade, paredes com 30% e piso com 10%. Sendo assim, o fator de utilização que condiz com o ambiente em estudo é $F_u = 0,48$.

Figura 15 – Tabela utilizada para determinar o fator de utilização de Luminária.Coeficiente de reflexão: **Teto** / **Parede** / **Piso**

(7= 70%; 5=50%; 3= 30%; 1=10%)

K	7 5 1	7 3 1	7 1 1	5 5 1	5 3 1	5 1 1	3 3 1	3 1 1
0,6	0,32	0,28	0,26	0,31	0,28	0,26	0,28	0,25
0,8	0,39	0,36	0,33	0,39	0,35	0,33	0,35	0,35
1,0	0,44	0,41	0,39	0,43	0,40	0,38	0,40	0,38
1,25	0,48	0,45	0,43	0,47	0,45	0,42	0,44	0,42
1,5	0,51	0,48	0,45	0,49	0,47	0,45	0,46	0,45
2,0	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,50	0,49
2,5	0,55	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51
3,0	0,57	0,55	0,54	0,56	0,54	0,53	0,54	0,52
4,0	0,58	0,57	0,56	0,57	0,56	0,55	0,53	0,54
5,0	0,60	0,58	0,57	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55

K = Índice do local

Fator de Utilização

Fonte: manual de iluminação (2011).

E. Fator de Manutenção que é definido de acordo com as condições características de manutenção do ambiente. Obtém-se na tabela D.2 da norma da ABNT NBR/ISO 8995-1. O valor que se adequa ao nosso ambiente é $F_m = 0,67$, onde pode ser observado na figura abaixo.

Figura 16– Tabela utilizada para determinar o fator de Manutenção.**Tabela D.2 – Exemplos de fatores de manutenção para sistemas de iluminação de interiores com lâmpadas fluorescentes**

Fator de manutenção	Exemplo
0,80	Ambiente muito limpo, ciclo de manutenção de um ano, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8.000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,93; FSL = 1,00; FML = 0,90; FMSS = 0,96
0,67	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de três anos, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12.000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,91; FSL = 1,00; FML = 0,80; FMSS = 0,90
0,57	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de três anos, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12.000 h, substituição individual, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira, FMFL = 0,91; FSL = 1,00; FML = 0,74; FMSS = 0,83
0,50	Ambiente sujo, ciclo de manutenção de três anos, 8.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8.000 h, LLB, substituição em grupo, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira, FMFL = 0,93; FSL = 0,93; FML = 0,65; FMSS = 0,94

Fonte: ABNT NBR/ISO 8995-1

F. Fluxo luminoso, que é o produto entre a quantidade de lâmpadas por luminária e a quantidade de lumens que a lâmpada possui. No caso das salas de aula em estudo, obtém-se uma lâmpada compacta por ponto de luz.

$$\varphi = 2760 * 1 = 2760 \text{ lúmens} \quad (5)$$

G. Quantidade de pontos de luz existentes em uma sala. Possui 9 pontos de luz.

H. Determinação da Iluminância

$$\rightarrow N = \frac{E \times S}{\varphi \times F_u \times F_m} \quad (6)$$

$$\rightarrow E = \frac{\varphi \times F_u \times F_m \times N}{S}$$

$$\rightarrow E = \frac{2760 * 0,48 * 0,67 * 9}{56}$$

$$\rightarrow E = 142,65 \text{ lux}$$

Através do método dos Lumens, foi calculado o grau de iluminância atual das salas de aulas do Campus de Porto Nacional, no qual o resultado obtido é de aproximadamente 143 lux, iluminância essa que mostra o quanto o sistema de iluminação está defasado, subdimensionado e prejudicial ao desempenho daqueles que fazem uso das salas. O mesmo apresentou um grau de iluminância extremamente inferior ao requerido pela norma, onde o tipo de ambiente analisado requer 500 lux.

4.5 Análise dos Indicadores Tributários

Para maior precisão nos cálculos do consumo de energia elétrica em reais (kWh/R\$), foi necessário o estudo dos principais tributos que influenciam diretamente nas contas de energia, a fim de obter o valor a ser cobrado nas condições de tarifas dentro de ponta e fora de ponta, de acordo com a concessionária da região.

- Tributos Federais

- PIS (Programa de Integração Social);
- COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social).

São tributos cobrados pela União e direcionados a programas sociais do Governo Federal. A alíquota média desses tributos varia de acordo com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias e com o PIS e a COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, tais como a energia adquirida para revenda ao consumidor.

- Tributos Estaduais

- ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços), é regulamentado pelo código tributário de cada estado e, portanto, estabelecido em lei pelas casas legislativas. Para fins tributários, a energia elétrica é considerada mercadoria e a Energisa tem a obrigação de cobrar o ICMS em sua fatura e repassá-lo integralmente ao Governo Estadual. Com as novas alíquotas definidas pelo Poder Estadual, a cobrança do ICMS na conta de energia passa a ser recolhida de acordo com a Tabela 17:

Figura 17 – Alíquotas de ICMS incidentes sobre o consumo de Energia Elétrica.

ALÍQUOTAS DE ICMS INCIDENTES SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA		
CLASSE	FAIXA (KWH)	ALÍQUOTA
COMERCIAL	TODAS	25%
CONSUMO PRÓPRIO	TODAS	25%
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	TODAS	25%
INDUSTRIAL	TODAS	25%
PODER PÚBLICO ESTADUAL	TODAS	ISENTO
PODER PÚBLICO FEDERAL	TODAS	25%
PODER PÚBLICO MUNICIPAL	TODAS	25%
RESIDENCIAL	TODAS	25%
RESIDENCIAL BAIXA RENDA	ATÉ A 220	ISENTO
	ACIMA DE 220	25%

Fonte: Energisa, 2020.

Visto que o nosso objeto de estudo se trata de um Instituto Federal, no qual enquadra-se na classe de Órgão do Poder Público Federal, a alíquota de ICMS aplicada para os cálculos foi de 25% de acordo com a tabela de alíquotas fornecidas pelo o site da Concessionária Energisa.

- Tarifa Verde

Conhecida também como tarifa Horo-sazonal Verde, esta é a modalidade tarifária indicada às unidades consumidoras do grupo A, onde é possível a reprogramação da utilização da carga ao longo das horas do dia, do segmento de ponta para o segmento fora de ponta. Na tabela 8, apresenta-se a modalidade tarifária horária verde, utilizada na pesquisa, no qual o nosso objeto de estudo está inserido no subgrupo A4 de 13,8KV, na classe de Serviço Público e com os valores de consumo em R\$/kWh na Ponta e Fora de Ponta respectivamente de 1,87 e 0,24. Os dados foram extraídos da página oficial da concessionária Energisa Tocantins.

Tabela 8 – Modalidade tarifária horária verde.

MODALIDADE TARIFÁRIA HORÁRIA VERDE						
A4 (13,8 KV) SERVIÇO PÚBLICO	Demanda R\$/kW				Consumo R\$/kWh	
	Ponta	F. Ponta	Ultra. Ponta	Ultra Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
	-	31,52	-	63,04	1,87931	0,24357

Fonte: Energisa, 2020.

A partir dos indicadores tributários definidos acima no item 4,5 foi calculado o valor a ser cobrado mês a mês das tarifas na Ponta e Fora de Ponta, usando a Equação 6, a seguir:

$$Vc = \frac{\text{Valor da Tarifa}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (7)$$

Onde:

Vc : Valor Cobrado.

Com base na equação 6, e com os valores referentes ao consumo na Ponta e Fora de ponta sem os devidos impostos inclusos, conforme encontra-se na Tabela 8, foi definido a média anual do valor final a ser cobrado na tarifa de Ponta e Fora de Ponta, com os

respectivos tributos PIS, COFINS e ICMS do ano base em estudo, no caso 2019 nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 – Cálculo do valor a ser cobrado na Tarifa de Ponta.

MÊS	PIS	COFINS	ICMS	TARIFA PONTA	VALOR COBRADO(R\$/kWh)
JANEIRO	0,008956	0,041252	0,25	1,87931	2,6855
FEVEREIRO	0,007108	0,032740	0,25	1,87931	2,6463
MARÇO	0,008057	0,037111	0,25	1,87931	2,6663
ABRIL	0,007286	0,033560	0,25	1,87931	2,6501
MAIO	0,008620	0,039702	0,25	1,87931	2,6783
JUNHO	0,008943	0,041192	0,25	1,87931	2,6852
JULHO	0,010107	0,046552	0,25	1,87931	2,7105
AGOSTO	0,010845	0,049955	0,25	1,87931	2,7268
SETEMBRO	0,008308	0,038266	0,25	1,87931	2,6717
OUTUBRO	0,007610	0,035054	0,25	1,87931	2,6569
NOVEMBRO	0,010364	0,047737	0,25	1,87931	2,7162
DEZEMBRO	0,010553	0,048607	0,25	1,87931	2,7203
				MÉDIA DO ANO	2,6818

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 10 – Cálculo do valor a ser cobrado na Tarifa de Fora de Ponta

MÊS	PIS	COFINS	ICMS	FORA DE PONTA	VALOR COBRADO (R\$/kWh)
JANEIRO	0,008956	0,041252	0,25	0,24357	0,3481
FEVEREIRO	0,007108	0,032740	0,25	0,24357	0,3430
MARÇO	0,008057	0,037111	0,25	0,24357	0,3456
ABRIL	0,007286	0,033560	0,25	0,24357	0,3435
MAIO	0,008620	0,039702	0,25	0,24357	0,3471
JUNHO	0,008943	0,041192	0,25	0,24357	0,3480
JULHO	0,010107	0,046552	0,25	0,24357	0,3513
AGOSTO	0,010845	0,049955	0,25	0,24357	0,3534
SETEMBRO	0,008308	0,038266	0,25	0,24357	0,3463
OUTUBRO	0,007610	0,035054	0,25	0,24357	0,3443
NOVEMBRO	0,010364	0,047737	0,25	0,24357	0,3520
DEZEMBRO	0,010553	0,048607	0,25	0,24357	0,3526
				MÉDIA ANUAL	0,3476

Fonte: Autoral, 2020.

Com o valor da média anual das tarifas na Ponta e Fora de Ponta, foi possível montar os cenários econômicos seguindo de forma precisa a adesão dos indicadores tributários, a fim de realizar separadamente as análises de eficiência energética.

5. ESTUDO DOS CENÁRIOS

O estudo dos cenários a seguir foram realizados levando em consideração o período anterior a pandemia, mais precisamente usando dados referente ao ano de 2019. Assim, todas as informações coletadas como horário de funcionamento e período de férias foi adotado como sendo dois meses, são relativos ao ano citado.

Devido divergências encontradas em relação ao projeto original dos blocos de sala de aula do IFTO- campus Porto Nacional, o estudo foi dividido em três cenários, onde foram analisados os dados de iluminação e climatização dos blocos II e III, sendo eles o Cenário Projetado, Cenário Atual e o Cenário Mais Eficiente. O Cenário Projetado, representa a análise do consumo de equipamentos que deveriam ser utilizados caso os blocos seguissem o que foi planejado no projeto elétrico original da instituição.

Em seguida, o Cenário Atual trata-se dos equipamentos que estão instalados atualmente, que como já apresentado anteriormente, tem lâmpadas que não seguem as recomendações da norma ABNT NBR/ISO 8995-1 e condicionadores de ar mal dimensionados. Por fim, o Cenário Mais Eficiente, o qual foi encontrado após simular a substituição dos equipamentos instalados atualmente por aparelhos mais eficientes.

Dessa forma, o estudo consiste em simular os gastos com energia elétrica dos blocos durante um ano, através dos dados levantados em cada cenário apresentado. Para isso, foi necessário calcular o consumo mensal de cada sala de aula, para então obter o consumo e gasto total dos dois blocos, a fim de comparar os gastos encontrados nos três cenários mostrados.

5.1. Cenário Projetado

Esse cenário representa o projeto elétrico original. Os equipamentos de iluminação e condicionamento de ar utilizados neste projeto foram: luminária com duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W e condicionador de ar convencional de 30000 BTU

em todas as salas de aula do bloco II. Já o bloco III, possui luminária com duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W. Este, por ser um bloco mais antigo, não apresenta em seu projeto original condicionadores de ar. Desse modo foi empregado na análise valores referentes aos utilizados no cenário atual.

Os dados levantados anteriormente a respeito do funcionamento das salas de aula dos blocos estudados, foram usados para realizar o cálculo do consumo mensal dos condicionadores de ar e lâmpadas para cada sala de aula do bloco II, como mostrado nas Tabelas 11 e 12 respectivamente. Para o bloco III, o consumo mensal dos aparelhos por sala pode ser visto nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 11 – Consumo mensal ar condicionado bloco II - Cenário Projetado.

Salas de aula Bloco II	Quant.	Potência (W)	Dias de uso/mês	FU	Horas/ dia	kWh/mês
Sala 01	2	7200	8	1	13	748,8
Sala 02	1	3600	20	1	13	936
Sala 03	1	3600	20	1	13	936
Sala 04	1	3600	20	1	13	936
Sala 05	1	3600	20	1	13	936
Sala 06	1	3600	20	1	8,5	612
Sala 07	1	3600	20	1	13	936
Sala 08	1	3600	20	1	13	936
Sala 09	1	3600	20	1	13	936
Sala 10	1	3600	20	1	13	936
Sala 11	1	3600	20	1	13	936
TOTAL						9784,8

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 12 – Consumo mensal lâmpadas bloco II- Cenário Projetado

Salas de aula Bloco II	Quant.	Potência (W)	Dias de uso/ mês	FU	Horas/ dia	kWh/mês
Sala 01	36	1440	8	1	13	149,76
Sala 02	18	720	20	1	13	187,2
Sala 03	18	720	20	1	13	187,2
Sala 04	18	720	20	1	13	187,2
Sala 05	18	720	20	1	13	187,2
Sala 06	18	720	20	1	8,5	122,4
Sala 07	18	720	20	1	13	187,2
Sala 08	18	720	20	1	13	187,2
Sala 09	18	720	20	1	13	187,2
Sala 10	18	720	20	1	13	187,2
Sala 11	18	720	20	1	13	187,2
TOTAL						1956,96

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 13 – Consumo mensal ar condicionado bloco III- Cenário Projetado

Salas de aula Bloco III	Quant.	Potência (W)	Dias de uso/mês	FU	Horas/ dia	kWh/mês
Sala 01	2	3817	20	1	13	992,42
Sala 02	2	3817	20	1	13	992,42
Sala 03	2	4180	20	1	13	1086,8
Sala 04	2	4290	20	1	4	343,2
Sala 05	2	4180	20	1	4	334,4
Sala 06	2	4180	20	1	4	334,4
Sala 07	1	1990	20	1	4	159,2
TOTAL						4242,84

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 14 – Consumo mensal lâmpadas bloco III- Cenário Projetado

Salas de aula Bloco III	Quant.	Potência (W)	Dias de uso/ mês	FU	Horas por dia	kWh/mês
Sala 01	18	576	20	1	13	149,76
Sala 02	18	576	20	1	13	149,76
Sala 03	18	576	20	1	13	149,76
Sala 04	18	576	20	1	4	46,08
Sala 05	18	576	20	1	4	46,08
Sala 06	18	576	20	1	4	46,08
Sala 07	12	384	20	1	4	30,72
TOTAL						618,24

Fonte: Autoral, 2020.

Após obter os valores do consumo mensal da iluminação e climatização de cada sala de aula, foi possível encontrar o consumo dentro e fora de ponta. Sabendo que o horário de ponta é das 18:00 às 21:00 horas, e que todas as salas de aula estão em funcionamento durante esse horário, pois predomina o horário noturno, a permanência no horário de ponta usada nos cálculos foi de 3 horas. As salas 4, 5, 6 e 7 do Bloco III funcionam apenas no período noturno. Visto isso, a Equação 8 foi usada para encontrar o consumo na ponta.

$$CP = \frac{CM \times P}{HF} \quad (8)$$

Onde:

CP : Consumo na Ponta

CM : Consumo mensal

P : Permanência na Ponta

HF : Horário de funcionamento

Logo, para achar o consumo fora de ponta é necessário subtrair o valor de consumo na ponta pelo o encontrado no consumo mensal total. A partir disso, multiplica o consumo dentro e fora de ponta por suas respectivas tarifas, sendo elas R\$2,68 na ponta e R\$0,35 fora de ponta. Assim os valores obtidos da soma do consumo total de todas as salas de

aula deste cenário, assim como o consumo mensal e anual dos blocos II e III podem ser observados na Tabela 15.

Tabela 15 – Consumo Total do Cenário Projetado (R\$)

	Bloco II		Bloco III	
	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta
Mês	R\$ 6.293,58	R\$ 3.265,15	R\$ 5.478,84	R\$ 979,10
Ano	R\$ 62.935,83	R\$ 32.651,49	R\$ 54.788,42	R\$ 9.790,97
TOTAL ANUAL DO BLOCOS II e III				R\$ 160.166,71

Fonte: Autoral, 2020.

5.2. Cenário Atual

O Cenário atual representa a real situação dos equipamentos instalados nos blocos II e III do IFTO campus Porto nacional, para isso foi realizada uma visita no local, onde pode-se observar o uso de lâmpadas compactas de 46 W, o que proporciona ao ambiente uma iluminação deficiente, visto que mesmo durante o dia as salas continuavam escuras. Este cenário encontrado na visita, diverge do mostrado no projeto original dos blocos de sala de aula. Por isso a necessidade de se fazer um comparativo entre esses diferentes casos, devido ao uso de lâmpadas com potência inferior ao esperado para salas de aula, o que afetará diretamente no custo final.

Quanto aos condicionadores de ar, também é possível observar no caso do bloco II que o projeto original não foi seguido e que não há um padrão relacionado ao tipo e quantidade de BTUs utilizados, mesmo tendo salas iguais. Entretanto, a maioria das salas possuem ar condicionado inverter e eficientes. O bloco III tem em sua maioria condicionadores de ar inverter. No entanto, não foi possível comparar com o projeto original pois o mesmo não continha essas informações.

O processo realizado para encontrar o consumo total dos blocos nesse cenário foi o mesmo do anterior, onde a principal diferença está na quantidade e tipo de equipamentos usados, os quais já foram apresentados anteriormente nas Tabelas 3, 4, 5 e 6. O cálculo do consumo mensal de cada aparelho do bloco II no cenário atual é mostrado nas tabelas 16 e 17. O consumo dos condicionadores de ar do bloco III é o mesmo do cenário projetado pois

foram usados os mesmos equipamentos para os cálculos como pode ser observado na Tabela 18. Prontamente o consumo mensal das lâmpadas é mostrado na tabela 19.

Tabela 16 – Consumo mensal ar condicionado bloco II - Cenário Atual.

Salas de aula Bloco II	Potência (W)	Dias de uso/mês	FU	Horas / dia	kWh/mês
Sala 01	5214	8	1	13	542,256
Sala 02	3260	20	1	13	847,6
Sala 03	3260	20	1	13	847,6
Sala 04	3944	20	1	13	1025,44
Sala 05	3944	20	1	13	1025,44
Sala 06	3004	20	1	8,5	510,68
Sala 07	1514	20	1	13	393,64
Sala 08	3004	20	1	13	781,04
Sala 09	1990	20	1	13	517,4
Sala 10	1990	20	1	13	517,4
Sala 11	1990	20	1	13	517,4
TOTAL					7525,896

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 17 – Consumo mensal das lâmpadas do bloco II- Cenário Atual.

Salas de aula Bloco II	Potência (W)	Dias de uso/ mês	FU	Horas / dia	kWh/mês
Sala 01	1098	8	1	13	114,192
Sala 02	468	20	1	13	121,68
Sala 03	432	20	1	13	112,32
Sala 04	414	20	1	13	107,64
Sala 05	486	20	1	13	126,36
Sala 06	414	20	1	8,5	70,38
Sala 07	432	20	1	13	112,32
Sala 08	450	20	1	13	117
Sala 09	432	20	1	13	112,32
Sala 10	414	20	1	13	107,64
Sala 11	414	20	1	13	107,64
TOTAL					1209,492

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 18 – Consumo mensal ar condicionado bloco III- Cenário Atual.

Salas de aula Bloco III	Potência (W)	Dias de uso/mês	FU	Horas/ dia	kWh/mês
Sala 01	3817	20	1	13	992,42
Sala 02	3817	20	1	13	992,42
Sala 03	4180	20	1	13	1086,8
Sala 04	4290	20	1	4	343,2
Sala 05	4180	20	1	4	334,4
Sala 06	4180	20	1	4	334,4
Sala 07	1990	20	1	4	159,2
TOTAL					4242,84

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 19 – Consumo mensal lâmpadas bloco III- Cenário Atual.

Salas de aula Bloco III	Potência (W)	Dias de uso/ mês	FU	Horas/ dia	kWh/mês
Sala 01	414	20	1	13	107,64
Sala 02	414	20	1	13	107,64
Sala 03	414	20	1	13	107,64
Sala 04	414	20	1	4	33,12
Sala 05	414	20	1	4	33,12
Sala 06	414	20	1	4	33,12
Sala 07	276	20	1	4	22,08
TOTAL					444,36

Fonte: Autoral, 2020.

Como pode- se observar, houve uma queda no consumo dos aparelhos em relação ao cenário projetado, o que já era esperado devido os equipamentos instalados estarem subdimensionados, de forma que não atendem as necessidades do local. Por se tratar de salas de aula deve existir uma iluminação adequada para tal atividade. Logo esse baixo consumo pode gerar uma falsa sensação de economia, já que os custos tendem a ser bem menores que o do cenário projetado.

Ao realizar o cálculo do consumo dentro e fora de ponta para cada bloco estudado usando Eq. 7 e depois encontrar o consumo total dos blocos II e III, é fácil perceber essa diferença no custo quando comparado os dois cenários. A Tabela 20, apresenta esse consumo no cenário atual, onde há uma redução no custo de R\$25.839,41 em relação ao cenário anterior.

Tabela 20 – Consumo Total do Cenário Atual (R\$)

	Bloco II		Bloco III	
	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta
Mês	R\$ 4.682,17	R\$ 2.450,37	R\$ 5.356,23	R\$ 943,96
Ano	R\$ 46.821,70	R\$ 24.503,70	R\$ 53.562,30	R\$ 9.439,60
TOTAL ANUAL DOS BLOCOS II e III				R\$ 134.327,30

Fonte: Autoral, 2020.

5.3. Simulação da Substituição dos Equipamentos

Tendo em vista que o sistema de iluminação atual dos ambientes mostrou-se insuficiente para cumprir os requisitos mínimos de iluminância exigidos pela NBR 8995-1, que é de 500 lux, devido ao tipo de lâmpada utilizada, há uma necessidade de adequar a iluminação, de forma que além de atender a norma vigente, também seja equipamentos mais eficientes.

Sugere-se então, a substituição das lâmpadas compactas atuais por lâmpadas tubulares LED de fluxo luminoso similar ao das lâmpadas tubulares usadas no projeto original, a fim de fornecer o mesmo resultado de iluminamento projetado, porém consumindo menos energia elétrica. As lâmpadas LEDs são mais eficientes e têm um elevado tempo de vida útil com alto rendimento luminoso. Também possui um custo de manutenção reduzido, menos perdas para o ambiente e uma alta confiabilidade.

Com o intuito de manter a equivalência de fluxo luminoso da lâmpada tubular fluorescente de 40W presente no projeto, foi proposto a troca por lâmpada tubular LED de 20W e luminária 2x20W de 120cm igual à apresentada nas Figuras 18 e 19. Além disso, quando comparada às lâmpadas fluorescentes compactas utilizadas atualmente, a vida útil dessas lâmpadas é muito superior, o que significa que maior será o tempo de troca e

consequentemente menos gastos com substituições ao longo dos anos, como pode- se ver na Tabela 21.

Figura 18 – Lâmpada Tubular LED



Fonte: Google imagens (2020)

Figura 19 – Luminária Aletada GAMA 2X20W 120cm



Fonte: Google imagens (2020)

Tabela 21 – Vida útil das Lâmpadas.

Tecnologia	Vida Útil (hrs)	Horas de Utilização/ano	Tempo Estimado de troca (ano)
LED (Tubular)	25000	2600	9,62
Fluorescente (Tubular) 32w	12000	2600	4,62
Fluorescente (Tubular) 40w	13000	2600	5,00
Compacta Fluorescente	6000	2600	2,31

Fonte: Autoral, 2020.

Em relação aos condicionadores de ar, todos os aparelhos instalados no bloco II são inverter e considerados eficientes, logo não seria economicamente viável substituí- los. Portanto, sugere- se a troca de apenas seis equipamentos por outros mais eficientes no bloco III, referente às salas de aula 1, 2, 3, 4, 5 e 6. A Tabela 22 mostra a relação de equipamentos a serem substituídos e seus respectivos substitutos, assim como o custo total para realizar tais mudanças.

Tabela 22 – Substituição dos Equipamentos

Equipamentos Atuais	Potência (W)	Substitutos	Potência (W)	Quantidade	Custo und.	Custo Total
Gree Split Parede 24 BTU	2190	SPRINGER MIDEA INVERTER 24 BTU	2070	6	R\$ 3.589,80	R\$ 21.538,80
Lâmpada fluorescente Compacta	46	Lâmpada Tubular LED T8 Empalux bivolt G13	20	282	R\$ 17,00	R\$ 4.794,00
Lâmpada fluorescente Tubular	32	Lâmpada Tubular LED T8 Empalux bivolt G13	20	54	R\$ 17,00	R\$ 918,00
---	---	Luminária Aletada 2X20W 120cm BLOCO 2	---	108	32,61	R\$ 3.521,88
---	---	Luminária Aletada 2X20W 120cm BLOCO 3	---	60	32,61	R\$ 1.956,60
					TOTAL	R\$ 32.729,28

Fonte: Autoral, 2020.

5.4. Cenário mais Eficiente

A troca dos equipamentos atuais por outros mais eficientes, tem como principal intuito a diminuição do consumo e consequentemente reduzir custos com energia elétrica. Neste cenário, será simulado o consumo de energia elétrica dos blocos II e III do campus Porto Nacional, após a substituição dos equipamentos existentes pelos mais eficientes da Tabela 23, com a finalidade de fazer um comparativo com os outros dois cenários já apresentados.

Para isso, calculou-se o gasto do consumo mensal dos novos equipamentos, onde não houve mudanças em relação aos condicionadores de ar do bloco II. A Tabela 23 mostra que manteve o mesmo consumo mensal por equipamento exposto no Cenário Atual. As lâmpadas foram substituídas. Onde havia uma compacta de 46W, foi proposto a utilização de duas LEDs tubulares de 20W. Na Tabela 24 é possível ver o consumo mensal das lâmpadas do bloco II após a substituição.

Tabela 23 – Consumo mensal ar condicionado bloco II - Cenário Eficiente.

Salas de aula bloco II	Quant.	Potência(W)	Dias de uso/mês	FU	Horas/dia	kWh/mês
Sala 01	2	5214	8	1	13	542,256
Sala 02	1	3260	20	1	13	847,6
Sala 03	1	3260	20	1	13	847,6
Sala 04	2	3944	20	1	13	1025,44
Sala 05	2	3944	20	1	13	1025,44
Sala 06	2	3004	20	1	8,5	510,68
Sala 07	1	1514	20	1	13	393,64
Sala 08	2	3004	20	1	13	781,04
Sala 09	1	1990	20	1	13	517,4
Sala 10	1	1990	20	1	13	517,4
Sala 11	1	1990	20	1	13	517,4
TOTAL						7525,896

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 24 – Consumo mensal das lâmpadas do bloco II- Cenário Eficiente.

Salas de aula bloco II	Quant.	Potência(W)	Dias de uso/ mês	FU	Horas/ dia	kWh/mês
Sala 01	36	720	8	1	13	74,88
Sala 02	18	360	20	1	13	93,6
Sala 03	18	360	20	1	13	93,6
Sala 04	18	360	20	1	13	93,6
Sala 05	18	360	20	1	13	93,6
Sala 06	18	360	20	1	8,5	61,2
Sala 07	18	360	20	1	13	93,6
Sala 08	18	360	20	1	13	93,6
Sala 09	18	360	20	1	13	93,6
Sala 10	18	360	20	1	13	93,6
Sala 11	18	360	20	1	13	93,6
TOTAL						978,48

Fonte: Autoral, 2020.

No bloco III, recomenda-se a troca de seis condicionadores de ar de 24000 BTUs e 2190 W de potência, por outro equivalente mais eficiente de 2070 W. Desse modo, há uma redução correspondente a 121,56 kWh/ mês em referência ao cenário atual. Esse resultado pode ser analisado na Tabela 25. Outra mudança sugerida é a troca das lâmpadas compactas existentes por LEDs tubulares. Essa alteração dobrou a quantidade de lâmpadas instaladas no ambiente, mesmo assim, reduziu o consumo comparado ao atual, como mostra a Tabela 26.

Tabela 25 – Consumo mensal ar condicionado bloco III - Cenário Eficiente.

Salas de aula bloco III	Quant.	Potência(W)	Dias de uso/mês	FU	Horas/ dia	kWh/mês
Sala 01	2	3697	20	1	13	961,22
Sala 02	2	3697	20	1	13	961,22
Sala 03	2	4060	20	1	13	1055,6
Sala 04	2	4170	20	1	4	333,6
Sala 05	2	4060	20	1	4	324,8
Sala 06	2	4060	20	1	4	324,8
Sala 07	1	1990	20	1	4	159,2
TOTAL						4120,44

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 26 – Consumo mensal das lâmpadas do bloco III- Cenário Eficiente.

Salas de aula bloco III	Quant.	Potência(W)	Dias de uso/ mês	FU	Horas/ dia	kWh/mês
Sala 01	18	360	20	1	13	93,6
Sala 02	18	360	20	1	13	93,6
Sala 03	18	360	20	1	13	93,6
Sala 04	18	360	20	1	4	28,8
Sala 05	18	360	20	1	4	28,8
Sala 06	18	360	20	1	4	28,8
Sala 07	12	240	20	1	4	19,2
TOTAL						386,4

Fonte: Autoral, 2020.

Logo, após encontrar o consumo mensal dos novos equipamentos é necessário encontrar os gastos dentro e fora de ponta, assim como feito nos cenários anteriores. Esses dados são exibidos na Tabela 27. Desse modo, é possível observar uma queda no consumo total de energia após a substituição dos equipamentos. Nota-se que mesmo mantendo os condicionadores de ar do Bloco II e aumentando o número de lâmpadas instaladas, ainda sim foi possível obter uma economia em relação aos outros cenários apresentados posteriormente.

Tabela 27 – Consumo Total do Cenário Eficiente (R\$)

	Bloco II		Bloco III	
	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta
Mês	R\$ 4.558,35	R\$ 2.364,90	R\$ 5.091,38	R\$ 906,22
Ano	R\$ 45.583,46	R\$ 23.648,97	R\$ 50.913,80	R\$ 9.066,20
TOTAL ANUAL DO BLOCO II e III				R\$ 129.212,43

Fonte: Autoral, 2020.

6. APLICAÇÃO DO ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

6.1. Valor Presente Líquido

Para entender o valor do dinheiro no tempo, é necessário conhecer o seu comportamento dinâmico. Quando mencionamos valor presente, referimos ao valor de hoje, do momento. Com o decorrer do tempo, esse valor é somado com juros e é transformado em montante. Dessa forma, valor futuro é o valor presente mais os juros (HOJI, 2001).

Conforme Lemes Júnior, Cherobim e Rigo (2002), utilizar o VPL para a tomada de decisões facilita o alcance dos objetivos no setor financeiro. Ressalta-se que o VPL é o método de análise de investimento em projetos mais utilizado por profissionais de finanças, pois permite interpretar facilmente os resultados (ABREU FILHO, 2003; ZANIN; BAGATINI, 2012).

Portanto, um dos indicadores econômicos aplicados no projeto em estudo, foi o Valor Presente Líquido (VPL), como já mencionado, "este método de análise de investimentos utilizado para saber da viabilidade financeira do projeto, é basicamente um critério de decisão para avaliar o projeto como executável ou não". Segundo Ross, Westerfield e Jaffe, pode-se quantificar o VPL pela Equação 9:

$$VPL = \sum_{t=0}^t \frac{FC^t}{(1+i)^t} - FC \quad (9)$$

Onde:

VPL : Valor Presente Líquido

FC : Fluxo de Caixa

i : TMA (Taxa Mínima de Atratividade)

t : Período percorrendo todo fluxo de caixa.

6.2. Cálculo do VPL nos Cenários em Estudo

Nesta etapa do presente trabalho, aplica-se às definições de viabilidade econômica

estudadas neste projeto. Este tópico, é de suma importância na análise do estudo de Eficiência Energética, pois avalia a efetividade de um projeto. Nesse caso, nas Tabelas 28, 29 e 30 serão apresentados os cálculos executados para definir o Valor Presente Líquido Total (VPL) de cada cenário, utilizando os parâmetros como, o custo anual em cada cenário, num período de 10 anos a uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 3%, usando a Equação 8. A partir dessa equação, obteve-se o VPL ano a ano no Cenário Atual, no Cenário Projetado e no Cenário Mais Eficiente.

Tabela 28 – Cálculo do VPL para Cenário Atual

Cenário Atual		
Custo Anual	TMA	Valor Presente Líquido VPL
R\$ 134.327,30	0,03	
Período	Valor (Custo)	
0	0	0
1	R\$ 134.327,30	R\$ 130.414,85
2	R\$ 142.479,92	R\$ 134.300,99
3	R\$ 134.327,30	R\$ 122.928,51
4	R\$ 142.918,94	R\$ 126.981,63
5	R\$ 134.327,30	R\$ 115.871,91
6	R\$ 142.479,92	R\$ 119.324,69
7	R\$ 134.327,30	R\$ 109.220,39
8	R\$ 134.327,30	R\$ 106.039,21
9	R\$ 142.918,94	R\$ 109.535,47
10	R\$ 134.327,30	R\$ 99.952,13
VPL Total (10 Anos)		R\$ 1.174.569,77

Fonte: Autoral, 2020.

Pode-se observar que na Tabela 28, possui marcações de cor azul na coluna definida como período, onde é representada por 10 anos, no qual no período 2 e 6 indica a estimativa da troca somente das lâmpadas compactas, no período 4 e 9, estima-se que nos anos 4 e 9 será necessário a troca das lâmpadas fluorescente tubular de 32W e coincidentemente com a substituição das compactas que são feitas a cada 2 anos no cenário atual.

Na Tabela 29, a análise do cenário projetado foi realizada. Constatase que no período de 10 anos, tem-se que nos anos 4 e 9 ocorrem às troca das lâmpadas fluorescentes tubular os de 32W e nos anos 5 e 10 ocorrem às troca das tubulares fluorescentes de 40W, a qual a substituição é estimada a cada 5 anos.

Tabela 29 – Cálculo do VPL para Cenário Projetado

Cenário Projetado		
Custo Anual	TMA	Valor Presente Líquido VPL
R\$ 160.166,71	0,03	
Período	Valor (Custo)	
0	0	0
1	R\$ 160.166,71	R\$ 155.501,66
2	R\$ 160.166,71	R\$ 150.972,49
3	R\$ 160.166,71	R\$ 146.575,23
4	R\$ 161.142,31	R\$ 143.172,86
5	R\$ 162.585,91	R\$ 140.248,04
6	R\$ 160.166,71	R\$ 134.137,10
7	R\$ 160.166,71	R\$ 130.230,20
8	R\$ 160.166,71	R\$ 126.437,08
9	R\$ 161.142,31	R\$ 123.502,17
10	R\$ 162.585,91	R\$ 120.979,19
VPL Total (10 Anos)		R\$ 1.371.756,01

Fonte: Autoral, 2020.

Na Tabela 29, a análise do cenário projetado foi realizado, constata-se que no período de 10 anos, tem-se que nos anos 4 e 9 ocorrem às troca das lâmpadas fluorescentes tubular de 32w e nos anos 5 e 10 ocorrem às troca das tubulares fluorescentes de 40w, a qual a substituição é estimada a cada 5 anos.

Na análise do cenário mais eficiente, representado pela Tabela 30, pode-se ver que no período de 10 anos, consta apenas uma marcação de cor azul no período 9, o que representa que ocorre a troca a cada 9 anos das lâmpadas de tecnologia led, a qual foi empregada no cenário otimizado.

Tabela 30: Cálculo do VPL para Cenário Mais Eficiente

Cenário Eficiente		
Custo Anual	TMA	Valor Presente Líquido VPL
R\$ 129.208,42	0,03	
Período	Valor (Custo)	
0	R\$ 32.729,28	R\$ 32.729,28
1	R\$ 129.208,42	R\$ 125.445,07
2	R\$ 129.208,42	R\$ 121.791,33
3	R\$ 129.208,42	R\$ 118.244,01
4	R\$ 129.208,42	R\$ 114.800,01
5	R\$ 129.208,42	R\$ 111.456,32
6	R\$ 129.208,42	R\$ 108.210,02
7	R\$ 129.208,42	R\$ 105.058,27
8	R\$ 129.208,42	R\$ 101.998,32
9	R\$ 134.920,42	R\$ 103.405,27
10	R\$ 129.208,42	R\$ 96.143,20
VPL Total (10 Anos)		R\$ 1.139.281,12

Fonte: Autoral, 2020.

6.3. Payback

Payback é entendido como o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento. O payback pode ser:

- Nominal, se calculado com base no fluxo de caixa com valores nominais;
- Presente líquido, se calculado com base no fluxo de caixa com valores trazidos ao valor presente líquido.

O payback simples não leva em consideração a taxa de juros, nem a inflação do período ou o custo de oportunidade. No entanto, o conceito de Payback Descontado é semelhante ao cálculo do Payback simples. Entretanto, o coeficiente tempo no valor do dinheiro é levado em consideração, visto que traz a valor presente os valores futuros do fluxo de caixa. Isto é, os valores do fluxo de caixa são tratados considerando uma taxa de desconto.

Para Brigham *et. al*, (2001, p.425), o período de payback descontado é definido como o número de anos necessário para recuperar o investimento dos fluxos líquidos de caixa descontados. Para o cálculo do payback utiliza-se a Equação 9.

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} \quad (9)$$

Onde:

$FCC(t)$: fluxo de caixa descontado para o valor presente cumulativo até o instante t ;

I : é o investimento inicial (em módulo), ou seja, $-I$ é o valor algébrico do investimento, localizado no instante 0 (início do primeiro período);

R_j : é a receita proveniente do ano j ;

C_j : é o custo proveniente do ano j ;

i : é a taxa de juros empregada;

j : é o índice que representa os períodos.

6.4. Cálculo do Payback nos Cenários em Estudo

Outra técnica de análise de investimento efetuada no projeto foi o cálculo do payback simples e do payback descontado. Através dos conceitos explanados no tópico 6.3, o qual nos atribui diretrizes do que representa o payback, foi realizada a análise no trabalho para identificar o tempo em que o investimento passará a ter saldo positivo. Utilizou-se a Equação 9, para obter essa projeção de saldo positivo, empregando um período de 10 anos e com um custo inicial negativo no fluxo de caixa de R\$-32.729,28 que é referente ao valor total do investimento para o *retrofit*. Nas Tabelas 31 e 32 podemos observar como foi aplicado.

Tabela 31 – Cálculo do Payback no Cenário Eficiente versus Atual.

PayBack Eficiente X Atual		
Período	Payback Simples	Payback Descontado
0	-R\$ 32.729,28	-R\$ 32.729,28
1	-R\$ 27.610,40	-R\$ 27.759,50
2	-R\$ 14.338,91	-R\$ 15.249,84
3	-R\$ 9.220,03	-R\$ 10.565,34
4	R\$ 4.490,48	R\$ 1.616,27
5	R\$ 9.609,36	R\$ 6.031,86
6	R\$ 22.880,86	R\$ 17.146,53
7	R\$ 27.999,73	R\$ 21.308,64
8	R\$ 33.118,61	R\$ 25.349,53
9	R\$ 41.117,12	R\$ 31.479,73
10	R\$ 46.236,00	R\$ 35.288,65

Fonte: Autoral, 2020.

Tabela 32 – Cálculo do Payback no Cenário Eficiente versus Projetado.

PayBack Eficiente X Projetado		
Período	Payback Simples	Payback Descontado
0	-R\$ 32.729,28	-R\$ 32.729,28
1	-R\$ 1.770,99	-R\$ 2.672,69
2	R\$ 29.187,30	R\$ 26.508,47
3	R\$ 60.145,59	R\$ 54.839,69
4	R\$ 92.079,48	R\$ 83.212,54
5	R\$ 125.456,97	R\$ 112.004,25
6	R\$ 156.415,26	R\$ 137.931,33
7	R\$ 187.373,54	R\$ 163.103,25
8	R\$ 218.331,83	R\$ 187.542,01
9	R\$ 244.553,72	R\$ 207.638,91
10	R\$ 277.931,21	R\$ 232.474,89

Fonte: Autoral, 2020.

6.5. Taxa Interna de Retorno (TIR)

Segundo Brealey, Myers e Allen (2013), “a Taxa Interna de Retorno (TIR) é o valor presente líquido expresso em taxa”. A TIR é uma técnica muito utilizada no âmbito econômico. Seu critério é baseado em aceitar o projeto se o valor da TIR for maior que a TMA. Para a seguinte avaliação, o cálculo de TIR requer, basicamente, o conhecimento dos montantes das despesas e dos fluxos de caixa líquidos gerados com as taxas de desconto e períodos descontados. (ASSAF NETO, 2011).

Denominada como equação de Fisher, na Equação 10 utilizada para calcular esse parâmetro econômico.

$$TIR = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} = FC_0 \quad (10)$$

Onde:

FC_j : Valor presente das entradas de caixa;

i : Taxa de desconto;

j : Tempo de desconto de cada entrada de caixa;

n : Tempo de desconto do último fluxo de caixa.

FC₀ : Investimento Inicial;

Tabela 33 – Critério de decisão para aceitar ou rejeitar o projeto usando o parâmetro TIR.

Critérios de Decisão para a TIR	
TIR > TMA	Investimento Viável
TIR < TMA	Investimento Inviável

Fonte: Adaptado de Gitman (2010).

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no que verificou-se anteriormente, foi possível determinar a situação atual da iluminação e condicionamento de ar dos blocos de sala de aula II e III do IFTO - campus Porto Nacional, a fim de sugerir mudanças e soluções eficientes e econômicas a serem aplicadas nestes sistemas.

Este capítulo apresenta os resultados obtidos por meio da análise do consumo de energia elétrica dos equipamentos usados atualmente, fazendo um comparativo do consumo calculado após a realização da simulação de substituição destes equipamentos. Além disso, exibe a viabilidade econômica por meio dos indicadores econômicos já calculados, sendo eles o VPL, TIR e o Payback descontado.

Por meio da análise individual de cada cenário detalhado no tópico 5 do presente trabalho, chegou-se ao resultado do consumo total em R\$ dos blocos II e III, como mostra a Tabela 34, onde percebe-se a uma relativa queda no consumo durante um ano, após a troca dos equipamentos, obtendo uma redução de R\$ 30.954,28 ao ano no Cenário Projetado e R\$ 5.114,87 em relação ao Cenário Atual.

Tabela 34 – Consumo anual total dos blocos II e III.

Consumo anual Total Blocos II e III	
Tipo	Consumo
Cenário Projetado	R\$ 160.166,71
Cenário Atual	R\$ 134.327,30
Cenário Eficiente	R\$ 129.212,43

Fonte: Autoral, 2020.

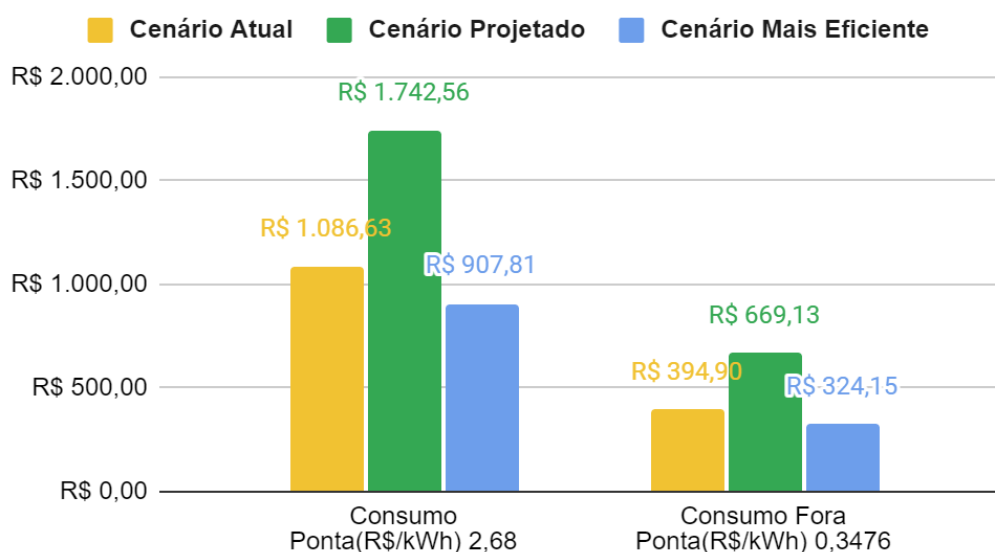
7.1. Comparativo do consumo das Lâmpadas nos três cenários

De modo geral, o sistema de iluminação dos ambientes estudados mostrou-se insuficiente para cumprir os requisitos mínimos de iluminância exigidos pela NBR 8995-1, como foi exposto nos tópicos anteriores. Por este motivo, o local de estudo possui um baixo consumo de energia quando comparado ao projeto original. A partir do problema encontrado, foi possível propor uma readequação no sistema de iluminação, assim como a troca das lâmpadas fluorescentes, usadas tanto no Cenário Atual quanto no Projetado, por lâmpadas LEDs que atendessem as necessidades do ambiente.

Após a troca dos equipamentos, é possível comparar o consumo mensal das lâmpadas em cada cenário simulado. A Figura 20 exibe o consumo mensal total em R\$ das lâmpadas, onde nota-se uma maior diferença do Cenário Projetado em relação aos demais, que chega a R\$834,75 na ponta e R\$344,98 fora de ponta, quando comparado ao Cenário Mais Eficiente. Devido à situação já apontada nos capítulos anteriores, ao confrontar o

Cenário Atual com o Mais Eficiente vemos uma diminuição menos significativa de R\$178,82 na ponta e R\$70,75 fora de ponta.

Figura 20 – Consumo total em R\$ das lâmpadas.



Fonte: Autoral, 2020.

7.2. Comparativo do consumo dos Condicionadores de Ar nos três cenários

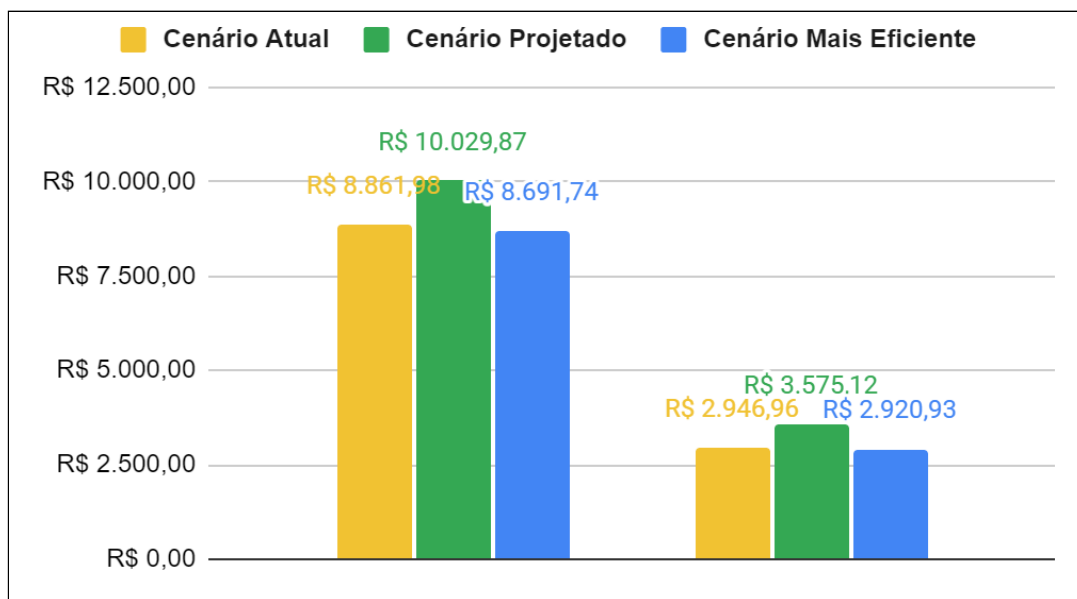
Mediante ao levantamento realizado *in loco*, observou-se que apesar de as salas de aula dos blocos estudados possuírem características semelhantes, não houve uma padronização em relação aos equipamentos de refrigeração utilizados. Como exemplo o bloco II, com exceção da Sala 1 que possui uma maior área que as demais, 40 % das salas de aula possuem dois aparelhos que variam de 18000 btus/h à 22000 btus/h, 60% são compostas por apenas um equipamento que diferenciam-se entre 18000, 22000 e 36000 btus/h.

Entretanto, a maior parte dos condicionadores de ar encontrados nos dois blocos têm tecnologia inverter e são considerados eficientes, não sendo necessário a substituição dos mesmos devido a inviabilidade desta ação. Neste caso não foram observadas grandes mudanças no consumo total destes aparelhos, pois houveram apenas seis mudanças somente no bloco III.

Por fim, ao realizar um comparativo entre os três cenários apresentados, entende-se que após a troca destes condicionadores de ar do bloco III por equipamentos mais eficientes, há uma diferença de R\$170,24 no consumo total mensal no horário de ponta e de

R\$ 26,03 fora de ponta do cenário Mais Eficiente em relação ao Cenário Atual. Quando comparado ao Cenário Projetado essa diferença aumenta para R\$1338,13 e R\$654,19 respectivamente. Os valores totais por mês de cada cenário são apresentados na Figura 21.

Figura 21– Consumo total em R\$ dos condicionadores de ar

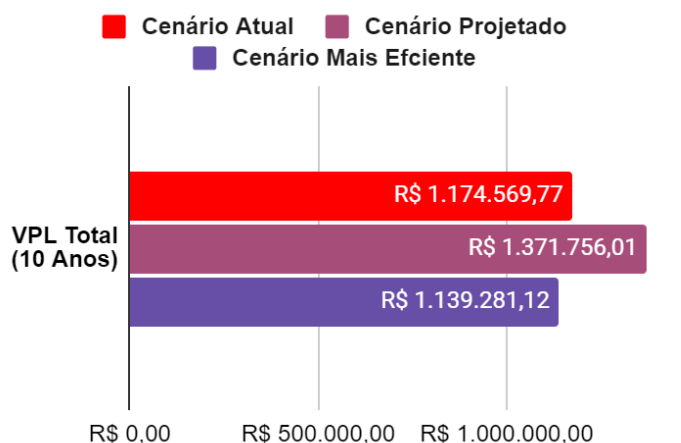


Fonte: Autoral, 2020.

7.3. Resultados obtidos na Análise Econômica

A partir dos cálculos executados para definir o Valor Presente Líquido Total (VPL) de cada cenário, realizados no tópico 6.2 do presente trabalho, para um período de 10 anos foram encontrados os valores em R\$ apresentados na Figura 22, onde pode-se analisar o resultado para os três cenários avaliados. Neste caso é notável uma economia no Cenário Mais Eficiente de R\$232.474,89 em relação ao Cenário Projetado, apenas com a troca dos equipamentos usados no projeto por equivalentes mais eficientes.

Entretanto, essa diferença reduz quando comparado ao Cenário Atual, o qual se trata da realidade presente nos blocos de sala de aula. Nesse caso, há uma economia de R\$35.288,65 em 10 anos. Logo, se avaliado apenas o VPL nas três situações encontradas, tais mudanças realizadas no Cenário Mais eficientes seriam praticáveis.

Figura 22 – VPL total nos três cenários

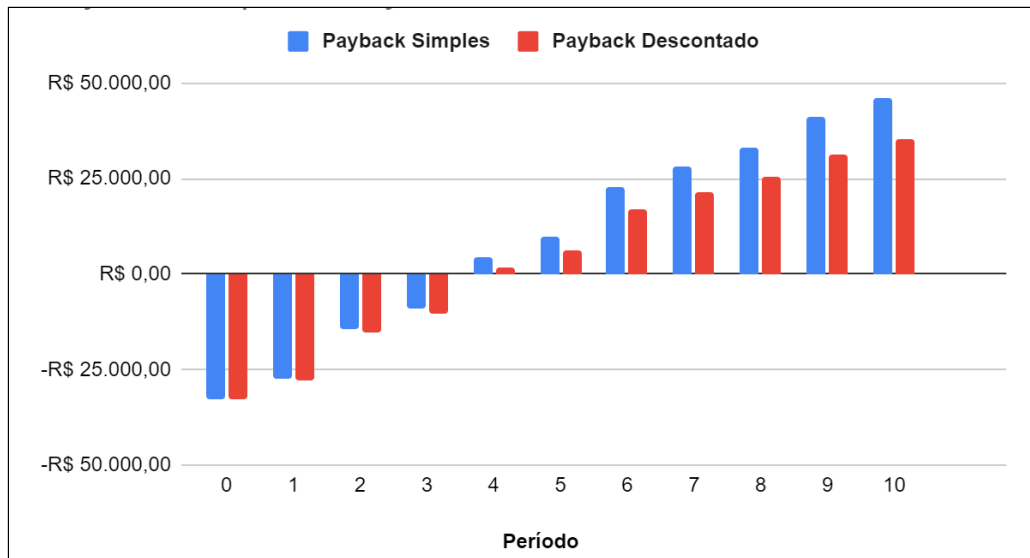
Fonte: Autoral, 2020.

7.3.1. Resultados do Payback

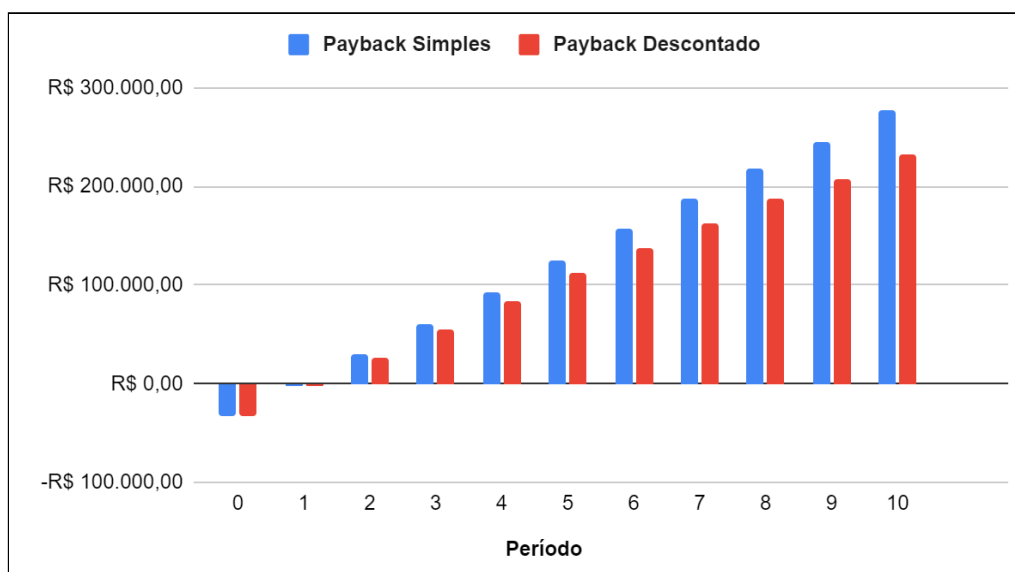
Ainda no que se refere à viabilidade econômica do projeto de Eficiência Energética proposto neste trabalho, foi realizado o cálculo do Payback dos cenários em estudo detalhado no tópico 6.4. Assim, foi realizada uma análise onde foi possível identificar o tempo em que o investimento passará a ter saldo positivo em duas situações distintas.

A primeira é comparando o cenário Eficiente *versus* Atual, onde a projeção para obter saldo positivo em um intervalo de 10 anos, de acordo com a Figura 23 é a partir do quarto ano após o investimento inicial de R\$32.729,28. Neste caso, a TIR calculada é de 7%, o que segundo a Tabela 33, torna esse projeto viável devido ter sido usada uma TMA de 0,03 nos cálculos.

A segunda circunstância apresentada é a Eficiente *versus* Projetado apresentado na Figura 24, neste cenário proposto a previsão é que já a partir do segundo ano passe a ter saldo positivo. Isso representa que em relação a primeira situação de payback apresentada, será mais rápido o retorno do investimento inicial, equivalente a dois anos de diferença. A TIR encontrada para o cenário Eficiente *versus* Projetado é de 89%, mostrando que o projeto é executável.

Figura 23 – PayBack Eficiente *versus* Atual

Fonte: Autoral, 2020.

Figura 24 – PayBack Eficiente *versus* Projetado

Fonte: Autoral, 2020.

8. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como intuito realizar a análise de eficiência energética nos sistemas de iluminação e condicionadores de ar das salas de aulas dos blocos II e III do

Instituto Federal do campus Porto Nacional. Foi apresentado o consumo energético atual da instituição e com base neste consumo e na inspeção dos equipamentos elétricos em uso nas salas de aulas, verificou-se que salas estavam fora dos padrões, pois as mesmas não obedeciam às normas de eficiência energética, assim como, também não obedeciam às normas de iluminação e dimensionamento adequado para o devido ambiente.

Com isso, foi requerido o projeto original das instalações elétricas, com a finalidade de fazer a averiguação do dimensionamento das lâmpadas e dos condicionadores de ar, para que assim fosse feito um comparativo com a atual situação do campus. E não obstante, foi realizado uma simulação com a inserção de equipamentos mais eficientes, como lâmpadas de tecnologias leds e ar condicionados de tecnologia inverter, tendo assim, a projeção de três cenários com o propósito de comparar seus consumos de energia em kWh/R\$ e seus indicadores econômicos.

Com o levantamento do consumo anual nos três cenários, foi feita a análise de viabilidade econômica no qual, no período de 10 anos, obteve-se uma economia de R\$35.288,65 no valor presente líquido, entre o cenário atual e o cenário mais eficiente. Um payback com retorno positivo em 4 anos e uma taxa de retorno interna (TIR) viável, pois teve sua taxa maior que a TMA, que é o mínimo que o investidor se propõe a ganhar. Lembrando que todos os cálculos e técnicas utilizadas, foram realizados através do software Microsoft Excel 2019.

Contudo, salienta-se que a partir da visitação das salas de aulas e o conhecimento de seu funcionamento, verificou-se que, mais importante que a otimização dos equipamentos elétricos para se ter um menor desperdício de energia elétrica, é a realização de atividades de capacitação ligadas ao programas de eficiência energética (PEE), que estimulam o uso mais eficiente da energia, além dos projetos educacionais que o PROCEL propõe, com o intuito de promover mudança de hábitos de consumo de energia, ou seja, a conscientização dos consumidores e usuários.

Portanto, dada a relevância do tema abordado, que além de propiciar a redução no consumo energético e consequentemente a minimização dos investimentos de produção de energia e nos impactos ambientais. Conclui-se que, as nossas metas neste trabalho foram alcançadas, assim como, almeja-se que os resultados obtidos possam servir de incentivo para que o Instituto implante medidas de eficiência energética visando um bom desempenho econômico.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 50001: **Norma de Sistema de Gestão de Energia, 2011**. Disponível em:
<<http://www.abnt.org.br/noticias/4984-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 22 de maio, 2020.

ABESCO - Associação Brasileira das Empresas de Serviços e Conservação de Energia. **ISO 50001: Sistema de Gestão de Energia, 2011**. Disponível em:
<<http://www.abesco.com.br/pt/iso-50001-gestao-de-energia/>>. Acesso em: 22 de maio, 2020.

ABESCO - Associação Brasileira das Empresas de Serviços e Conservação de Energia. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 12 de maio, 2020.

ABREU, Yolanda. OLIVEIRA, Marco. Energia Sociedade e Meio Ambiente. 2010. Disponível em: <(ENERGIA SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE)>. Acesso em: 28 de maio, 2020.

ASSAF NETO, Alexandre. Curso de Administração Financeira. (Org). SANTOS, Yuri. análise de viabilidade de projetos de investimentos na empresa mais paladar. Trabalho de conclusão de curso da UFRB, 2019.

CONPET- Programa Nacional de Racionalização do uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural, 2014. Disponível em:
<http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/noticia/selo-conpet-de-eficiencia-energetica-veicular-4.shtml>. Acesso em: 3 de junho, 2020.

DUARTE, Jorge. **Fluxo Consultoria, 2016**. Disponível em:
<<https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/arquitetura-construcao/eficiencia-energetica-o-que-e-economizar/>>. Acesso em: 12 de maio, 2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética, **Matriz Energética**. Disponível em:
<<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 6 de maio, 2020.

BARROS, Reives. Governo do Brasil, gov.br - **Energia Limpa, 2020**. Disponível em:
<<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>>. Acesso em: 6 de maio, 2020.

INMETRO. **Selo de Eficiência Energética**. Disponível em:
<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeSelo.asp>>. Acesso em: 5 de julho, 2020.

Iluminância. **Kian iluminação, 2019**. Disponível em: <O que é Iluminância? - Lâmpadas KIAN>. Acesso em : 30 de novembro de 2020.

INMETRO. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações de Edificações**

Comerciais, de Serviços e Públicos. Disponível em:

<http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

INMETRO. **Manual para Aplicação do RQT-C.** 4. ed. Florianópolis, SC, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é eficiência Energética. 2018.** Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em: 05 julho, 2020.

IMPOSTOS e outros Encargos. **Energisa Tocantins**, 2019. Disponível em: <Energisa - Para Sua Casa > Informações > Taxas Prazos e Normas > Impostos e outros Encargos>. Acesso em : 05 de Dezembro de 2020.

KAWASAKI, Juliana. **Métodos do cálculo luminotécnico, cap III.** Disponível em: <Ed74_fasc Sistemas Iluminação Cap3.pdf (osetoreletrico.com.br)>. Acesso em : 30 de novembro de 2020.

LEMES JUNIOR, Antônio Barbosa; CHEROBIM, Ana Paula; RIGO, Cláudio Miessa. **Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras.** 5 reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

LUMINOTÉCNICA e sua importância no projeto elétrico. **Saber Elétrica.com.br**, 2016. Disponível em: <Luminotécnica e sua importância no projeto elétrico (sabereletrica.com.br)>. Acesso em : 30 de novembro de 2020.

MANUAL de Iluminação.**PROCEL**, 2011. Disponível em: <Manual de Iluminação - PDF Download grátis (docplayer.com.br)>. Acesso em : 30 de novembro de 2020.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética:** Premissas e Diretrizes Básicas. 2011.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional.** 2019.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2050.** 2020.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Quem é Quem da Eficiência Energética no Brasil.** 2019.

MONTEIRO, Luciane. **Uso de indicadores de eficiência energética em plantas de produção de amônia.** Engevista V. 15, n. 3. p. 261-269, dezembro de 2013.

NBR/ISO 8595-1 **Iluminação em ambientes de trabalho**, UTFPR- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. Disponível em: <NBR/ISO 8995-ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE TRABALHO — Páginas Pessoais - UTFPR>. Acesso em : 28 de

novembro de 2020.

PAYBACK. Disponível em: <PAYBACK SIMPLES E DESCONTADO (fapanpr.edu.br) >. Acesso em : 15 de Dezembro de 2020.

PEREIRA, Djaverth; ARRUDA, Gercino; AZEVEDO, Bárbara. **ESTUDO DA VIABILIDADE DE INVESTIMENTO EM UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÕES: Utilização das técnicas VPL, TIR, Payback Descontado e Índice de Lucratividade.** Conasum, 2016. Disponível em: <285 (ufmt.br)>. Acesso em : 15 de Dezembro de 2020.

PESSOA, João LN; GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. **Estado da arte em eficiência energética: iluminação e envoltória.** Florianópolis: CB3e-Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. UFSC–Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. de Engenharia Civil, 2013.

PESSOA, João Lorenzo Novaes; GHISI, Enedir. **Estado da arte em eficiência energética: sistemas de condicionamento de ar.** Florianópolis: CB3e, 2015.

PROCEL, INFO. Centro Brasileiro de informação de eficiência energética. **Sobre o Procel: Edificações**, 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04}>>. Acesso em: 3 de agosto de 2020.

PROCEL.INFO- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Relatório de Resultados do Procel 2019 – ano base 2018.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B675604FD-860E-4405-813E-8BD9D5BB54FB%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em: 3 de junho, 2020.

PBE- Programa Brasileiro de Etiquetagem. PBE, Edifica, 2019. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>. Acesso em: 5 de julho, 2020.

RIBEIRO, Z. B. **Parâmetros para análise de projetos de eficiência energética em eletricidade. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado)** — Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, 2005.

RIBEIRO, Bruno de Oliveira. SILVA ,Kiane Alves. **Indicador De Eficiência Energética Para Auxiliar A Tomada De Decisão De Investimento Em Projetos De Eficiência Energética Em Instituições De Ensino -** Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11872/1/CT_COELE_2018_1_08.pdf>. Acesso em: 22 de maio, 2020.

ROSS, Stephen; WESTERFIELD, Randolph W. JAFFE, Jeffrey F. **Administração Financeira Corporate finance**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SANTOS, Ieda. **Análise de Investimentos**. Disponível em: <ms777_ieda.pdf (unicamp.br)>. Acesso em : 15 de Dezembro de 2020.

SOBREIRA, Sandro Geraldo. **Eficiência Energética Aplicada A Iluminação** - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP , 2017 Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/964/1/MONOGRAFIA_Efici%c3%aa%9ticaAplicada..pdf>. Acesso em: 12 de maio, 2020.

SBARDELOTTO, Luiza. **Proposta De Indicadores De Eficiência Energética Para Um Câmpus Universitário**. Trabalho de Conclusão De Curso Da Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Curitiba, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11038/1/PB_COELT_2018_1_15.pdf>. Acesso em: 26 de maio, 2020.

TIPOS de tarifas. **Energisa Tocantins, 2020**. Disponível em: <Energisa - Para Sua Empresa >. Acesso em : 05 de Dezembro de 2020.

VERAS, A. A. **Eficiência energética nas escolas públicas do Estado do Acre: Estudo de Caso da Escola Glória Peres**. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado) — Universidade Salvador –UNIFACS, 2010.

ZANI, Antonio. BAGATINI, Fabiano. **Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil**. XXII Congresso Brasileiro de Custos. Foz do Iguaçu, 2015.