

**Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Curso de Engenharia de Energia**

**AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE ETIQUETAGEM  
PBE EDIFICA QUANTO ÀS INSTALAÇÕES DO  
EDIFÍCIO SEDE DA FINATEC**

**Autor: Gustavo Santos de Toledo  
Orientadora: Loana Nunes Velasco**

**Brasília, DF  
2018**



**GUSTAVO SANTOS DE TOLEDO**

**AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE ETIQUETAGEM PBE EDIFICA QUANTO ÀS  
INSTALAÇÕES DO EDIFÍCIO SEDE DA FINATEC**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientadora: Prof. Dra. Loana Nunes Velasco

**Brasília, DF  
2018**

### **CIP – Catalogação Internacional da Publicação\***

TOLEDO, Gustavo Santos.

Avaliação do programa de etiquetagem PBE Edifica quanto às instalações do edifício sede da FINATEC/  
Gustavo Santos de Toledo. Brasília: UnB, 2018. 73 p. : il.  
; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília  
Faculdade do Gama, Brasília, 2018. Orientação: Loana Nunes  
Velasco.

1. Eficiência Energética. 2. PBE Edifica. 3. Método prescritivo I.  
VELASCO, Loana. II. Avaliação do programa de etiquetagem  
PBE Edifica quanto às instalações do edifício sede da FINA-  
TEC.

CDU Classificação



**AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE ETIQUETAGEM PBE EDIFICA QUANTO ÀS  
INSTALAÇÕES DO EDIFÍCIO SEDE DA FINATEC**

**Gustavo Santos de Toledo**

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 05/07/2018 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

**Prof. Dra.: Loana Nunes Velasco, UnB/ FGA**  
Orientadora

---

**Prof. Dr.: Alex Reis, UnB/ FGA**  
Membro Convidado

---

**Prof. Dra.: Paula Meyer Soares, UnB/ FGA**  
Membro Convidado

Brasília, DF  
2018

Esse trabalho é dedicado a todas as pessoas que acreditam que a educação é o caminho certo para fazer do nosso mundo um lugar melhor.

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por me dar forças durante todos esses anos, me dar lucidez e sabedoria para fazer as escolhas corretas.

Agradeço à minha família, minha mãe Nilcéia, meu pai William e meu irmão Gabriel. São as pessoas mais importantes da minha vida e que estiveram sempre ao meu lado nessa caminhada, sempre depositaram confiança em mim e estavam sempre por perto para não deixar que eu desanimasse.

Agradeço a todos os parentes, tios, primos, avós que também estiveram ao meu lado me dando forças para seguir em frente. Aos amigos que também não desistiram do meu sonho. Agradeço também aos amigos que fiz durante minha graduação, em cada matéria cursada, cada trabalho em grupo, cada atividade, foram construindo o profissional que estou me tornando.

Quero agradecer também a mulher que esteve sempre ao meu lado durante a minha graduação, Cecília de Oliveira. A pessoa que sempre confiou em mim e que foi/é extremamente importante na minha vida. Obrigado por cada momento.

Agradeço especialmente a todos os amigos e amigas que participaram comigo da Empresa Júnior Matriz Engenharia de Energia e que vou levar para o resto da vida. Uma experiência engrandecedora que me fez enxergar o mundo de forma diferente e que indico para todos que me perguntam. Minha eterna Família Matriz.

Agradeço ao professor que me orientou na primeira etapa desse trabalho, Alex Reis. Obrigado por toda a disponibilidade e por cada ensinamento. Obrigado pela confiança no meu trabalho.

Agradeço à minha professora orientadora, Loana Nunes, por toda a paciência e conselhos dados. Obrigado por contribuir de maneira especial para a minha formação.

Obrigado a todos!

## RESUMO

A redução do consumo de energia elétrica em edifícios é uma preocupação constante de políticas energéticas no mundo todo desde meados do século XX. No Brasil, o Plano Nacional de Eficiência Energética estabelece metas ambiciosas de economia de energia para as próximas décadas. Neste cenário, o Programa Brasileiro de Etiquetagem surge como instrumento importante para a estratégia do governo. O presente trabalho tem como objetivo identificar o nível atual de desempenho energético do edifício sede da FINATEC de acordo com o PBE Edifica e propor melhorias no sistema a fim de se obter a melhor classificação possível. O processo de etiquetagem seguiu o Regulamento Técnico da Qualidade para edificações comerciais, de serviços e públicas, através do método prescritivo de análise. A etiqueta geral do prédio antes e depois das melhorias foi simulada através da plataforma WebPrescritivo, desenvolvida pelo Núcleo de Pesquisa em Construção da UFSC. O edifício atual alcançou o nível "D", e com a implementação das mudanças propostas, o edifício alcançou o nível "B". Os resultados encontrados mostram que o investimento necessário para modernizar o prédio é alto, mas é viável, chegando a se pagar em menos de um ano.

**Palavras-chave:** Eficiência energética. PBE Edifica. Método prescritivo.

## ABSTRACT

Reducing energy consumption in buildings has been a constant concern of energy policies around the world since the mid-twentieth century. In Brazil, the National Energy Efficiency Plan sets ambitious energy-saving targets for the coming decades. In this scenario, the Brazilian Labeling Program emerges as an important tool for government strategy. The present work aims to identify the current level of energy performance of the headquarters building of FINATEC according to the PBE Edifica and propose improvements in the system in order to obtain the best possible classification. The labeling process followed the Technical Regulation of Quality for commercial, service and public buildings, through the prescriptive method of analysis. The general etiquette of the building before and after the improvements was simulated through the WebPrescritivo platform, developed by the Nucleus of Research in Construction of UFSC. The current building has reached the "D" level, and with the implementation of the proposed changes, the building has reached level "B". The results show that the investment needed to modernize the building is high, but it is feasible, even paying in less than a year.

**Keywords:** Energy efficiency. PBE Edifica. Prescriptive method.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Resultados do PROCEL.....	17
Figura 2 ENCE de edificação construída. ....	18
Figura 3 Procedimento do método de simulação. ....	19
Figura 4 Selo Procel para lâmpadas LED. ....	22
Figura 5 Equação geral. ....	27
Figura 6 Classificação numérica de cada etiqueta. ....	28
Figura 7 Fluxograma para determinação do indicador de consumo.....	30
Figura 8 Indicador de consumo calculado.....	32
Figura 9 Vista aérea da FINATEC.....	39
Figura 10 ENCE da envoltória simulada no WebPrescritivo. ....	41
Figura 11 Redução percentual de potência instalada por bloco.....	44
Figura 12 ENCE da iluminação simulada no WebPrescritivo.....	44
Figura 13 ENCE do condicionamento de ar simulada no WebPrescritivo.....	45
Figura 14 ENCE geral simulada no WebPrescritivo.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Combinações de análise da edificação. ....	20
Tabela 2 Níveis de iluminância por classe de tarefas visuais. ....	21
Tabela 3 Metodologias do PIMVP. ....	23
Tabela 4 Parâmetros do IC máximo. ....	31
Tabela 5 Parâmetros do IC mínimo. ....	32
Tabela 6 Relação entre pré-requisitos e nível de eficiência. ....	33
Tabela 7 Descrição da unidade consumidora. ....	38
Tabela 8 Características da envoltória. ....	40
Tabela 9 Valores de transmitância térmica e absorvância. ....	40
Tabela 10 Divisão dos blocos por categoria de atividade. ....	42
Tabela 11 Densidade de potência instalada limite de cada bloco. ....	42
Tabela 12 ENCEs parciais atuais da edificação. ....	46
Tabela 13 Contagem de lâmpadas atuais. ....	47
Tabela 14 Características das luminárias propostas. ....	48
Tabela 15 Contagem de ar-condicionados. ....	50
Tabela 16 Consumo energético do sistema de cond. de ar atual. ....	51
Tabela 17 Consumo energético do sistema de cond. de ar proposto. ....	52
Tabela 18 Economia energética do sistema de iluminação. ....	53
Tabela 19 Economia energética do sistema de condicionamento de ar. ....	54
Tabela 20 Orçamento do sistema de iluminação. ....	55
Tabela 21 Orçamento do sistema de condicionamento de ar. ....	55
Tabela 22 Economia anual. ....	55
Tabela 23 Fluxo de caixa. ....	56
Tabela 24 Potência do sistema de iluminação separado por tipo de atividade. ....	57
Tabela 25 Comparativo de etiquetagens. ....	57

## LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
DPI	Densidade de Potência de Iluminação
DPIL	Densidade de Potência de Iluminação Limite
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EVO	<i>Efficiency Valuation Organization</i>
FINATEC	Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
IC	Indicador de Consumo
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance
PNEF	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UnB	Universidade de Brasília

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	<b>11</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1. ASPECTOS GERAIS.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS NO BRASIL</b> .....	<b>17</b>
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	17
2.2. O PBE EDIFICA.....	18
2.3. ILUMINAÇÃO DE EDIFÍCIOS.....	20
2.4. MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO.....	22
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
3.1. ENVOLTÓRIA.....	29
3.2. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	32
3.2.1 Método da área do edifício.....	33
3.2.2 Método das atividades do edifício.....	34
3.3. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	35
3.4. LUMINOTÉCNICO.....	36
3.4. MEDIÇÃO & VERIFICAÇÃO.....	37
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>38</b>
4.1. DESCRIÇÃO GERAL DA EDIFICAÇÃO.....	38
4.2. AVALIAÇÃO DO NÍVEL ATUAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	39
4.2.1 Envoltória.....	39
4.2.2 Iluminação.....	41
4.2.3 Condicionamento de ar.....	44
4.2.4 ENCE geral.....	45
4.3. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO.....	47
4.3.1 Equipamentos.....	47
4.3.2 Luminotécnico.....	49
4.4. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR PROPOSTO.....	50
4.4.1 Equipamentos.....	50
4.5. REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA.....	52
4.6. ANÁLISE FINANCEIRA.....	55
4.7. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APÓS MUDANÇAS.....	56
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>59</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>61</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>65</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>72</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. ASPECTOS GERAIS

O nível de desenvolvimento de um país está diretamente ligado ao consumo per capita de energia elétrica de seus habitantes. Porém, essa relação não se faz mais tão evidente nos relatórios de balanço energético de países considerados desenvolvidos, nestes países a idéia de crescimento sustentável já é uma realidade, onde o avanço tecnológico busca produzir mais necessitando de menos recursos energéticos, financeiros e humanos.

Reduzir o consumo de energia em edifícios se tornou uma tendência mundial desde meados do século XX. Em 1990, Portugal lançou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que se tornou um marco significativo para a melhoria do conforto térmico das construções do país (LAMBERTS, 2010). Na França, as empresas que desejam investir na conservação de energia recebem apoio na área técnica do governo desde 2003.

Em 2004, o governo alemão decidiu implementar um sistema de regulação e certificação de indústrias buscando diminuir o volume de emissões de gases de efeito estufa em 80% até 2050, em comparação com os números de 1990. Tal sistema foi motivado por políticas internas da União Européia e os certificados são emitidos por fundações credenciadas pelo governo (PROCEL INDÚSTRIA, 2012). Outro objetivo estratégico da Alemanha é de reduzir continuamente o consumo de energia e elevar o nível de eficiência energética nas indústrias. A indústria alemã adotou como prática comum o sistema internacional de gestão ambiental ISO 14001, contando com mais de 6.000 empresas certificadas até 2016 (MADRUGA, 2015).

Em todos os países, as diretrizes das suas políticas de eficiência energética tomam caminhos diferentes, mas todas possuem o objetivo em comum. De acordo com o plano nacional de eficiência energética esse objetivo é definido como: atender às necessidades da economia com o menor impacto da natureza, modificando e aperfeiçoando ações em diversos setores da cadeia energética, desde a geração até o consumo final (MME, 2011).

Avanços na área de eficiência energética podem ser provenientes de dois progressos diferentes: progresso autônomo e o progresso induzido. O progresso autônomo acontece espontaneamente e se dá por iniciativa do mercado, já o progresso induzido requer estímulos governamentais para acontecer, estes estímulos

podem surgir de reduções da carga fiscal de determinados equipamentos ou implementação de programas nacionais de conscientização (MME, 2011).

No Brasil, em 2001, foi aprovada no Congresso a Lei número 10.295, apelidada de Lei de Eficiência Energética. Na época o governo entendeu que a melhora na qualidade dos equipamentos elétricos comercializados no país precisava de incentivos para acontecer. Esta lei estimula o desenvolvimento tecnológico e a preservação ambiental, ela determina níveis de eficiência energética a serem atingidos, desde eletrodomésticos até edifícios, posteriormente em 2013, com a aprovação da etiquetagem compulsória para prédios que possuem sua administração vinculada ao governo federal, estadual ou municipal (PROCEL INFO, 2014).

Em 2011 o Ministério de Minas e Energia aprovou o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF) com a finalidade de incluir as metas de eficiência do Plano Nacional de Energia dentro do planejamento do setor energético brasileiro.

Todas as medidas apresentadas acima contribuem de certa forma para amenizar o momento de recessão econômica que vive o Brasil. No ano de 2016 a oferta interna de energia no Brasil sofreu uma queda de 3,8% em relação a 2015 (EPE, 2017), em contrapartida, as iniciativas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) obtiveram uma economia energética de 15,15 bilhões de kWh no mesmo período, representando 3,29% do consumo total de eletricidade do Brasil (PROCEL, 2017).

O setor de edificações no Brasil consome aproximadamente 46,9% da energia elétrica gerada no Brasil, evidenciando a importância de se implementar um programa de eficiência energética voltada para edifícios (PESSOA, 2013). A meta do Plano Nacional de Energia de se atender 10% da demanda do país por meio da conservação de energia depende do sucesso de programas como o PBE Edifica (EPE, 2006).

Em virtude da relevância de se implementar programas de conservação de energia em edifícios, este trabalho de conclusão de curso busca realizar uma revisão bibliográfica acerca do Programa Brasileiro de Etiquetagem para edifícios, aplicando o método de análise prescritivo no edifício sede da FINATEC, localizado na Universidade de Brasília, analisando o sistema de envoltória, sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Realizar o estudo de etiquetagem PBE Edifica aplicado aos sistemas de iluminação e condicionamento de ar do edifício sede da FINATEC (Fundação de empreendimentos científicos e tecnológicos), no campus universitário Darcy Ribeiro, fazendo uso do método prescritivo de análise.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar conceitos de eficiência energética;
- Identificar iniciativas governamentais relacionadas à eficiência energética em países considerados desenvolvidos;
- Apresentar conceitos utilizados em processos de etiquetagem PBE Edifica;
- Aplicar a metodologia prescritiva do Regulamento técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (RTQ-C);
- Propor melhorias no sistema de iluminação e condicionamento de ar do edifício sede da FINATEC;
- Caracterizar a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) parcial da envoltória, do sistema de iluminação, do sistema de condicionamento de ar e a ENCE geral do edifício sede da FINATEC, antes das mudanças propostas;
- Caracterizar a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do sistema de iluminação, do sistema de condicionamento de ar e a ENCE geral do edifício sede da FINATEC, após as mudanças propostas;
- Determinar a viabilidade técnica e financeira das mudanças propostas.

## 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos e um anexo. No primeiro capítulo são apresentados os objetivos do trabalho, bem como uma contextualização do tema e sua importância. Também é detalhada a estrutura do trabalho com um breve resumo do seu conteúdo.

O segundo capítulo faz uma revisão bibliográfica relacionada à etiquetagem de edifícios e o Programa Brasileiro de etiquetagem, identificando seus principais conceitos. Neste capítulo também é apresentado o Regulamento técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas, com o detalhamento maior do método prescritivo de etiquetagem e apresentação das principais fórmulas utilizadas. Também é apresentado o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP).

O terceiro capítulo detalha a metodologia utilizada no presente trabalho. Cada etapa do processo de etiquetagem pelo método prescritivo é apresentada neste capítulo, totalmente baseado no regulamento técnico do mesmo. Também é apresentada a metodologia utilizada no projeto luminotécnico do edifício, bem como o método indicado para realizar a sua medição e verificação de performance.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos no processo de etiquetagem do edifício utilizado no presente trabalho identificando todas as estimativas utilizadas e simulações executadas. Os resultados foram divididos de acordo com os subsistemas analisados: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. O Capítulo também apresenta as alterações propostas para a edificação, a análise de sua viabilidade e a etiqueta que pode ser obtida após a implementação das mudanças indicadas.

O quinto capítulo traz as considerações finais acerca do presente trabalho de conclusão de curso e as conclusões geradas com o desenvolvimento do mesmo.

O sexto capítulo descreve as referências bibliográficas utilizadas no presente estudo.

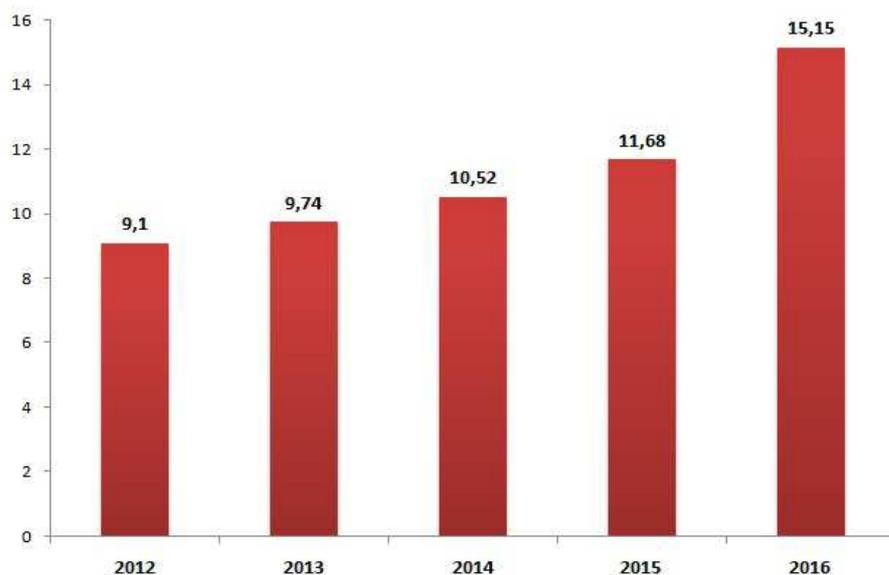
## 2 ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS NO BRASIL

### 2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na década de 70, com o aumento do valor do barril de petróleo, a diversificação da matriz energética brasileira se tornou uma prioridade para o governo. Com isso foram criados vários programas de incentivo às fontes alternativas tais como o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) em 1975 e o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural (CONPET) em 1991.

O programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foi criado em 1985. Executado pela Eletrobrás e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), o programa busca promover o uso consciente de energia elétrica combatendo o seu desperdício em seis áreas de atuação: equipamentos eletrodomésticos, iluminação pública, indústria e comércio, poder público, edificações e conhecimento qualificado (PROCEL INFO, 2017).

Ao longo dos seus mais de 20 anos de existência, estima-se que a energia economizada através do PROCEL foi da ordem de 107 bilhões de quilowatt – hora. O gráfico da Figura (1) mostra a curva crescente de economia de energia proveniente dos programas do PROCEL nos últimos cinco anos, os valores de energia estão em bilhões de kWh (PROCEL, 2017).



**Figura 1** Resultados do PROCEL.  
Adaptado de: PROCEL, 2017.

## 2.2. O PBE EDIFICA

O programa Brasileiro de Etiquetagem é composto por 38 programas de avaliação de conformidade, esses programas possuem diferentes objetos de estudo, que vão desde eletrodomésticos até veículos e edificações. O programa brasileiro de etiquetagem de edifícios foi criado em parceria entre o Inmetro e o PROCEL. As etiquetas representam um selo de conformidade do estabelecimento perante requisitos de desempenho de eficiência energética, esta etiqueta é denominada Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE. De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética, até 2030 todas as edificações deverão adotar o sistema de etiquetagem, incluindo edificações residenciais (PBE EDIFICA, 2017).

A ENCE é a forma de classificação da edificação perante requisitos pré-estabelecidos. A etiqueta é dividida em faixas coloridas e determinam “A” como classificação mais eficiente e “E” como classificação menos eficiente. O edifício pode receber dois tipos diferentes de ENCE: a ENCE de projeto e a ENCE de edificação construída, que é destacada na parte superior da etiqueta, como demonstrado na Figura (2) (PROCEL INFO, 2017).



**Figura 2** ENCE de edificação construída.  
 Fonte: PROCEL INFO, 2017.

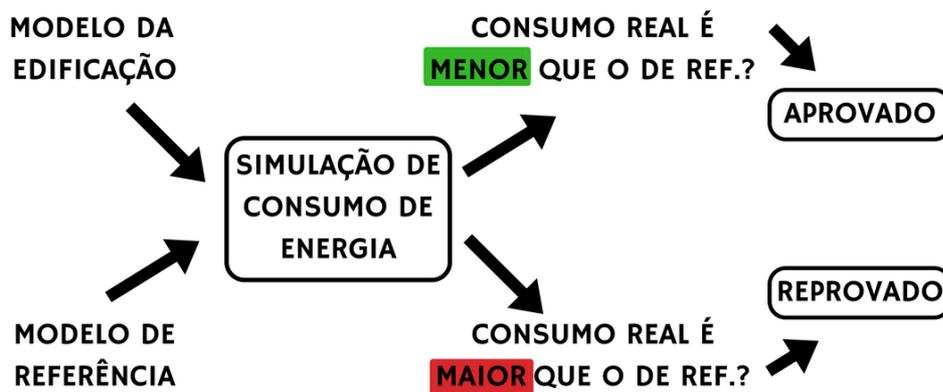
O nível de eficiência do edifício é determinado através da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios

Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O RTQ-C é um conjunto de normas que esclarecem eventuais dúvidas relacionadas à etiquetagem e apresenta os procedimentos básicos para que o edifício alcance os melhores níveis de eficiência (E-LETROBRÁS, 2016).

Todo proprietário de edifícios pode solicitar que seu empreendimento seja etiquetado através de uma inspeção realizada por um Organismo de Inspeção Acreditado pelo Inmetro, os chamados OIAs. Atualmente no Brasil existem três OIAs com situação de cadastro ativa e que podem realizar o processo de etiquetagem (INMETRO, 2017).

Existem duas formas de se etiquetar uma edificação, através do método prescritivo ou através do método de simulação computacional. O método prescritivo será apresentado e detalhado posteriormente, o método de simulação computacional normalmente é aplicado no processo de obtenção da ENCE de projeto por possibilitar que o arquiteto realize grandes modificações na estrutura do edifício antes de começar sua construção.

No método de simulação, o arquiteto compara o consumo de energia anual da edificação proposta com o consumo de uma edificação de referência em eficiência energética, levando em consideração as variações climáticas da localidade, bem como os hábitos de rotina das pessoas que freqüentam o edifício (MMA, 2015). O método de simulação não é tão praticado pelos OIAs por conta do preço e prazo serem mais elevados em comparação com o método prescritivo. O diagrama a seguir exemplifica o procedimento do método de simulação.



**Figura 3** Procedimento do método de simulação.  
Adaptado de: MMA, 2015.

O manual do RTQ-C determina as combinações de análise aceitas num processo de etiquetagem. O organismo de inspeção, juntamente com o proprietário do edifício, deve optar por uma das combinações listadas na Tabela (1) a seguir. A combinação escolhida para o presente trabalho foi a primeira, onde os sistemas são analisados pelo método prescritivo.

**Tabela 1** Combinações de análise da edificação.

<b>Envoltória</b>	<b>Sistema de Iluminação</b>	<b>Sistema de condicionamento de ar</b>
Método prescritivo	Método prescritivo	Método prescritivo
Método simulação	Método simulação	Método simulação
Método simulação	Método prescritivo	Método prescritivo

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

### 2.3. ILUMINAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Desde o final do século XX o conceito “edificações de alto desempenho” tem ganhado espaço no cenário mundial, principalmente nos debates sobre eficiência energética. Um edifício que possui um grau de desempenho elevado deve proporcionar para os seus usuários o maior grau de conforto possível, de modo a maximizar a sua produtividade. Entretanto, para o cenário energético, uma edificação de alto desempenho deve proporcionar todo esse benefício com um baixo custo operacional e energético agregado (CYNTHIA, 2007).

O grande desafio arquitetônico dos dias atuais está em conciliar a iluminação natural com a iluminação artificial, pois a luz artificial permite ao homem utilizar o interior do edifício também durante a noite. Sabe-se que o consumo energético principal dentro de um prédio está no seu sistema de iluminação e refrigeração artificial, isso ressalta ainda mais a importância de se obter um sistema de iluminação corretamente dimensionado. (LAMBERTS, 2014)

O dimensionamento de um sistema de iluminação artificial é realizado através de um estudo luminotécnico. Nesse estudo se analisa a atividade que será realizada em determinado local de trabalho e se propõe um sistema de iluminação adequado,

de acordo com as diretrizes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para assegurar que os ambientes de trabalho forneçam um conforto mínimo para os usuários foi estabelecida a NBR 5413, “Iluminância de Interiores”. Essa norma apresenta uma tabela de iluminância recomendada dividida por classes de tarefas visuais. A Tabela (2) a seguir resume as informações presentes na norma.

**Tabela 2** Níveis de iluminância por classe de tarefas visuais.

<b>CLASSE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>ILUMINÂNCIA (lux)</b>
A	Iluminação geral para áreas usadas intermittentemente ou com tarefa visu- ais simples	De 20 a 500
B	Iluminação geral para área de traba- lho	De 500 a 2000
C	Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	De 2000 a 20000

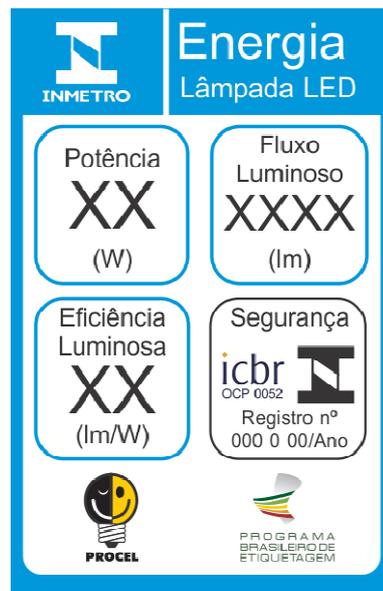
Fonte: NBR 5413 (1992)

A classe A abrange a iluminação de áreas públicas, áreas que não são utilizadas continuamente, depósitos, auditórios, corredores, áreas externas e locais que possuem tarefas com requisitos visuais limitados. A classe B abrange os locais que possuem tarefas com requisitos visuais normais, tais como indústrias e salas de escritório, é o tipo de classe mais encontrada no estudo de caso do presente trabalho. A classe C abrange os locais onde são exercidas tarefas de alta precisão ou de uso prolongado, tais como centros cirúrgicos ou indústrias relacionadas à microeletrônica. (NBR 5413, 1992)

Os projetos luminotécnicos, além de proporcionar conforto e segurança para os usuários, também devem indicar a melhor opção custo-benefício para o dono do edifício. As lâmpadas que serão instaladas devem ser duráveis e consumir a menor quantidade de energia possível, além de proporcionar uma maior segurança para o sistema elétrico do edifício, convertendo a energia elétrica em energia luminosa com uma maior qualidade. No mercado existem lâmpadas com diferentes tipos de tecnologia empregada, entretanto, a que mais se adéqua ao conceito “alto desempenho” são as lâmpadas LED.

As lâmpadas LED são diodos emissores de luminosidade, são componentes eletrônicos que emitem luz com uma eficiência luminosa maior que os outros tipos de lâmpada. Uma lâmpada LED de 9 watts geralmente emite a mesma quantidade de fluxo luminoso que uma lâmpada incandescente de 60 watts ou uma lâmpada fluorescente compacta de 15 watts. Com relação à vida útil do equipamento, as lâmpadas de LED chegam a durar vinte e cinco vezes mais que uma lâmpada incandescente e quatro vezes mais que a fluorescente (INMETRO, 2016).

Todas as vantagens citadas acima fazem as lâmpadas LED terem quase sempre prioridade num projeto luminotécnico que preza pela eficiência. Apesar de ter o custo mais elevado que outros tipos de lâmpadas, o LED oferece uma economia de longo prazo para o consumidor através da redução do consumo de energia, e uma garantia de eficiência através da certificação de qualidade aferida pelo Selo Procel. Desde Janeiro de 2018 é proibida a venda de lâmpadas LED sem o Selo Procel (CODLUX, 2018).



**Figura 4** Selo Procel para lâmpadas LED.

Fonte: <http://codlux.blogspot.com/2018/01/lampada-led-com-inmetro-vale-partir-de.html>

## 2.4. MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

O que determina o sucesso de um projeto de eficiência energética é o seu impacto no ecossistema do edifício. Após a implementação de uma medida de eficiência energética, a mesma deve passar por um processo de validação chamado de Medição e Verificação (M&V). A medição e verificação é uma auditoria feita através

de um planejamento de coleta de dados, onde é possível determinar a real economia energética proporcionada pelo projeto.

No Brasil já existem incentivos governamentais para a expansão da prática de M&V. De acordo com a lei 9.991 de Julho de 2000, as concessionárias de energia elétrica dos estados brasileiros devem destinar 0,5% da sua receita operacional líquida (ROL) em programas de eficiência energética autorizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica. Um dos requisitos solicitados pela ANEEL é que o projeto possua um plano de M&V bem estruturado, o que contribui para o êxito do projeto e maximiza os resultados (MME, 2011).

Reconhecido internacionalmente, o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) serve como documento norteador das ações de medição e verificação aplicadas no Brasil. A primeira edição do PIMVP foi publicada em março de 1996 e desde então vem sendo atualizada e adequada aos novos padrões de construção e arquitetura (EVO, 2011)

O PIMVP busca atrair investimentos em M&V através da padronização dessas ações, servindo como instrumento de garantia para os empresários. Embora cada projeto de eficiência energética tenha sua singularidade, o PIMVP definiu a existência de quatro métodos diferentes de análise. A escolha do método a ser utilizado no projeto deve levar em consideração a abrangência das medições, o grau de precisão esperado e o custo que o gestor está disposto a entregar ao projeto (EVO, 2011).

O PIMVP não estabelece uma regra para cada tipo de projeto, devendo partir do engenheiro responsável a escolha da metodologia aplicada. A Tabela (3) a seguir resume as quatro metodologias indicadas pelo PIMVP.

**Tabela 3** Metodologias do PIMVP.

<b>Metodologia - PIMVP</b>	<b>Descrição</b>	<b>Forma de cálculo</b>	<b>Tipos de aplicações</b>
<b>Opção A: medição isolada dos parâmetros-chave da ação</b>	A economia é determinada in loco através da medição dos parâmetros-chave. Estes parâmetros	Cálculo de engenharia do período de referência e do consumo a partir das medições e estima-	Uma ação de eficiência energética na iluminação, onde a energia requerida é o parâmetro-

	<p>definem o uso de energia dos sistemas afetados.</p> <p>A frequência de medição depende das variações esperadas e do período de determinação da economia.</p> <p>Os parâmetros não medidos são estimados baseando-se nos dados históricos.</p>	<p>tivas realizadas.</p>	<p>chave e o horário de funcionamento é estimado.</p>
<p><b>Opção B: medição isolada de todos os parâmetros da ação</b></p>	<p>A economia é determinada in loco através da medição de todos os parâmetros.</p> <p>Estes parâmetros definem o uso de energia dos sistemas afetados.</p> <p>A frequência de medição depende das variações esperadas e do período de determinação da economia.</p>	<p>Cálculo de engenharia do período de referência e do consumo a partir das medições realizadas.</p>	<p>Instalação de inversores de frequência em motores.</p>
<p><b>Opção C: toda a instalação</b></p>	<p>A economia de energia é determinada pela medição do consumo de energia de toda a</p>	<p>É realizada a análise dos dados medidos no período de referência e</p>	<p>Utilizados em programas de gestão energética com mais de um foco.</p>

	<p>instalação.</p> <p>As medições são efetuadas durante todo o período de determinação da economia.</p>	<p>comparados com o período de determinação da economia.</p>	
<p><b>Opção D: simulação calibrada</b></p>	<p>A economia é determinada através da simulação do consumo da instalação.</p> <p>Essa opção normalmente é a que requer maior investimento por necessitar de uma mão de obra mais qualificada.</p>	<p>Simulação do consumo de energia, calibrada com o histórico de dados da instalação.</p>	<p>Programas de gestão realizados em locais onde não existiam dados de medição do período de referência.</p>

Fonte: (EVO, 2011)

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo servirá para apresentar o método prescritivo de análise, que será o método utilizado no presente trabalho para determinar a ENCE parcial da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar do edifício sede da FINATEC.

O RTQ-C é explicado de forma detalhada através do seu manual de aplicação elaborado pela Eletrobrás/PROCEL para a etiquetagem de edifícios comerciais, de serviços e públicos. Este manual de aplicação será a referência principal para o prosseguimento do trabalho. O manual detalha todos os tópicos que devem ser abordados para uma correta etiquetagem e esclarece possíveis dúvidas sobre a metodologia de cálculo dos vários índices de desempenho.

O RTQ-C é dividido em três sistemas que são estudados de forma independente: a envoltória (que se remete às características físicas do prédio), o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar. Cada sistema estudado gera um coeficiente particular que pode variar de 1 a 5, e recebe pesos distribuídos da seguinte forma:

- Envoltória: 30%
- Sistema de Iluminação: 30%
- Sistema de Condicionamento de Ar: 40%

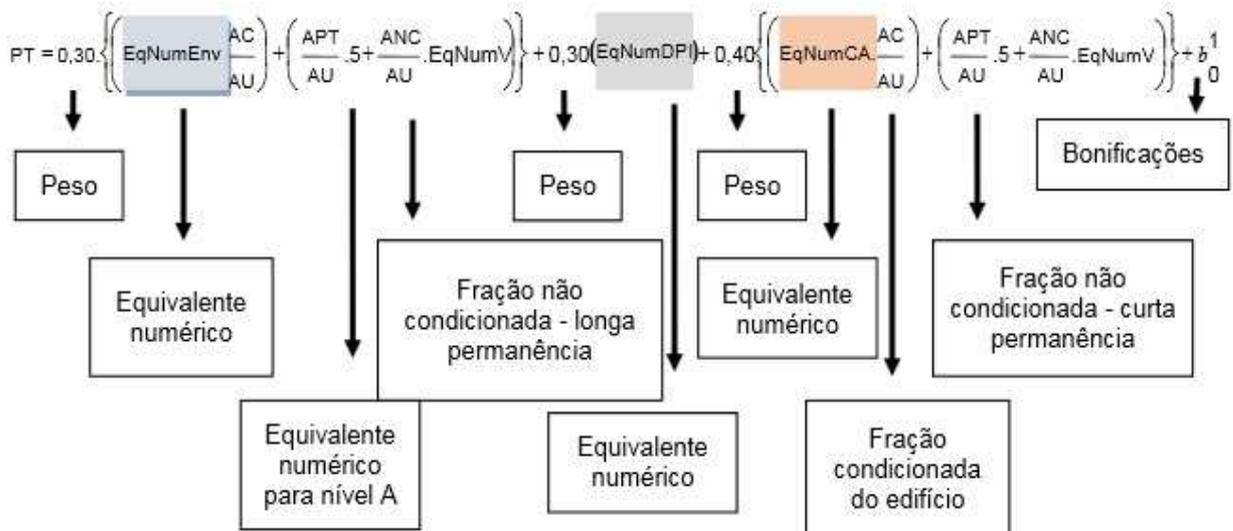
O coeficiente particular da envoltória está atrelado a várias características construtivas do edifício tais como: orientação de fachadas, área total, fachada, iluminação zenital e volume da edificação. Atualmente, equipes de arquitetos e engenheiros civis trabalham as novas construções de forma a atender da melhor maneira os requisitos do RTQ-C, pois se torna mais viável do ponto de vista econômico modificar o projeto de um edifício do que realizar um *retrofit* posteriormente. *Retrofit* é o termo utilizado para representar um processo de modernização de uma edificação, seja com a finalidade de valorizar edifícios antigos, seja com a finalidade de reduzir seu consumo energético (MORAES, 2012).

O coeficiente particular do sistema de iluminação é determinado através do cálculo da densidade de potência instalada (DPI), que corresponde à soma da potência da iluminação artificial de determinada área, dada em  $W/m^2$ . O cálculo da densidade de potência instalada pode ser feito pelo método da área ou através do

método das atividades. O método da área da edificação deve ser utilizado quando o imóvel possuir no máximo três atividades principais diferentes ou quando as atividades ocupam mais de 30% de sua área total. O método de avaliação das atividades é utilizado quando o método da área não pode ser aplicado, este método estuda cada ambiente do edifício separadamente de acordo com o tipo de atividade exercida e sua respectiva densidade de potência instalada limite (DPIL), os valores de DPIL são tabelados de acordo com o manual de aplicação do RTQ-C (ELETROBRÁS, 2016).

O coeficiente particular do sistema de condicionamento de ar é determinado através da ponderação da sua etiqueta de eficiência energética, emitida pelo Inmetro, ou através do cálculo da carga térmica correspondente caso o aparelho não possua certificação de rendimento energético ou para edifícios que possuam sistema de ar condicionado central (MMA, 2015).

Para a estimativa da ENCE geral do edifício é necessário que o Organismo de Inspeção tenha em mãos as características dos três sistemas citados anteriormente para utilizar a equação geral ilustrada na Figura (4), disponível no manual de aplicação do RTQ-C.



**Figura 5** Equação geral.  
Fonte: ELETROBRÁS, 2016 p. 69.

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 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 variando de zero a 1.

De acordo com o desempenho obtido nas pontuações enumeradas na figura acima, o edifício recebe uma classificação numérica que pode variar de 1 a 5. Cada classificação numérica recebe sua etiqueta correspondente, de acordo com o exposto na Figura (5).

ETIQUETA	PONTOS
<b>A</b>	<b><math>\geq 4,5</math> a <math>5</math></b>
<b>B</b>	<b><math>\geq 3,5</math> a <math>&lt; 4,5</math></b>
<b>C</b>	<b><math>\geq 2,5</math> a <math>&lt; 3,5</math></b>
<b>D</b>	<b><math>\geq 1,5</math> a <math>&lt; 2,5</math></b>
<b>E</b>	<b><math>&lt; 1,5</math></b>

**Figura 6** Classificação numérica de cada etiqueta.  
Adaptado de ELETROBRÁS, 2016.

Os tópicos a seguir detalham as especificações e metodologia de cálculo de cada sistema separadamente.

### 3.1. ENVOLTÓRIA

A envoltória são todos os elementos construtivos que estão em contato direto com o meio externo da edificação e que realizam a divisão física entre ambientes internos e externos. Paredes, fachadas, teto e piso são elementos que podem compor a envoltória de um prédio, desde que estejam em contato com o meio exterior ou em contato com outro prédio (MMA, 2015).

A envoltória deve atender a alguns pré-requisitos específicos deste sistema para atingir o nível de eficiência almejado, quanto maior for o nível pretendido mais requisitos deverão ser atendidos. Os pré-requisitos da envoltória são: transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital (ELETROBRÁS, 2016).

A transmitância térmica pode ser entendida como a capacidade de determinado ambiente trocar calor durante um determinado período de tempo, normalmente seus dados são identificados em  $W/m^2K$ . Os valores de transmitância térmica máxima para coberturas e paredes exteriores são tabelados de acordo com a região do país onde se encontra a edificação e sua análise também pode variar entre ambientes condicionados e não condicionados (MMA, 2015).

A absorvância de uma tinta ou revestimento normalmente é medida pelo Organismo de Inspeção, mas também é possível encontrar seus valores aproximados em tabelas de fabricantes. O uso de tabelas não é recomendado para paredes que foram repintadas ou tiveram mais de uma tinta misturada. De forma resumida, quanto maior o valor da absorvância maior será o calor retido no interior do ambiente (ELETROBRÁS, 2016).

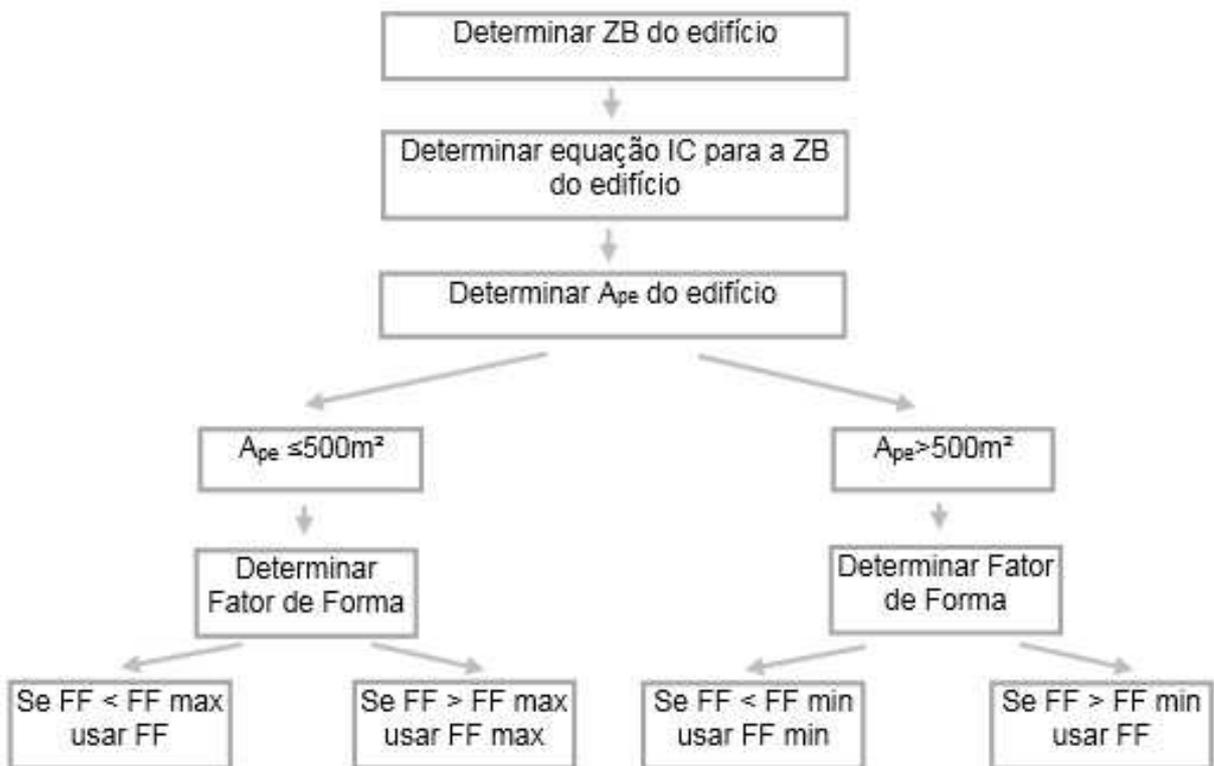
A iluminação zenital é aquela iluminação que provém diretamente do céu, e entra como outro pré-requisito para a envoltória. Uma iluminação zenital proporciona maior luz natural ao ambiente com a utilização de clarabóias ou domos de vidro. Essa estratégia arquitetônica promove uma economia com iluminação artificial para o edifício. O cuidado que deve ser tomado é para que a iluminação zenital não provoque um aumento na carga térmica por radiação solar (ELETROBRÁS, 2016).

Após a análise de todos os pré-requisitos, deve-se determinar o indicador de consumo da envoltória ( $IC_{env}$ ), que corresponde ao impacto dos elementos construtivos no consumo energético da edificação. A metodologia de cálculo do  $IC_{env}$  varia de região para região dentro do território brasileiro, devido ao seu tamanho e biodiversi-

dade. A norma NBR 15220 estabelece a divisão do território brasileiro em zonas bioclimáticas, e essa divisão é utilizada no RTQ-C, no total são 8 zonas bioclimáticas distribuídas pelo país (LAMBERTS, 2013).

A NBR 15220 também estabelece uma diferença de análise para edifícios de tamanhos variados. A norma estabelece uma equação de  $IC_{env}$  para edifícios que possuem área de projeção ( $A_{pe}$ ) menor ou igual a  $500\text{ m}^2$ , e outra equação de  $IC_{env}$  para edifícios com área de projeção maior que  $500\text{ m}^2$ . Outra diferença entre as duas equações está na variável denominada Fator de Forma (calculado através da razão entre a área da envoltória e o volume da edificação), as equações para  $A_{pe}$  maiores que  $500\text{ m}^2$  possuem um Fator de Forma mínimo permitido, e as equações para  $A_{pe}$  menores que  $500\text{ m}^2$  possuem um Fator de Forma máximo permitido (ELETROBRÁS, 2016).

A Figura (6) abaixo ilustra um fluxograma de tomada de decisão para a escolha da equação correta do indicador de consumo, este fluxograma foi retirado do manual de aplicação do RTQ-C, página 113.



**Figura 7** Fluxograma para determinação do indicador de consumo.

Fonte: ELETROBRÁS, 2016 p. 113.

Após a escolha da equação do indicador de consumo, deve-se calcular o valor de outras variáveis referentes à geometria do edifício, essas variáveis estão listadas a seguir:

- $A_{pe}$ : área de projeção da edificação ( $m^2$ );
- $A_{pcob}$ : área de projeção da cobertura ( $m^2$ );
- $A_{tot}$ : área total de piso ( $m^2$ );
- $A_{env}$ : área da envoltória ( $m^2$ );
- AVS: ângulo vertical de sombreamento, entre 0 e  $45^\circ$ ;
- AHS: ângulo horizontal de sombreamento, entre 0 e  $45^\circ$ ;
- FF: fator de forma ( $A_{env}/V_{tot}$ );
- FA: fator altura ( $A_{pcob}/A_{tot}$ );
- FS: fator solar;
- $PAF_T$ : percentual de abertura de fachada total (adimensional);
- $V_{tot}$ : volume total da edificação ( $m^3$ ).

Calculadas as variáveis listadas acima, é possível obter o indicador de consumo do edifício. São calculados 3 indicadores de consumo: o indicador real ( $IC_{env}$ ), o indicador mínimo ( $IC_{min}$ ) e o indicador máximo ( $IC_{máx}$ ).

O indicador de consumo real é calculado utilizando os dados de projeto da edificação, normalmente disponíveis nas plantas baixas, desde que o fator de forma não exceda o limite da equação. O indicador de consumo máximo é calculado utilizando a mesma equação do indicador de consumo real, a diferença é que os dados  $PAF_T$ , FS, AVS e AHS utilizados sofrem alteração e assumem os valores mostrados na Tabela (4). De forma semelhante, o indicador de consumo mínimo é calculado utilizando a mesma equação, porém, os dados  $PAF_T$ , FS, AVS e AHS utilizados também sofrem alteração e são mostrados na Tabela (5). Os valores das variáveis  $A_{pe}$ ,  $A_{pcob}$ ,  $A_{tot}$ ,  $A_{env}$ ,  $V_{tot}$ , FF e FA permanecem os mesmos para o cálculo de todos os indicadores de consumo (ELETROBRÁS, 2016).

**Tabela 4** Parâmetros do IC máximo.

<b><math>PAF_T</math></b>	<b>FS</b>	<b>AVS</b>	<b>AHS</b>
0,60	0,61	0	0

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

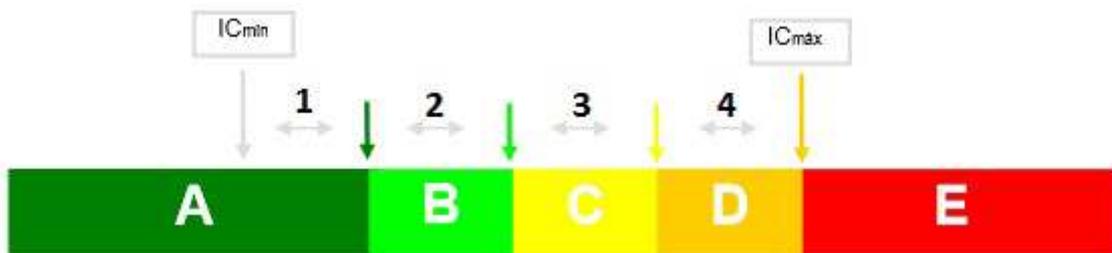
**Tabela 5** Parâmetros do IC mínimo.

<b>PAF<sub>T</sub></b>	<b>FS</b>	<b>AVS</b>	<b>AHS</b>
0,05	0,87	0	0

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

Diferentemente do cálculo do nível de eficiência do sistema de iluminação e condicionamento de ar, os parâmetros da envoltória variam de caso a caso. O parâmetro da envoltória é determinado através dos valores de  $IC_{máx}$  e  $IC_{mín}$ , onde o  $IC_{mín}$  corresponde ao nível de eficiência energética “A”, e o  $IC_{máx}$  corresponde ao limite entre o nível de eficiência “D” e “E”. Portanto, se o indicador de consumo real da envoltória for maior que  $IC_{máx}$ , o nível alcançado pelo edifício foi “E” (ELETROBRÁS, 2016).

A distância numérica entre  $IC_{máx}$  e  $IC_{mín}$  é dividida em quatro partes onde cada intervalo corresponde aos níveis de eficiência “A”, “B”, “C” e “D”. Dependendo do nível alcançado pelo edifício ele é classificado de acordo com os parâmetros calculados para aquela edificação. A Figura (7) a seguir ilustra a disposição que os indicadores de consumo calculados assumem na linha de eficiência energética, note que quanto menor o indicador de consumo do edifício, melhor será sua classificação energética.



**Figura 8** Indicador de consumo calculado.  
Adaptado de ELETROBRÁS, 2016.

### 3.2. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação artificial de um edifício é um componente extremamente importante, pois possibilita a produtividade em horários onde a luz natural não se faz presente, ou em locais distantes de janelas e fachadas. A norma NBR 5413 estabelece níveis considerados seguros de iluminação artificial em ambientes fecha-

dos e é a principal referência para a metodologia de análise desse sistema (ELETROBRÁS, 2016).

Um sistema de iluminação bem dimensionado deve garantir que o trabalho executado em determinado espaço esteja dentro dos níveis mínimos de iluminação e que não agreguem carga térmica considerável ao ambiente a ponto de causar desconforto. O excesso de calor gerado por lâmpadas numa sala pode obrigar o acionamento de ares-condicionados, o que aumentaria o consumo energético do edifício.

Os sistemas de iluminação possuem pré-requisitos necessários para que os níveis elevados de eficiência energética sejam atingidos. Os pré-requisitos incluem divisão dos circuitos de iluminação, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação. Quanto maior o nível de eficiência almejado, maior a quantidade de pré-requisitos a serem atendidos. A Tabela (6) ilustra quais são os pré-requisitos necessários para cada nível de eficiência (MMA, 2015).

**Tabela 6** Relação entre pré-requisitos e nível de eficiência.

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

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

A avaliação do sistema de iluminação pode ser realizada através de dois métodos diferentes: método da área do edifício ou método das atividades do edifício. A escolha do método de avaliação utilizado depende do número de atividades exercidas dentro da edificação. Os dois métodos de avaliação são baseados no limite de potência de iluminação de cada ambiente e serão mais detalhados nos tópicos a seguir.

### **3.2.1 Método da área do edifício**

Este método deve ser utilizado em edifícios que possuam até três atividades principais ou para avaliar áreas onde a atividade exercida preencha mais de 30% da área total do edifício. O método da área determina limites máximos de densidade de potência de iluminação (DPI) em interiores de acordo com o tipo de atividade exerci-

da. Esses limites máximos de DPI são tabelados e anexados no manual de aplicação do RTQ-C. A avaliação de acordo com o método da área deve seguir as seguintes etapas (ELETROBRÁS, 2016):

- Identificar a atividade principal do edifício 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 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;
- 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 equivalente numérico 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.

### **3.2.2 Método das atividades do edifício**

O método das atividades é escolhido quando o método das áreas não é aplicável para a edificação. Neste método os ambientes são avaliados de forma individual através do limite de densidade de potência de iluminação para cada tipo de atividade. Normalmente é utilizado quando se quer efetuar a etiquetagem parcial de um edifício. A aplicação do método das atividades deve seguir os seguintes passos (MMA, 2015):

- Identificar adequadamente as atividades encontradas no edifício;
- Consultar a densidade de potência de iluminação limite (DPIL –  $W/M^2$ ) para cada nível de eficiência para cada uma das atividades;

- 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 equivalente numérico do sistema de iluminação;
- Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o equivalente numérico 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.

### 3.3. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

O sistema de condicionamento de ar é o subsistema que possui maior porcentagem no cálculo da ENCE geral da edificação. Essa proporção maior se deve ao alto consumo energético proveniente dos aparelhos de ar-condicionado e condensadores. Em edifícios comerciais de grande circulação, o sistema de ar-condicionado se torna essencial para promover maior conforto para a clientela e maior competitividade perante locais concorrentes.

Existem dois pré-requisitos para a classificação de um sistema de condicionamento de ar eficiente: o isolamento térmico para os dutos de ar e condicionamento por aquecimento artificial (este último é válido para edifícios que possuem sistema de aquecimento instalado). Os pré-requisitos citados são necessários apenas para o nível de eficiência “A”, os demais níveis podem ser alcançados independente da conformidade com os pré-requisitos (MMA, 2015).

Os sistemas de condicionamento de ar podem ser divididos em dois ramos para análise: condicionadores de ar etiquetados pelo INMETRO ou condicionadores de ar não etiquetados. O método de cálculo do nível de eficiência leva em consideração a etiqueta do equipamento e sua potência, ponderados numa equação geral. Os condicionadores de ar não etiquetados passam por uma análise prévia de eficiência segundo os parâmetros estabelecidos no RTQ-C e recebem uma etiqueta individual equivalente, em seguida é realizado o mesmo cálculo dos condicionadores de ar etiquetados (ELETROBRÁS, 2016).

### 3.4. LUMINOTÉCNICO

O estudo luminotécnico foi realizado com o auxílio do software DIALux EVO, que é um software de design de iluminação profissional desenvolvido pela DIAL. O projeto foi desenvolvido tomando como objeto de avaliação o bloco A, e replicando o resultado para os blocos semelhantes: bloco C, bloco E e bloco G. Os demais blocos e o hall de entrada não passaram pelo mesmo estudo devido à falta de detalhes na planta elétrica e levantamento de cargas disponibilizados.

A metodologia empregada no estudo luminotécnico foi dividida em cinco etapas descritas a seguir:

1. Desenho da edificação: nesta primeira etapa, o bloco da FINATEC foi desenhado em três dimensões, bem como as divisões de salas e corredores. Todas as paredes foram desenhadas seguindo a planta em CAD fornecida pela instituição.
2. Escolha dos tipos de luminárias: nesta etapa foi realizada uma pesquisa de mercado para determinar o modelo de luminária a ser utilizado no projeto. Nesta etapa são introduzidos os catálogos de luminárias no software DIALux. Esse catálogo é fornecido pelo fabricante da luminária e nele estão contidos dados importantes como potência da lâmpada, curva calorimétrica, fluxo luminoso e dimensões geométricas.
3. Distribuição de luminárias: nesta etapa são distribuídas as luminárias da edificação sala por sala. A distribuição deve respeitar o índice de lumens adequado para cada tipo de atividade exercida no local, de acordo com a NBR 5413 mencionada anteriormente.
4. Simulação e ajustes: nesta fase são realizadas as simulações de fluxo luminoso total no interior do ambiente. Eventuais mudanças na configuração do desenho luminotécnico também podem ser feitas.
5. Relatórios e conclusões: na última etapa do estudo são tiradas as conclusões acerca do trabalho com o auxílio de relatórios e cálculos fornecidos pelo próprio software

### 3.4. MEDIÇÃO & VERIFICAÇÃO

O estudo de Medição e Verificação foi feito de acordo com as indicações do PIMVP. Para um projeto de atualização do sistema de iluminação artificial de um edifício, aconselha-se utilizar a opção “A” de estudo. Nesta opção é realizada a medição de alguns parâmetros-chave, e outros parâmetros menos importantes são estimados. Tais estimativas não podem afetar significativamente a economia global esperada na execução do projeto (EVO, 2011).

O parâmetro a ser medido na troca de equipamentos de iluminação da FINATEC será o consumo mensal de energia elétrica desse sistema, e o parâmetro estimado será o horário de funcionamento do prédio (horário comercial).

O cálculo de economia para a opção “A” é feito comparando a energia consumida no período de referência com a energia consumida no período de determinação da economia. O primeiro se refere ao período anterior às alterações do sistema e o segundo se refere ao período subsequente às mudanças. Importante destacar que os dois períodos devem possuir a mesma duração para evitar erros nas medições.

A verificação da instalação deve ser feita de forma rotineira para evitar erros na determinação da economia real. A frequência das verificações pode ser determinada pela probabilidade de alterações no desempenho energético (EVO, 2011).

A determinação dos custos associados à opção “A” deve levar em conta todos os elementos: cálculos de engenharia, estimativas, visitas de inspeção, instalação de medidores, custo da leitura e registro dos dados e confecção do relatório final de M&V do projeto (EVO, 2011).

## 4 RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados obtidos com a etiquetagem do edifício sede da FINATEC utilizando o método prescritivo de análise, método apresentado no capítulo dois e descrito no capítulo três. Algumas breves discussões acerca dos resultados também serão apresentadas.

### 4.1. DESCRIÇÃO GERAL DA EDIFICAÇÃO

A FINATEC é uma instituição de apoio à Universidade de Brasília fundada em 1992 por doze professores da universidade, que promove o desenvolvimento de projetos de caráter científico, tecnológico, educacional e de inovação que atendam de alguma forma às necessidades da sociedade e contribuam para o seu desenvolvimento (FINATEC, 2017).

A sede da FINATEC foi o edifício escolhido para o presente trabalho por estar em concordância com os valores pregados pela empresa de inovação e desenvolvimento. Um bom desempenho energético é uma preocupação constante da diretoria da instituição, pois é sabido que, além de trazer benefícios ambientais, um projeto de eficiência energética gera economia a médio e longo prazo.

A Tabela (7) a seguir apresenta os dados da instituição.

**Tabela 7** Descrição da unidade consumidora.

<b>Nome</b>	Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos - FINATEC
<b>Endereço</b>	Campus Universitário Darcy Ribeiro, Av. L3 Norte, Ed. FINATEC – Asa Norte
<b>Cidade</b>	Brasília
<b>Estado</b>	Distrito Federal
<b>E-mail</b>	FINATEC@FINATEC.org.br
<b>Classificação</b>	Comercial
<b>Ramo de Atividade</b>	Empresarial
<b>Nº de identificação</b>	560.269-6
<b>Subgrupo tarifário</b>	THS-A4 VERDE

Fonte: Velasco, 2017.



**Figura 9** Vista aérea da FINATEC.  
Fonte: Google Maps.

O edifício sede da FINATEC está localizado no Campus Universitário Darcy Ribeiro, na Asa Norte, próximo ao Hospital Universitário. O prédio é dividido em sete blocos e um salão central, e as atividades desenvolvidas são atividades de escritório, restaurante e palestras eventuais. A Figura (9), obtida através do Google Maps, mostra uma vista superior do edifício, onde é possível perceber a sua divisão em blocos.

## 4.2. AVALIAÇÃO DO NÍVEL ATUAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### 4.2.1 Envoltória

O primeiro subsistema analisado foi o de envoltória, e o primeiro passo foi descobrir em qual zona bioclimática a edificação estudada está inserida para identificar a equação correta do indicador de consumo da envoltória. De acordo com a NBR 15220, a região de Brasília está inserida na zona bioclimática quatro.

Em seguida foi possível analisar as plantas do edifício cedidas pela administração da FINATEC. Com isso foi possível obter todos os dados característicos da

envoltória para simular sua etiquetagem. A Tabela (8) apresenta os dados da envoltória que foram obtidos através da planta do local.

**Tabela 8** Características da envoltória.

$A_{tot}$	5618,45 m <sup>2</sup>
$A_{pcob}$	3220,95 m <sup>2</sup>
$A_{pe}$	3220,95 m <sup>2</sup>
$A_{env}$	8426,01 m <sup>2</sup>
$V_{tot}$	26089,69 m <sup>3</sup>
$PAF_T$	11%
AVS	12,09°
AHS	14,98°

Fonte: elaboração própria.

Os dados de transmitância térmica e absorvância das paredes e cobertura da FINATEC foram estimados através de pesquisa em catálogos e artigos relacionados a materiais de construção, e estão dispostos na Tabela (9).

**Tabela 9** Valores de transmitância térmica e absorvância.

Transmitância térmica da cobertura	0,39
Absorvância da cobertura	0,25
Transmitância térmica das paredes	2,43
Absorvância das paredes	0,40

Fonte: ECODHOME, 2011.

Com os dados da zona bioclimática e as características específicas da edificação, foi realizada a simulação da performance energética da envoltória com o auxílio do software online chamado WebPrescritivo. Este software realiza a simulação da ENCE parcial ou geral de edifícios comerciais, de serviços e públicos e está sendo desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

A Figura (10) mostra o resultado da ENCE parcial da envoltória do edifício para os dados mencionados anteriormente. A ENCE obtida foi de nível “A”. O que contribuiu para o sucesso da envoltória foi a adesão aos pré-requisitos de transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores e cores e absorvância de superfícies. Não atendendo apenas ao pré-requisito de iluminação zenital, mas que não fez falta para o edifício em questão.

Localização		Dados Dimensionais da Edificação		Características das Aberturas	
Zona Bioclimática	ZB 4	$A_{TOT}$	5618.45 m <sup>2</sup>	FS	0.9
Cidade	Brasília DF	$A_{PCOB}$	3220.95 m <sup>2</sup>	$PAF_T$	11 %
Pré-requisitos		$A_{PE}$	3220.95 m <sup>2</sup>	$PAF_D$	0 %
$U_{COB-AC}$	0.39 W/(m <sup>2</sup> K)	$V_{TOT}$	26089.69 m <sup>3</sup>	AVS	12.09 °
$U_{COB-ANC}$	0 W/(m <sup>2</sup> K)	$A_{ENV}$	8426.01 m <sup>2</sup>	AHS	14.98 °
$U_{PAR}$	2.43 W/(m <sup>2</sup> K)				
PAZ	0 %				
$\alpha_{COB}$	0.25 %				
$CT_{PAR}$	0 kJ/(m <sup>2</sup> K)				
$\alpha_{PAR}$	0.4 %				
FS	0				

**Figura 10** ENCE da envoltória simulada no WebPrescritivo.  
 Fonte: <http://www.labeee.ufsc.br/projetos/s3e/webprescritivo>.

## 4.2.2 Iluminação

A análise do sistema de iluminação foi realizada de forma semelhante à envoltória. A simulação foi realizada com o auxílio do software WebPrescritivo do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC.

Primeiramente foi realizado o levantamento de carga de cada bloco do edifício e tabelado numa planilha de Excel. A divisão do levantamento de carga por blocos foi necessária por conta das atividades exercidas em cada um. De acordo com o manual do RTQ-C, a atividade desenvolvida no local interfere no estudo de sua ENCE parcial, alterando seu valor limite de DPI. O valor limite de DPI de cada tipo de atividade é tabelado e disponibilizado no RTQ-C.

Para o edifício sede da FINATEC foram identificadas três atividades diferentes exercidas no seu interior, possibilitando a análise do sistema de iluminação através do método da área. As categorias de atividades selecionadas foram: centro de convenções, escritório e restaurante. A Tabela (10) a seguir ilustra a divisão dos blocos de acordo com a sua categoria de atividade, sua potência instalada em ilumina-

ção (retirada do levantamento de carga) e sua área (estimada com o auxílio do software AutoCAD).

**Tabela 10** Divisão dos blocos por categoria de atividade.

<b>Bloco</b>	<b>Atividade</b>	<b>Pot. Instalada (W)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
A	Escritório	12118	693
B	Centro de convenções	6710	546,25
C	Escritório	9452	693
D	Restaurante	13654	669,24
E	Escritório	10386	693
F	Centro de convenções	7379	546,25
G	Escritório	8864	693
Hall	Circulação	3566	552,25

Fonte: elaboração própria.

Com os valores da tabela acima é possível identificar os valores de DPIL para cada nível de eficiência em cada bloco. Esses resultados estão ilustrados na Tabela (11) a seguir.

**Tabela 11** Densidade de potência instalada limite de cada bloco.

<b>Bloco A</b>				
Pot. Instalada (W)	DPIL - nível A (W)	DPIL - nível B (W)	DPIL - nível C (W)	DPIL - nível D (W)
12118	6722,1	7761,6	8731,8	9771,3
<b>Bloco B</b>				
Pot. Instalada (W)	DPIL - nível A (W)	DPIL - nível B (W)	DPIL - nível C (W)	DPIL - nível D (W)
6710	6336,5	7265,12	8248,37	9177
<b>Bloco C</b>				
Pot. Instalada (W)	DPIL - nível A (W)	DPIL - nível B (W)	DPIL - nível C (W)	DPIL - nível D (W)

9452	6722,1	7761,6	8731,8	9771,3
<b>Bloco D</b>				
Pot. Instalada (W)	DPIL - nível A (W)	DPIL - nível B (W)	DPIL - nível C (W)	DPIL - nível D (W)
13654	6424,7	7361,64	8365,5	9302,44
<b>Bloco E</b>				
Pot. Instalada (W)	DPIL - nível A (W)	DPIL - nível B (W)	DPIL - nível C (W)	DPIL - nível D (W)
10386	6722,1	7761,6	8731,8	9771,3
<b>Bloco F</b>				
Pot. Instalada (W)	DPIL - nível A (W)	DPIL - nível B (W)	DPIL - nível C (W)	DPIL - nível D (W)
7379	6336,5	7265,12	8248,37	9177
<b>Bloco G</b>				
Pot. Instalada (W)	DPIL - nível A (W)	DPIL - nível B (W)	DPIL - nível C (W)	DPIL - nível D (W)
8864	6722,1	7761,6	8731,8	9771,3

Fonte: elaboração própria.

A tabela acima permite identificar a situação atual de cada bloco separadamente para que os investimentos em eficiência energética sejam aplicados de forma mais efetiva. O gráfico da Figura (11) mostra a redução percentual de potência instalada em cada bloco da edificação para que a mesma obtenha classificação “A” em sua ENCE parcial. Nota-se que os blocos que recebem convenções (bloco B e bloco F) são os que estão mais próximos da etiquetagem “A”.



**Figura 11** Redução percentual de potência instalada por bloco.  
Fonte: elaboração própria.

A ENCE da iluminação de todo o edifício sede da FINATEC foi obtida através da simulação na plataforma WebPrescritivo. O edifício obteve classificação “D” para o sistema de iluminação, como mostrado na Figura (12) a seguir.

**Iluminação**

Por áreas do edifício  Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos  Atende  Não atende

Contribuição da luz natural  Atende  Não atende  Não se aplica

Desligamento automático  Atende  Não atende  Não se aplica

	-	Atividade	+	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m <sup>2</sup> ]
1		Centro de Convenções		- 1 +	14089	1092.5
2		Escritório		- 1 +	40820	2772
3		Restaurante		- 1 +	13654	669.24

D

**Figura 12** ENCE da iluminação simulada no WebPrescritivo.  
Fonte: <http://www.labee.ufsc.br/projetos/s3e/webprescritivo>.

### 4.2.3 Condicionamento de ar

A classificação do sistema de condicionamento de ar do prédio foi feito através da contagem de todos os ares-condicionados de cada bloco. Após isso foi reali-

zada a classificação de cada unidade de acordo com seu desempenho energético caracterizado pela respectiva etiqueta do INMETRO. Nos equipamentos onde não constava a etiqueta do INMETRO foram atribuídas a classificação “E” para os mesmos, de acordo com orientação do professor.

O coeficiente de eficiência energética de cada ar-condicionado foi determinado observando a tabela de classes do INMETRO para condicionadores de ar *split hi-wall*. Esta tabela estabelece faixas de valores de coeficiente de eficiência energética para cada classe de condicionador de ar e está disponível no site do INMETRO (INMETRO, 2017).

A tabela de contagem de condicionadores de ar do edifício encontra-se no Apêndice A do presente trabalho. A tabela foi dividida por blocos e detalha a capacidade BTU/h e a respectiva etiqueta de cada equipamento.

Os dados da tabela do Apêndice A foram inseridos na plataforma WebPrescritivo para determinação da ENCE parcial do sistema de condicionamento de ar. O sistema atingiu a categoria “D”. A baixa nota se deve à grande quantidade de equipamentos de ar-condicionado antigos utilizados pela FINATEC.

The image shows a web interface for calculating energy efficiency. It has two input fields: 'AU' with the value '5618.45 m²' and 'AC' with the value '2055.24 m²'. Below these are two buttons: 'Calcular Eficiência' and 'Limpar'. At the bottom, there is a horizontal bar with five colored segments: green, light green, yellow, orange, and red. The orange segment, labeled with the letter 'D', is highlighted, indicating the calculated efficiency category.

**Figura 13** ENCE do condicionamento de ar simulada no WebPrescritivo.  
Fonte: <http://www.labee.ufsc.br/projetos/s3e/webprescritivo>.

#### 4.2.4 ENCE geral

Após a determinação de todas as ENCEs parciais da edificação foi calculada a ENCE geral do edifício sede da FINATEC. A equação apresentada na Figura (5) é utilizada no cálculo da ENCE geral, o fator bonificação não é adicionado no cálculo, pois o edifício não possui nenhuma inovação que contribua para o aumento da eficiência ou redução do consumo de energia do local, tais como: programa de uso ra-

cional de água, geração de energia eólica ou solar ou implementação de algum sistema inovador de aproveitamento de luz natural.

A Tabela (12) resume todas as ENCEs parciais calculadas e seu respectivo peso equivalente para o cálculo da etiqueta geral.

**Tabela 12** ENCEs parciais atuais da edificação.

Sistema	Classificação
Envoltória	A
Iluminação	D
Condicionamento de ar	D

Fonte: elaboração própria.

Através do software AutoCAD foi estabelecida a área de permanência transitória da edificação como sendo o hall e os corredores principais de cada bloco. Em seguida foi realizada a simulação geral da etiqueta na plataforma WebPrescritivo, como demonstrado na Figura (14). A pontuação geral obtida foi de 2,23, atribuindo uma etiqueta geral “D” para o edifício sede da FINATEC.

Etiqueta Geral

APT  m² (?)

ANC  m² (?)

EqNumV  (?)

b  (?)

Pontuação: 2.23

D

**Figura 14** ENCE geral simulada no WebPrescritivo.

Fonte: <http://www.labeee.ufsc.br/projetos/s3e/webprescritivo>.

### 4.3. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO

#### 4.3.1 Equipamentos

De acordo com a análise feita na primeira etapa do trabalho, detectou-se que o sistema de iluminação artificial e condicionamento de ar produzem os maiores impactos nas cargas elétricas do edifício.

O sistema de iluminação, composto por mais de duas mil lâmpadas, se encontra num estado de não conformidade com os padrões de desempenho energético atuais. O sistema ainda possui algumas lâmpadas de modelo incandescente na sua composição, o que contribui para o aumento do consumo de energia elétrica e carga térmica do edifício.

A Tabela (13) a seguir apresenta o levantamento de cargas das lâmpadas que compõem o sistema atual do prédio.

**Tabela 13** Contagem de lâmpadas atuais.

<b>Tipo de lâmpada</b>	<b>Quantidade de lâmpadas</b>	<b>Tipo de reator</b>
Lâmpada Fluorescente Compacta (LFC) - 9 W	25	Eletrônico*
Lâmpada Fluorescente Compacta (LFC) - 15 W	110	Eletrônico*
Lâmpada Fluorescente Tubular (LT) - 16 W	310	Eletrônico*
Lâmpada Fluorescente Tubular (LT) - 32 W	1600	Eletrônico*
Lâmpada Incandescente (LI) - 60 W (AMARELA)	61	Não contém
Lâmpada Incandescente (LI) - 60 W (BRANCA)	25	Não contém
Refletor - 250 W	11	Não identificado
Refletor externo - 500 W	3	Não identificado
<b>Total</b>	<b>2145</b>	-

Fonte: Velasco, 2017.

A medida a ser tomada para o aumento da eficiência energética do sistema de iluminação será a troca de todo o equipamento atual por um sistema com tecnologia LED. De acordo com Melo (2017), as luminárias da empresa *BrightLux* atendem bem aos padrões de qualidade exigidos para esse tipo de projeto. Além de possuírem alta eficiência na conversão de eletricidade em lumens, as luminárias a-

tendem aos critérios de qualidade de energia ao produzir uma distorção harmônica total de corrente inferior a 20% e possuir fator de potência maior que 0,92.

A Tabela (14) apresenta as características dessas luminárias, bem como a quantidade necessária de cada tipo.

**Tabela 14** Características das luminárias propostas.

<b>Modelo</b>	<b>Tamanho (mm)</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Ef. luminosa (lm/W)</b>	<b>Quantidade</b>
T8-S-09X-BL	600 x 25	9	115	310
T8-S-18X-BL	1200 x 25	18	115	1600
DOWN-S-18X-B	225 x 225 x 16	18	125	86
RETRO-M-142	180 x 180 x 14	14	125	135
REFL-S-1005-140-B	360 x 280 x 90	100	110	11
REFL-S-1505-140-B	320 x 420 x 170	150	110	3

Fonte: elaboração própria.

As trocas de lâmpadas e luminárias estão detalhadas a seguir:

- As lâmpadas fluorescentes compactas de 9W serão substituídas por luminárias LED Retrofit compactas de 14W;
- As lâmpadas fluorescentes compactas de 15W serão substituídas por luminárias LED Retrofit compactas de 14W;
- As lâmpadas fluorescentes tubulares de 16W serão substituídas por lâmpadas LED tubulares T8 de 9W;
- As lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W serão substituídas por lâmpadas LED tubulares T8 de 18W;
- As lâmpadas incandescentes amarelas de 60W serão substituídas por lâmpadas LED Downlight amarelas de 18W;
- As lâmpadas incandescentes brancas de 60 W serão substituídas por lâmpadas LED Downlight brancas de 18W;
- Os refletores de 250W serão substituídos por refletores Standard LED de 100W;
- Os refletores externos de 500W serão substituídos por refletores Standard LED de 150W.

Com as medidas listadas acima, espera-se não só obter uma redução no consumo de energia, mas também reduzir as distorções harmônicas que possam ser causadas por reatores antigos.

#### **4.3.2 Luminotécnico**

Para auxiliar no desenvolvimento do projeto, foi realizado um estudo luminotécnico básico de alguns blocos da FINATEC. O bloco analisado foi o bloco “A”, que foi replicado para os blocos “C”, “E” e “G”. Os demais blocos não foram analisados por falta de detalhes da planta em CAD fornecida. Visitas no local foram impossibilitadas por conta de divergências na agenda do aluno e do supervisor técnico do edifício.

O estudo luminotécnico foi realizado com o auxílio da ferramenta Dialux EVO, produzido pela empresa europeia Dial. O software permite simular sistemas de iluminação artificial em três dimensões. Nele é possível determinar a quantidade de luminárias necessárias para se executar uma tarefa num espaço delimitado sem que haja qualquer prejuízo para a saúde dos usuários.

Para o presente estudo, além de levar em consideração a saúde dos usuários do edifício, também foi necessário analisar o consumo de energia elétrica atrelado ao uso de cada tipo de luminária.

Com as simulações foi possível perceber que um aumento do fluxo luminoso nos ambientes devido à maior eficiência das lâmpadas LED em comparação com as lâmpadas fluorescentes. Porém, não é indicado diminuir a quantidade de luminárias sem antes fazer uma redistribuição das mesmas. Não se pode afirmar se a diminuição de luminárias seria vantajosa do ponto de vista financeiro, pois não se sabe o valor necessário para se fazer uma reforma de redistribuição do circuito elétrico no edifício.

Apesar de a intensidade luminosa ter aumentado nos ambientes, ela ficou dentro dos limites recomendados pela norma NBR 5413. Os tipos de ambientes considerados no projeto foram: sala de reuniões, mesa de trabalho, banheiros, corredores e escadas.

#### 4.4. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR PROPOSTO

##### 4.4.1 Equipamentos

O sistema de condicionamento de ar da FINATEC é bastante mesclado e possui equipamentos tanto de baixa quanto de alta eficiência. O objetivo da modernização dos aparelhos é trocar todos os equipamentos com classificação “C”, “D” ou “E” por um equipamento com selo Procel “A”.

O sistema de condicionamento de ar atual está detalhado no Apêndice A. A Tabela (15) a seguir traz um resumo dessa contagem, mostrando apenas os equipamentos com classificação “C”, “D” e “E”. Decidiu-se não trocar os equipamentos com padrão “B” de eficiência, pois já estão próximos do ideal.

**Tabela 15** Contagem de ar-condicionados.

<b>Capacidade (btu)</b>	<b>Selo Procel</b>	<b>Quantidade</b>
9000	C	1
9000	E	4
12000	E	3
14000	E	2
18000	C	2
24000	C	1
24000	D	1
24000	E	6
36000	E	13
Total	-	33

Fonte: elaboração própria.

A medida a ser tomada para o aumento da eficiência do sistema será a troca de todos os equipamentos listados acima por equipamentos com selo Procel “A”.

As trocas de equipamentos estão detalhadas a seguir:

- Condicionadores de ar de 9000 btus com classificação “C” e “E” serão trocados por condicionadores de ar de 9000 btus com classificação “A”.

- Condicionadores de ar de 12000 btus com classificação “E” serão trocados por condicionadores de ar de 12000 btus com classificação “A”.
- Condicionadores de ar de 14000 btus com classificação “E” serão trocados por condicionadores de ar de 12000 btus com classificação “A”.
- Condicionadores de ar de 18000 btus com classificação “C” serão trocados por condicionadores de ar de 18000 btus com classificação “A”.
- Condicionadores de ar de 24000 btus com classificação “C”, “D” e “E” serão trocados por condicionadores de ar de 24000 btus com classificação “A”.
- Condicionadores de ar de 36000 btus com classificação “E” serão trocados por condicionadores de ar de 36000 btus com classificação “A”.

A determinação da potência dos equipamentos de ar-condicionado foi definida através da relação onde 1W equivale a 3,4 btus. Além disso, foi utilizada a tabela do INMETRO para etiquetagem de condicionadores de ar, e constatou-se um aumento de consumo de energia médio percentual de 6,5% equipamentos com selo “B”, 13% para equipamentos “C”, 19,5% para “D” e 26% para “E”.

Com base nas relações descritas acima foi possível confeccionar as Tabelas (16) e (17) a seguir, as quais listam o consumo energético do sistema atual e do sistema proposto de condicionamento de ar, respectivamente.

**Tabela 16** Consumo energético do sistema de cond. de ar atual.

<b>Capacidade (btu)</b>	<b>Selo Procel</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Pot. Unitária (kW)</b>	<b>Pot. Total (kW)</b>
9000	C	1	2,991	2,991
9000	E	4	3.335	13,340
12000	E	3	4,447	13,341
14000	E	2	5,188	10,376
18000	C	2	5,982	11,964
24000	C	1	7,976	7,976
24000	D	1	8,435	8,435
24000	E	6	8,894	53,364
36000	E	13	13,341	173,433
Total	-	33	-	295,220

Fonte: elaboração própria.

**Tabela 17** Consumo energético do sistema de cond. de ar proposto.

<b>Capacidade (btu)</b>	<b>Selo Procel</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Pot. Unitária (kW)</b>	<b>Pot. Total (kW)</b>
9000	A	5	2,647	13,235
12000	A	5	3,529	17,645
18000	A	2	5,294	10,588
24000	A	8	7,058	56,464
36000	A	13	10,588	137,644
Total	-	33	-	235,576

Fonte: elaboração própria.

Através das tabelas acima é possível notar a grande diferença de potência instalada da unidade consumidora, chegando a mais de 59,6 kW.

#### 4.5. REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

Após a adoção das medidas indicadas no presente trabalho, espera-se que haja uma redução considerável no consumo de energia elétrica mensal do edifício. Além da utilização de equipamentos mais eficientes, existe a possibilidade da unidade consumidora reduzir seus gastos com energia reajustando a demanda contratada junto à companhia distribuidora de energia.

Para o cálculo de consumo energético do sistema de iluminação foi estimado que o horário de funcionamento do edifício fosse de segunda a sexta-feira, das oito da manhã ao meio dia, depois de duas da tarde às seis da tarde. Totalizando oito horas diárias e cento e setenta e seis horas mensais, pois não foram levados em conta os finais de semana. A utilização dos refletores foi estimada para seis horas diárias, das seis da tarde à meia noite.

Nos meses de Janeiro, Julho e Dezembro, onde geralmente os trabalhadores optam por programar suas férias, foi considerado que a utilização dos sistemas de iluminação internos fosse reduzida na metade (quatro horas diárias), apenas os refletores permaneceriam inalterados.

A Tabela (18) a seguir mostra o comparativo do consumo de energia mensal do edifício para o sistema atual e para o sistema proposto de iluminação, com base nas informações contidas no item 4.3.

**Tabela 18** Economia energética do sistema de iluminação.

Meses	Consumo de Energia Elétrica (k-Wh)		Redução do consumo (k-Wh)
	Sistema Atual	Sistema Proposto	
Janeiro	6122	3287	2835
Fevereiro	9028	4921	4107
Março	11683	6329	5314
Abril	11683	6329	5314
Mai	11683	6329	5314
Junho	11683	6329	5314
Julho	6122	3287	2835
Agosto	11683	6329	5314
Setembro	11683	6329	5314
Outubro	11683	6329	5314
Novembro	11683	6329	5314
Dezembro	6122	3287	2835
Anual	120858	65734	55124

Fonte: elaboração própria.

Através da tabela acima é possível perceber o impacto da modernização do sistema de iluminação no consumo de energia elétrica do edifício. A economia anual de energia ultrapassaria 45%.

Para o sistema de condicionamento de ar foi utilizada a mesma metodologia de cálculo, entretanto, as horas mensais de utilização dos equipamentos foi alterada. Foi considerado que os aparelhos estão em uso seis horas por dia nos meses comuns, e três horas por dia nos meses do período de férias (Janeiro, Julho e Dezembro).

Existe uma diferença com relação ao mês de Fevereiro por esse mês ser mais curto que os outros e apresentar um grande feriado. Para os cálculos no mês

de Fevereiro foram considerados dezessete dia úteis, e nos demais meses vinte e dois dias úteis.

A Tabela (19) a seguir mostra o comparativo do consumo de energia mensal do edifício para o sistema atual e para o sistema proposto de condicionamento de ar, com base nas informações contidas no item 4.4.

**Tabela 19** Economia energética do sistema de condicionamento de ar.

Meses	Consumo de Energia Elétrica (kWh)		Redução do consumo (kWh)
	Sistema Atual	Sistema Proposto	
Janeiro	19484	15548	3936
Fevereiro	30112	24028	6084
Março	38969	31096	7873
Abril	38969	31096	7873
Maio	38969	31096	7873
Junho	38969	31096	7873
Julho	19484	15548	3936
Agosto	38969	31096	7873
Setembro	38969	31096	7873
Outubro	38969	31096	7873
Novembro	38969	31096	7873
Dezembro	19484	15548	3936
Anual	400316	319440	80876

Fonte: elaboração própria.

A economia de energia esperada com a modernização do sistema de condicionamento de ar é de aproximadamente 20%. Quando analisamos os dois sistemas juntos, a economia anual de energia elétrica chega a 65%, representando não apenas um ganho financeiro para a gestão da FINATEC, mas também contribui para a preservação do meio ambiente.

#### 4.6. ANÁLISE FINANCEIRA

A Tabela (20) a seguir mostra o valor orçado para o sistema proposto de iluminação artificial, fornecido pela empresa *BrightLux*, o orçamento completo encontra-se no Anexo I.

**Tabela 20** Orçamento do sistema de iluminação.

<b>Produto</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
T8-S-09X-BL	310	21,60	6.696,00
T8-S-18X-BL	1600	28,90	46.240,00
DOWN-S-18X-B	86	30,00	2.580,00
RETRO-M-142	135	38,40	5.184,00
REFL-S-1005-140-B	11	336,60	3.702,60
REFL-S-1505-140-B	3	493,70	1.481,10
<b>Total</b>			<b>65.883,70</b>

Fonte: adaptado de BrightLux, 2018.

A Tabela (21) mostra os valores orçados para o sistema proposto de condicionamento de ar. Os novos equipamentos foram orçados no site da empresa Central Ar®, com sede em Mato Grosso do Sul.

**Tabela 21** Orçamento do sistema de condicionamento de ar.

<b>Capacidade (btu)</b>	<b>Marca</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Preço total (R\$)</b>
9000	Consul	5	1044,05	5.220,25
12000	Consul	5	1088,70	5.443,50
18000	Consul	2	1756,55	3.513,10
24000	Samsung	8	2391,15	19.129,20
36000	Fontaine	13	3789,55	42.264,15
Total	-	33	-	82.570,20

Fonte: CENTRALAR, 2018.

**Tabela 22** Economia anual.

Redução do consumo de energia elétrica anual* (kWh)	136.000
THS: A4 - Junho 2018 (R\$/kWh)	1,4881

Economia anual do sistema proposto (R\$)	202.381,60
--	------------

\*o valor foi retirado das Tabelas (18) e (19).  
Fonte: elaboração própria.

Tomando como base o valor do kWh aplicado pela CEB no mês de Junho de 2018 para edificações classificadas na tarifa horo-sazonal verde, sub-grupo A4, encontramos o montante de R\$202.381,60. Esse valor corresponde ao valor que deixaria de ser gasto anualmente após a troca dos equipamentos de iluminação e condicionamento de ar.

As luminárias da empresa *BrightLux* possuem vida útil de 25 anos e os aparelhos modernos de ar-condicionado, 20 anos, com decréscimo de eficiência anual de 0,25%. Com esses dados é fácil perceber que a modernização do sistema é viável. Adotando a taxa de juros de longo prazo (TJLP) determinado pelo BNDES de 6,6% a.a., o payback flutua na faixa de oito a nove meses, tanto o payback simples, quanto o payback descontado. A taxa de juros de longo prazo é calculada levando em consideração a meta de inflação e o prêmio de risco (BNDES, 2018).

O fluxo de caixa está representado na Tabela (23) abaixo.

**Tabela 23** Fluxo de caixa.

Ano	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Total (R\$)
0	148.453,90	-	- 148.453,90
1	-	202.381,60	53.927,70
2	-	201.875,65	255.803,35
3	-	201.370,96	457.174,31

Fonte: elaboração própria.

#### 4.7. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APÓS MUDANÇAS

Após todas as mudanças sugeridas, foi realizada uma nova simulação de etiquetagem PBE Edifica para a edificação. O software WebPrescritivo foi a ferramenta utilizada novamente para a etiquetagem, e a metodologia utilizada foi a mesma descrita no item 4.2. Como não era o objetivo do presente trabalho, o sistema de envoltória não foi alterado.

O sistema de iluminação sofreu uma redução de carga instalada de 45,76% com a modernização dos equipamentos. Essa redução percentual foi repassada para cada tipo de atividade exercida na FINATEC, em comparação com o sistema anterior. A Tabela (24) a seguir ilustra essa redução.

**Tabela 24** Potência do sistema de iluminação separado por tipo de atividade.

<b>Tipo de atividade</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Potência atual (W)</b>	<b>Potência - 45,76% (W)</b>
Centro de Convenções	1092,50	14089	7641
Escritório	2772,00	40820	22140
Restaurante	669,24	13654	7406

Fonte: elaboração própria.

Os novos dados de potência foram inseridos no software, obtendo como resultado a classificação “A” de eficiência para o sistema de iluminação. O resultado da simulação encontra-se no Apêndice B, ao final.

O sistema do condicionamento de ar também foi simulado levando em consideração os novos equipamentos. Como apenas os aparelhos com etiqueta “C” ou pior foram trocados, ainda existem na simulação alguns equipamentos nível “B”, pois estes já se encontravam próximos aos padrões aceitáveis de eficiência.

Com os novos dados de equipamentos inseridos no software, foi possível obter a classificação “A” de eficiência energética para o sistema de condicionamento de ar. O resultado da simulação encontra-se no Apêndice B, ao final.

A Tabela (25) a seguir faz o comparativo entre a etiquetagem do edifício antes e depois das mudanças sugeridas no presente trabalho.

**Tabela 25** Comparativo de etiquetagens.

<b>Sistema</b>	<b>Etiqueta atual</b>	<b>Etiqueta proposta</b>
Envoltória	A	A
Iluminação	D	A
Ar condicionado	D	A
Geral	D	B

Fonte: elaboração própria.

De acordo com as simulações feitas, mesmo com as mudanças propostas, a etiqueta geral da FINATEC não chega ao nível “A” de eficiência.

Algumas medidas que podem ser tomadas é diminuir o percentual de área não condicionada e com permanência prolongada (ANC), isso aumenta o conforto térmico pois permite que a edificação não retenha carga térmica de alta temperatura em lugares onde a ventilação natural é ineficiente. Um modo de fazer isso é aumentando a área útil de ambientes condicionados com aparelhos eficientes. Ou pode-se realocar as tarefas de uso prolongado para ambientes climatizados, aumentando a área útil de ambientes com permanência transitória.

Outro fator que influenciou o resultado da simulação foi a estimativa do equivalente numérico de ambientes ventilados naturalmente (EqNumV). Este fator é determinado através de um estudo de conforto térmico das áreas não condicionadas artificialmente, e pode variar de um a cinco (MMA, 2015). Como não foi realizado nenhum estudo do tipo, optou-se pelo pior cenário, substituindo o fator por um. Entretanto, caso o EqNumV fosse quatro, por exemplo, a etiqueta geral da FINATEC alcançaria o padrão “A” de eficiência.

Também é possível obter uma ENCE geral “A” através da adoção de bonificações. De acordo com simulações feitas, caso a FINATEC implemente um sistema de geração fotovoltaico que gere uma economia de 10% no seu consumo, já é suficiente para elevar a classificação do edifício e obter a etiqueta máxima.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os estudos realizados, constatou-se que o programa de etiquetagem PBE Edifica é um incentivo governamental poderoso na busca pelas metas propostas no plano nacional de eficiência energética. O uso racional de energia no país será alcançado através do fortalecimento do programa, que já se tornou obrigatório para edificações públicas.

A determinação da ENCE atual do edifício sede da FINATEC através do método prescritivo obteve resultados claros e satisfatórios. O subsistema da envoltória obteve uma boa classificação em comparação com o subsistema da iluminação e do condicionamento de ar.

A envoltória do edifício, que obteve classificação “A”, foi analisada através de estimativas dos valores de transmitância térmica e absorvância das paredes externas e cobertura. Esses valores estimados podem não estar de acordo com os valores reais apresentados pela edificação, seria necessário um estudo aprofundado da estrutura do prédio e da carga térmica dos ambientes com ventilação natural, como discutido no tópico 4.7.

O sistema de iluminação atual do prédio recebeu etiquetagem “D”, se mostrando longe dos padrões ideais de eficiência energética. Durante visita *in loco*, o administrador do edifício salientou que a troca do sistema de iluminação já está nos planos da diretoria e que o presente trabalho será de grande valia para comprovar as melhorias. Importante ressaltar que os blocos que obtiveram menor desempenho do sistema de iluminação foram os blocos “A” e “D”, caso os investimentos para melhorias no prédio sejam limitados, é aconselhado que estes blocos recebam atenção especial.

O sistema de condicionamento de ar atual da FINATEC também recebeu etiquetagem “D”. De acordo com o levantamento de carga da edificação foi possível perceber que o sistema de condicionamento de ar é antigo e vários equipamentos não são etiquetados pelo INMETRO.

Os resultados obtidos na primeira etapa do trabalho indicavam que os sistemas de condicionamento de ar e iluminação necessitavam de melhorias através da troca dos equipamentos atuais por equipamentos mais eficientes.

Na segunda etapa do trabalho houve um estudo aprofundado do processo de medição e verificação de performance e a indicação da metodologia mais adequada

a ser aplicada no edifício estudado, levando em consideração os pontos de medição de energia elétrica presentes na FINATEC.

Os sistemas de iluminação e condicionamento de ar propostos foram escolhidos levando em consideração, primeiramente, os padrões de eficiência energética, em seguida, os valores investidos para a sua aquisição.

Mesmo com a alteração das luminárias atuais por outras com maior eficiência, constatou-se que não seria necessário uma redução da quantidade de luminárias nos escritórios, pois os valores de fluxo luminoso obtidos no projeto luminotécnico estão dentro da margem estipulada pela NBR5413. Importante ressaltar que uma possível alteração da quantidade de luminárias envolveria uma redistribuição das mesmas, o que aumentaria significativamente o investimento do projeto.

A análise financeira mostrou que, apesar do investimento inicial ser alto, a modernização do sistema de iluminação e condicionamento de ar se mostra viável, com um retorno de capital estimado em menos de um ano.

Como sugestão para trabalhos futuros, é interessante realizar um estudo de ajuste tarifário do edifício, podendo diminuir ainda mais os gastos com energia elétrica da FINATEC. A análise da ENCE parcial da envoltória pode ser melhorada com o auxílio de pessoas da área de construção civil.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413 – Iluminância de interiores**. Brasil, 1992.

CODLUX. **Lâmpada LED com INMETRO vale a partir de hoje para todos!**. Disponível em: <http://codlux.blogspot.com/2018/01/lampada-led-com-inmetro-vale-partir-de.html>. Acessado em: 3 jun. 2018.

CYNTHIA, M.L.S.. **O projeto de iluminação para edifícios de escritórios**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

ECODHOME. **Cores na arquitetura sustentável**. 2011. Disponível em: <http://www.ecodhome.com.br/blog/cores-na-arquitetura-sustentavel/>. Acessado em: 5 out. 2017.

ELETROBRÁS. **Manual de aplicação do RTQ-C: edifícios comerciais, de serviço e públicos**. Versão 4, junho de 2016. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02\\_1.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02_1.pdf). Acessado em: 2 set. 2017.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030: estratégia para expansão da oferta**. Brasília, novembro de 2006. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Plano%20Nacional%20de%20Energia%20%E2%80%93%20PNE/Estudos\\_12.aspx](http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Plano%20Nacional%20de%20Energia%20%E2%80%93%20PNE/Estudos_12.aspx). Acessado em: 10 set. 2017.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional: ano base 2016**. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final\\_2017\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final_2017_Web.pdf). Acessado em: 13 out. 2017.

EVO. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance**. Volume 1, 2011.

FINATEC. **FINATEC**. Disponível em: <<http://www.finatec.org.br/finatec/>>. Acessado em: 13 out. 2017.

INMETRO. **Lâmpadas LED**. Brasil, 2016.

INMETRO. **Organismos de Inspeção Acreditados**. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/organismos/resultado\\_consulta.asp](http://www.inmetro.gov.br/organismos/resultado_consulta.asp)>. Acessado em: 23 set. 2017.

INMETRO. **Consumidor: tabelas de eficiência energética**. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador\\_de\\_ar\\_split\\_hi\\_wall.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador_de_ar_split_hi_wall.pdf)>. Acessado em: 5 out. 2017.

LAMBERTS, R.. **Diretrizes para obtenção do nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas: zona bioclimática 4**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, abril de 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L; PEREIRA, F.O.R.. **Eficiência energética na arquitetura**. Terceira Edição. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2014.

LAMBERTS, R.; CARLO, J.C.. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo**. Ambiente construído, v.10, n. 2, p.7-26. Porto Alegre, junho de 2010.

MADRUGA, K. C. R.. **Um panorama da gestão de eficiência energética na indústria alemã**. Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente - EN-GEMA. São Paulo, 2014.

MELO, C.C.. **Aplicação dos critérios do programa de etiquetagem PBE Edifica à faculdade do Gama – UnB**. Universidade de Brasília, Curso de Engenharia de Energia. Brasília, 2017.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Eficiência Energética: guia para etiquetagem de edifícios**. Volume 2. Brasília, 2015.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética: princípios e diretrizes básicas.** 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%AAncia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863?version=1.1>>. Acessado em: 21 set. 2017.

MORAES, V. T. F.; QUELHAS, O. L. G.. **“Retrofit”: criação em implantação de estratégias sustentáveis no uso e manutenção de edificações existentes.** XIV ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora, outubro de 2012.

PBE EDIFICA. **Conhecendo o PBE Edifica.** Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>. Acessado em: 2 set. 2017.

PESSOA, J. L. N.; GHISI, E.; LAMBERTS, R.. **Estado da arte em eficiência energética: iluminação e envoltória.** CB3E, Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, julho de 2013.

PROCEL INDÚSTRIA. **Experiências internacionais em eficiência energética para a indústria.** 2012. CNI, Confederação Nacional da Indústria. Disponível em: <[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_24/2012/09/06/262/20121127181849323774u.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2012/09/06/262/20121127181849323774u.pdf)>. Acessado em 18 out. 2017.

PROCEL INFO. **Etiquetagem em Edificações.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={F48ABFE1-2335-4951-9FF9-C5E9B27815AC}>>. Acessado em: 10 set. 2017.

PROCEL INFO. **Resultados PROCEL 2014: Lei de Eficiência Energética.** 2014. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/lei.pdf>>. Acessado em: 21 set. 2017.

PROCEL INFO. **Sobre o PROCEL.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}>>. Acessado em: 2 set. 2017.

PROCEL. **Resultados PROCEL 2017: ano base 2016.** 2017. Disponível em: <[http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/rel\\_procel2017\\_web.pdf](http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/rel_procel2017_web.pdf)>. Acessado em: 23 set. 2017.

RORIZ, M.. **Conforto e desempenho térmico de edificações.** Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências exatas e Tecnologia. São Paulo, 2008.

VELASCO, L.N.; REIS, A.. **Diagnóstico energético: Edital CEB.** 2017.

**APÊNDICE**

<b>Número</b>	<b>Descrição</b>	<b>Página</b>
Apêndice A	Contagem de ares-condicionados dos blocos da FINATEC	66
Apêndice B	Simulação no software WebPrescritivo considerando as mudanças propostas	67
Apêndice C	Incrementos para a obtenção da ENCE geral "A"	70

**Apêndice A: Contagem de ares-condicionados dos blocos da FINATEC.**

<b>Bloco A</b>		<b>Bloco D</b>	
Capacidade (BTU/h)	Etiqueta PROCEL	Capacidade (BTU/h)	Etiqueta PROCEL
24000	C	36000	E
9000	E	36000	E
18000	B	36000	E
9000	E	24000	E
24000	B	24000	E
12000	E	24000	E
18000	C	<b>Bloco E</b>	
18000	C	Capacidade (BTU/h)	Etiqueta PROCEL
9000	E	36000	E
9000	E	9000	C
24000	E	<b>Bloco G</b>	
12000	E	Capacidade (BTU/h)	Etiqueta PROCEL
24000	E	12000	E
24000	B	36000	E
24000	A	24000	B
36000	E	24000	E
24000	D	14000	E
36000	E	14000	E
<b>Bloco B</b>		18000	B
Capacidade (BTU/h)	Etiqueta PROCEL	18000	B
36000	E	18000	B
36000	E	18000	B
<b>Bloco C</b>		18000	B
Capacidade (BTU/h)	Etiqueta PROCEL	18000	B
36000	E		

## Apêndice B: Simulação no software WebPrescritivo considerando as mudanças propostas.

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

- A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

- Atende pré-requisito para A
- Atende pré-requisito para B
- Atende pré-requisito para C
- A edificação possui isolamento de tubulações
  - Este pré-requisito não se aplica à edificação
  - Não atende

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 4  Cidade Brasília DF

Pré-requisitos

U <sub>COB-AC</sub>	0.39	W/(m <sup>2</sup> K)	α <sub>COB</sub>	0.25	%
U <sub>COB-ANC</sub>	0	W/(m <sup>2</sup> K)	CT <sub>PAR</sub>	0	kJ/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>PAR</sub>	2.43	W/(m <sup>2</sup> K)	α <sub>PAR</sub>	0.4	%
PAZ	0	%	FS	0	

Dados Dimensionais da Edificação

A <sub>TOT</sub>	5618.45	m <sup>2</sup>	FA: 0.57
A <sub>PCOB</sub>	3220.95	m <sup>2</sup>	
A <sub>PE</sub>	3220.95	m <sup>2</sup>	
V <sub>TOT</sub>	26089.69	m <sup>3</sup>	FF: 0.32
A <sub>ENV</sub>	8426.01	m <sup>2</sup>	

Características das Aberturas

FS	0.9	%
PAF <sub>T</sub>	11	%
PAF <sub>O</sub>	0	%
AVS	12.09	°
AHS	14.99	°

Calcular Eficiência Limpar

**A**

Iluminação

Por áreas do edifício  Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos  Atende  Não atende

Contribuição da luz natural  Atende  Não atende  Não se aplica

Desligamento automático  Atende  Não atende  Não se aplica

	-	Atividade	+	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m <sup>2</sup> ]
1		Centro de Convenções		- 1 +	7641	1092.5
2		Escritório		- 1 +	22140	2772
3		Restaurante		- 1 +	7406	669.24

Calcular Eficiência Limpar

**A**

\* Desde que observados os pré-requisitos de desligamento automático do sistema de iluminação, contribuição da luz natural e divisão dos circuitos

Condicionamento do Ar

Pré-Requisitos Gerais

Possui isolamento de tubulações  
 Não possui isolamento de tubulações

Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	Bloco A	- 18 +	split ▼	9000	3.4	A
			split ▼	9000	3.4	A
			split ▼	9000	3.4	A
			split ▼	9000	3.4	A
			split ▼	12000	3.4	A
			split ▼	12000	3.4	A
			split ▼	18000	3.4	A
			split ▼	18000	3.4	A
			split ▼	18000	3.1	B
			split ▼	24000	3.4	A
			split ▼	24000	3.4	A
			split ▼	24000	3.4	A
			split ▼	24000	3.4	A
			split ▼	24000	3.1	B
			split ▼	24000	3.1	B
2	Bloco B	- 2 +	split ▼	36000	3.4	A
			split ▼	36000	3.4	A
3	Bloco C	- 4 +	split ▼	36000	3.4	A
			split ▼	36000	3.4	A
			split ▼	36000	3.4	A
4	Bloco D	- 6 +	split ▼	24000	3.4	A
			split ▼	24000	3.4	A
			split ▼	24000	3.4	A
			split ▼	36000	3.4	A
			split ▼	36000	3.4	A
			split ▼	36000	3.4	A
5	Bloco E	- 2 +	split ▼	36000	3.4	A
			split ▼	9000	3.4	A
6	Bloco G	- 12 +	split ▼	12000	3.4	A
			split ▼	12000	3.4	A
			split ▼	12000	3.4	A
			split ▼	18000	3.1	B
			split ▼	18000	3.1	B
			split ▼	18000	3.1	B
			split ▼	18000	3.1	B
			split ▼	18000	3.1	B
			split ▼	18000	3.1	B
			split ▼	24000	3.4	A
			split ▼	24000	3.1	B
			split ▼	36000	3.4	A

Condicionadores de ar não etiquetados

	- Condicionador de ar +	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
1			A ▼	<input type="checkbox"/> Visualizar	

AU  m² ?

AC  m² ?

A
B
C
D

Bonificações	
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : 0 %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : 0 %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : - ▼

Etiqueta Geral	
APT	<input type="text" value="977,29"/> m <sup>2</sup> (?)
ANC	<input type="text" value="2585,92"/> m <sup>2</sup> (?)
EqNumV	<input type="text" value="1"/> (?)
b	<input type="text" value="0"/> (?)
<input type="button" value="Calcular Eficiência"/> <input type="button" value="Limpar"/>	
Pontuação: 3.56	
	

## Apêndice C: Incrementos para a obtenção da ENCE geral “A”.

### 1. Alteração do Equivalente numérico de ambientes ventilados naturalmente (EqNumV).

Bonificações	
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : 0 %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : 0 %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : - ▼

Etiqueta Geral	
APT	977.29 m <sup>2</sup> (?)
ANC	2585.92 m <sup>2</sup> (?)
EqNumV	4
b	0 (?)
<input type="button" value="Calcular Eficiência"/> <input type="button" value="Limpar"/>	
Pontuação: 4.53	

### 2. Alteração da bonificação (b)

Bonificações	
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : 10 %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : 0 %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : - ▼

Etiqueta Geral	
APT	977.29 m <sup>2</sup> (?)
ANC	2585.92 m <sup>2</sup> (?)
EqNumV	1
b	-1 (?)
<input type="button" value="Calcular Eficiência"/> <input type="button" value="Limpar"/>	
Pontuação: 4.56	

### 3. Alteração da área não condicionada de permanência prolongada (ANC).

AU	5618.45	m <sup>2</sup>	?
AC	4000	m <sup>2</sup>	?
<input type="button" value="Calcular Eficiência"/> <input type="button" value="Limpar"/>			

<b>Bonificações</b>	
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : 0 %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : 0 %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : - ▼

<b>Etiqueta Geral</b>			
APT	977.29	m <sup>2</sup>	?
ANC	641.159999999	m <sup>2</sup>	?
EqNumV	1		?
b	0		?
<input type="button" value="Calcular Eficiência"/> <input type="button" value="Limpar"/>			
Pontuação: 4.51			

**ANEXO**

<b>Número</b>	<b>Descrição</b>	<b>Página</b>
Anexo I	Orçamento das luminárias - BrightLux	73

**Anexo I: Orçamento das luminárias BrightLux**



**N.º ORÇAMENTO DE VENDA:**

13187

EQUIPE INTERNA

Data: 22/06/2018  
 Status Pedido: ORÇAMENTO - P  
 Vendedor: MISON  
 MISON

**BRIGHTLUX - ADVANCED LIGHTING**  
 AMBAVI IMPORT. E DISTR. DE EQUIP. EIRELI - EPP  
 09.050.101/0001-41  
 AVENIDA SANTA BERNARDINE, 470.  
 LINDÓIA  
 CUNATIBA  
 (41) 3385-9352

Cód. Cliente: 3341  
 Cliente: FUNDACAO UNIVERSIDADE DE BRASILIA  
 CNPJ/CPF: 00.038.174/0001-43  
 Insc. Est.: 0733966700113  
 Endereço: Campus Univ. Darcy Ribeiro  
 Bairro: Asa Norte  
 CEP: 70910900  
 E-mail: camila\_caetano@live.com  
 1- CONS. P. J COM I.E  
 Brasília / DF  
 N.º: sn  
 Fone: 61 31073300

Nº	CÓDIGO	NOME PRODUTO	NCM	QTD	VL. UNIT.	VL. TOTAL (1)	DESC. (%)	DESC. (R\$)	IPI (%)	IPI (R\$)	ICMS (%)	ICMS (R\$)	S.T/DIF
1	18-9-036-EL	LAMPADA TUBULAR 9W/60CM/6000K/LEITOSA/BIV	85399000	310	21,6000	6.696,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	997,44
2	18-9-186-EL	LAMPADA TUBULAR 18W/120CM/6000K/LEITOSA/BIV	85399000	1.600	29,9000	46.240,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.473,60
3	DOMR-9-186-E	LUMINARIA DOMINICR 18W/6000K/BIV	94051032	86	30,0000	2.580,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	361,20
4	REFRQ-N-143-E	REFRATOR 14W/3000K/BIV	85399000	138	39,4000	5.184,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	725,76
5	REF1-S-1005-140-E	REFLETOR 100W/140°/3000K/BIV	94054010	11	336,6000	3.702,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	518,36
6	REF1-S-1505-140-E	REFLETOR 150W/140°/3000K/BIV	94054010	3	493,7000	1.481,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	207,35

**Condições Comerciais:**

FORMA DE PAGAMENTO: À VISTA ou a prazo (analisar de crédito - enviar documentação);  
 VALOR MÍNIMO DE COMPRA: R\$500,00 (quinhentas reais);  
 VALIDADE DA PROPOSTA: 15 dias, após esse prazo a proposta será reavaliada;  
 PRAZO DE ENTREGA: 4 combinado / verificar com a indústria;  
 INSTALAÇÃO: por conta do cliente;  
 GARANTIA: os produtos possuem garantia individual discriminada em N.F (consultar termo de garantia);  
 FRETE: Custódia e segão metropolitana(CIT), outras regiões(FOB).

**Resultados:**

(1)	VALOR TOTAL DOS PRODUTOS (R\$):	(++)	65.893,70
(2)	DESCONTO TOTAL (R\$):	(--)	0,00
(3)	VALOR TOTAL IPI (R\$):	(++)	0,00
(4)	VALOR TOTAL S.T/DIF. (R\$):	(++)	9.223,11
(5)	VALOR TOTAL DA NOTA (R\$):		75.107,41

**Informações Fiscais:**

(\*)- O cliente fica responsável pelo pagamento do ICMS por SUBSTITUIÇÃO TRIBUTÁRIA e DIFERENCIAL DE ALÍQUOTAS, conforme procedimentos/OS - 84/11 - 17/85  
 (c)- O VALOR TOTAL S.T/DIF. será pago no ato da emissão da NF, através do boleto bancário.  
 A mercadoria será liberada com o recebimento do comprovante de pagamento de S.T/DIF.

**Observações:**

FORMA DE PÁGTO: À COMBINAR  
 FRETE CIF / FOB (qual transportadora): FOB  
 N.º DA ORDEM DE COMPRA:  
 RESPONSÁVEL PELA COMPRA: SR. GUSTAVO  
 PARTICULARIDADES DA VENDA:  
 PRAZO DE SAÍDA PARA ENTREGA CONFORME DISPONIBILIDADE EM ESTOQUE