

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

**APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DO PROGRAMA DE
ETIQUETAGEM PBE EDIFICA À FACULDADE DO
GAMA - UNB**

**Autor: Camila Caetano de Melo
Orientador: Loana Nunes Velasco**

**Brasília, DF
2017**



Camila Caetano de Melo

**APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DO PROGRAMA DE
ETIQUETAGEM PBE EDIFICA À FACULDADE DO GAMA - UNB**

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.

Orientador: Prof. Dra. Loana Nunes Velasco

**Brasília, DF
2017**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

MELO, Camila Caetano.

Estudo comparativo entre a Certificação LEED e o programa de etiquetagem PBE Edifica aplicado à Faculdade do Gama - UnB/ Camila Caetano de Melo. Brasília: UnB, 2017. 90 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2017. Orientação: Loana Nunes Velasco

1. Eficiência Energética. 2. Certificação Ambiental. 3. PBE Edifica I. VELASCO, Loana Nunes. II. Aplicação dos critérios do Programa de Etiquetagem PBE Edifica à Faculdade do Gama – UnB.

CDU Classificação



**APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DO PROGRAMA DE ETIQUETAGEM PBE
EDIFICA À FACULDADE DO GAMA - UNB**

Camila Caetano de Melo

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 08/12/2017 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. Dr.: Jorge Andrés Cormane Angarita, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2017

À minha família que sempre esteve ao meu lado, acreditou no meu potencial e sempre me motivou a seguir em frente para que um dia esse sonho se tornasse realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo Seu amor infinito, por essa grande oportunidade concedida e por sempre guiar meus passos me fortalecendo nos momentos que mais precisava.

Aos meus pais, Viviane e Alexander, pessoas fundamentais na minha vida, sem vocês eu nada seria. Obrigada pelo imenso amor, carinho, atenção e cuidado. Obrigada por sempre acreditar em mim e no meu potencial, até mesmo quando eu descreditava. Obrigada por sempre comemorar e se alegrar com as minhas vitórias, ainda que pequenas.

Também aos meus irmãos, Paulo César, Lia, Carolina, Diego Henrique, Rafael e Marcus Felipe por serem tão lindos e tão próximos de mim. Agradeço por todo amor e carinho recebido, pela compreensão nos meus momentos de ausência.

Ao meu grande amor, João Paulo, muita gratidão por tudo! Por todo amor, carinho, cuidado, pela paciência e compreensão nos meus momentos de desesperos e dedicação a esse sonho, por toda e imensa ajuda em tudo que realizo, inclusive a esse trabalho.

Às minhas duas avós, Alcione e Neuza, sempre tão queridas e amorosas. Obrigada por toda preocupação com o meu bem-estar e por acreditarem no meu sucesso.

Agradeço ao Diego, um grande exemplo de profissional. Obrigada por todas as conversas e diálogos cultos desde a minha adolescência e por ter participado ativamente para a conclusão desse trabalho.

A gratidão aos meus amigos e amigas que acompanharam minha jornada na Universidade, me dando o apoio para que eu pudesse prosseguir. Obrigada por todo ombro amigo nos momentos de desespero, por todas as madrugadas de estudo, por todos os finais de semanas em bibliotecas. Em especial, gostaria de agradecer a Katarine, Samantha e o José Lima, esses sempre estiveram ao meu lado e levarei para sempre comigo.

Um obrigado também à família Matriz, pela oportunidade de ter feito parte de uma equipe tão linda. Obrigada pela confiança e acreditarem que eu poderia contribuir para o crescimento dessa empresa. Obrigada por me mostrar que a faculdade também é lugar de alegria e ousadia, por serem tão excelentes como todos são, por todos os cafés, por todo ombro amigo e frases motivadoras. Uma hora o pau tinha que torar, não é mesmo?

Agradeço também a minha orientadora, Loana Velasco, pela confiança depositada no meu trabalho, pela orientação e pela disponibilidade nos momentos em que precisei.

Só tenho a dizer, muito obrigada a todos!

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho”.

Dalai Lama

RESUMO

O crescente aumento da demanda energética e a preocupação com o esgotamento dos recursos naturais gerou diversas ações governamentais para contenção do uso de energia elétrica e uma maior eficiência nos processos produtivos e de serviços. Por meio dessas ações, os selos e as certificações ambientais surgem como alternativas para viabilizar a qualificação de prédios sustentáveis no mercado nacional. Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o nível de eficiência energética em sua situação atual e após mudanças realizadas na Faculdade do Gama – UnB. Para alcançar o nível máximo no programa de etiquetagem PBE Edifica foi realizada simulação luminotécnica a fim de substituir as luminárias por mais eficientes e com atendimento à norma NBR ISO/CIE 8995 e, para aqueles que não possuem, foi proposta a substituição dos equipamentos de ar-condicionado para selo Procel A. Ainda que o investimento tenha sido elevado, o sistema é rentável. No sistema de iluminação o retorno ocorre a partir de um ano e meio enquanto que o de ar-condicionado, em dois anos.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Luminotécnico, PBE Edifica.

ABSTRACT

The increasing energy demand and concerns over the depletion of natural resources has generated a number of governmental actions to contain the use of electrical energy and greater efficiency in production processes and services. Through these actions, the stamps and environmental certifications appear as alternatives to achieve the qualification of sustainable buildings in the domestic market. In this way, the aim of this study is to evaluate the level of energy efficiency in your current situation and after changes made in Faculdade do Gama-UnB. To reach the maximum level in the labeling program PBE Edifica was held to replace lighting simulation the light fixtures by more efficient and with the standard NBR ISO/CIE 8995 and, for those who do not own, it was proposed the replacement of air conditioning equipment to seal the Procel. Although investment has been high, the system is profitable. In the lighting system the return occurs from a year and a half while the air conditioning, in two years.

Keywords: Energy efficiency, lighting technique, PBE Edifica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Subsistemas para obtenção do Selo PBE Edifica.	23
Figura 2 - Níveis de Certificação LEED.....	24
Figura 3 - Níveis de eficiência com seu respectivo número equivalente para cada nível de eficiência – EqNum.....	31
Figura 4 - Variáveis da equação geral.	32
Figura 5 - Fluxograma da escolha da equação do indicador de consumo.....	35
Figura 6 - Intervalo de mudança do nível de eficiência.	36
Figura 7 - Vista aérea do campus Faculdade UnB Gama.	40
Figura 8 - Algoritmo utilizado na simulação luminotécnica utilizando o software DIALUX.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise dos pré-requisitos do LEED aplicado à FGA.	25
Tabela 2 - Níveis de iluminâncias por classe de tarefas visuais.....	29
Tabela 3 - Eficiência luminosa e vida útil para cada tipo de lâmpada.	30
Tabela 4 - Limites do Fator de Forma para cada Zona Bioclimática.	34
Tabela 5 - Comparação de parâmetros nas equações IC.	36
Tabela 6 - Relação dos pré-requisitos e níveis de eficiência.....	37
Tabela 7 - Caracterização da Envoltória da UAC.....	42
Tabela 8 - Limite máximo de densidade de potência para o nível de eficiência pretendido – Método das áreas da edificação.	43
Tabela 9 - Consolidação dos dados levantados de Iluminação do UAC e UED.....	43
Tabela 10 - Potência limite instalada para cada nível de eficiência.....	44
Tabela 11 - Determinação da eficiência através da ponderação por potência do edifício UAC.	45
Tabela 12 - Determinação da eficiência através da ponderação por potência do edifício UED.	45
Tabela 13 - Classificação final dos edifícios UAC e UED – UnB.	46
Tabela 14 - Características das luminárias instaladas no UED e UAC.	47
Tabela 15 - Características das luminárias propostas para substituição às atuais...48	
Tabela 16 - Resultado das simulações luminotécnicas para cada ambiente do edifício UED.....	49
Tabela 17 - Resultado das simulações luminotécnicas para cada ambiente do edifício UAC.....	50
Tabela 18 - Relação da potência total instalada na FGA considerando situação atual.....	52
Tabela 19 - Relação da potência total instalada na FGA considerando todos os equipamentos Selo Procel A.....	52
Tabela 20 - Consumo de energia elétrica (kWh) da situação atual do sistema de iluminação e após mudanças propostas.....	53
Tabela 21 - Consumo de energia elétrica (kWh) da situação atual do sistema de ar-condicionado e após mudanças propostas.....	54
Tabela 22 - Custo associado à troca de luminárias na FGA.....	55
Tabela 23 - Custo associado à troca de equipamentos de ar-condicionado na FGA.....	55

Tabela 24 - Parâmetros e resultados da análise financeira do sistema de iluminação	55
Tabela 25 - Fluxo de caixa do sistema de iluminação	56
Tabela 26 - Parâmetros e resultados da análise financeira do sistema de ar-condicionado.....	56
Tabela 27 - Fluxo de caixa do sistema de ar-condicionado.....	56
Tabela 28 - Consolidação dos dados simulados do sistema de iluminação do UAC e UED	57
Tabela 29 - Potência limite instalada para cada nível de eficiência após mudança no sistema de iluminação.....	57
Tabela 30 - Comparação dos sistemas considerando os critérios do PBE Edifica para a situação atual e após as mudanças sugeridas	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo típico dos Prédios Públicos.....	20
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pontuação necessária para cada classificação geral.....	33
---	----

LISTA DE SIGLAS

BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
DPIL	Densidade de Potência de Iluminação Limite
EEE	Eficiência Energética em Edificações
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Federais
FGA	Faculdade do Gama
GBCI	<i>Green Building Council Institute</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade
LEED	<i>Leadership in Energy & Environmental Design</i>
MESP	Módulo de Serviços e Equipamentos Esportivos
MME	Ministério de Minas e Energia
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
PAZ	Percentuais de Abertura Zenital
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programa de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROESCO	Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações
REUNI	Reestruturação e Expansão das Universidades
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comercial, de Serviço e Público
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
UAC	Unidade Acadêmica
UED	Unidade de Ensino e Docência
UnB	Universidade de Brasília
USGBC	<i>United States Green Building Council</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	METODOLOGIA	16
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	18
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	18
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS	19
3	CERTIFICAÇÕES	21
3.1	PROCEL EDIFICA	21
3.2	PBE EDIFICA	22
3.3	CERTIFICAÇÃO LEED	23
3.4	ILUMINAÇÃO	28
4	METODOLOGIA	31
4.1	MÉTODO PRESCRITIVO	31
4.1.1	Envoltória	33
4.1.2	Iluminação	36
4.1.3	Sistema de condicionamento de ar	38
4.2	LUMINOTÉCNICO	38
4.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	39
5	RESULTADOS	40
5.1	CARACTERÍSTICAS DO CAMPUS	40
5.1.1	Avaliação do nível atual de eficiência energética da Faculdade do Gama – FGA/UnB	41
5.1.2	Classificação geral da edificação	46
5.2	LUMINOTÉCNICO	47
5.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	51
5.4	REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA APÓS MUDANÇAS REALIZADAS	53
5.5	ANÁLISE FINANCEIRA	55
5.6	AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA FACULDADE DO GAMA – FGA/UNB APÓS MUDANÇAS SUGERIDAS	57
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59

6.1	AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA FACULDADE DO GAMA – FGA/UNB.....	59
6.2	MUDANÇAS SUGERIDAS	59
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	APÊNDICE.....	65
	ANEXOS.....	82

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a construção civil é um dos setores mais importantes da economia brasileira. Seu crescimento influencia uma cadeia de empresas ligadas à produção dos insumos e serviços, sendo responsável pela emissão de gases e por um grande consumo de materiais, água e energia.

As edificações são empreendimentos importantes por abrigar grandes empresas, centros comerciais, universidades e outros empreendimentos, de forma a gerar empregos, impostos e renda. Porém, há uma elevada geração de resíduos e emissão de gás carbônico na atmosfera além de ser responsável por 45% do consumo total de energia elétrica do país (PROCEL INFO, 2016).

No Brasil, o Poder Público está entre os maiores consumidores de energia elétrica, representando 8,33% do consumo total pelas edificações. A iluminação e o sistema de ar condicionado são os responsáveis por cerca de 70% do grande consumo nesses prédios (LAMBERTS, 2014).

Com a intenção de diminuir os consumos energéticos e tornar os edifícios mais sustentáveis, os segmentos da construção civil e arquitetura têm adotado o conceito de Green Building (Edifício Verde). O conceito de Edifício Verde é utilizado para denominar edifícios construídos ou modificados dentro dos padrões sustentáveis e que atendem a desempenhos ambientais relativos a cinco grandes temas: local sustentável, eficiência de água, eficiência de energia, conservação dos materiais e dos recursos e qualidade ambiental interna (PINHEIRO, 2006).

Estudo promovido pela empresa EY e pelo Green Building Council (2013) mostra que as edificações verdes reduzem até 30% de energia e liberam 35% a menos de gás carbônico, e o custo de construção desses edifícios é em torno de 1% a 7% maior.

Em 1990, no Reino Unido, foi desenvolvida a primeira metodologia de avaliação ambiental de edifícios. O Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) serviu de base a outras metodologias de avaliação ambiental para o mercado, como o HK-BEAM, em Hong Kong, o LEED, nos Estados Unidos, o DGNB, na Alemanha e o Green Star, na Austrália.

No contexto nacional, ações de sustentabilidade e eficiência energética começaram a se destacar com a criação dos programas: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Programa Nacional de Racionalização

do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Foi desenvolvido também certificações nacionais como o Casa Azul, certificação de construção sustentável pela Caixa, o Processo Aqua, com o foco voltando para resíduos hídricos, o Qualiverde e o Procel Edifica.

Tendo em vista, o elevado consumo de energia elétrica dos prédios públicos e a importância de tornar as edificações mais sustentáveis e eficientes, este trabalho de conclusão de curso visa avaliar a eficiência energética de um dos campi da Universidade de Brasília, considerando os requisitos da certificação PBE Edifica, propondo melhorias e avaliando a viabilidade econômica de sua implementação. O campus Faculdade do Gama (FGA) foi escolhido por ser um campus tecnológico, abrigar cursos de engenharia como oportunidade de estudo e incentivo às boas práticas e servir de exemplo para outros edifícios públicos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o nível de eficiência energética da FGA com a aplicação dos critérios do Programa de Etiquetagem PBE Edifica após melhorias nos sistemas de iluminação e ar-condicionado.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o nível de eficiência energética atual e após mudanças propostas, da Faculdade do Gama;
- Apresentar melhorias no sistema de iluminação e ar-condicionado;
- Avaliar a viabilidade econômica das substituições de luminárias e ar-condicionado.

1.2 METODOLOGIA

O presente estudo considerou, inicialmente, o levantamento de dados bibliográficos a fim de prover a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento da pesquisa e análise de dados. Conjuntamente, foram avaliados os pré-requisitos da certificação LEED aplicados à faculdade.

Mais adiante, foi aplicada a metodologia prescritiva nos edifícios da FGA para etiquetagem de edificações comerciais, de serviço e público, de acordo com os manuais desenvolvidos pelo Procel Edifica e homologados pelo INMETRO, como forma de identificar o nível de eficiência energética da atual e após mudanças propostas na instalação.

Posteriormente, a partir das mudanças realizadas nos sistemas de condicionamento de ar e iluminação, é realizada a análise financeira para definir a viabilidade das substituições. Com isso, foram obtidas conclusões do estudo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho está estruturado em 6 capítulos. O primeiro aborda a importância do tema em questão, os objetivos e as justificativas para a realização do trabalho, bem como detalha a metodologia utilizada e a estrutura geral do trabalho.

O segundo aborda a revisão bibliográfica relacionada ao contexto brasileiro e internacional da eficiência energética, apresentando algumas das iniciativas nacionais no meio da sustentabilidade e eficiência energética e as vantagens da adoção dessas medidas em prédios públicos.

Entretanto, no terceiro capítulo, a revisão bibliográfica está relacionada a programas e certificações existentes escolhidas para comparação e aplicação no estudo de caso além de informações luminotécnicas.

No quarto, é apresentada a metodologia para a avaliação do estudo de caso e simulação luminotécnica. Nesse capítulo, é apresentado o método prescritivo proposto no documento denominado Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comercial, de Serviço e Público (RTQ-C) e as etapas da simulação luminotécnica.

Os resultados da simulação luminotécnica, da avaliação do nível de eficiência energética do estudo de caso, atual e das mudanças propostas dos edifícios da Faculdade do Gama, são apresentados no quinto capítulo. Além disso, é apresentado a análise financeira considerando as mudanças propostas.

O sexto capítulo contém as considerações dos resultados da aplicação do método prescritivo para o estudo de caso e a análise financeira.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Em tempos em que o aquecimento global, mudanças climáticas e o esgotamento dos recursos energéticos naturais são motivos de preocupação no mundo, a melhoria da eficiência energética é a solução mais econômica, eficaz e rápida para minimizar impactos ambientais (PETROBRAS MAGAZINE, 2016).

O uso intensivo de uma ou mais formas de energia está presente em qualquer atividade da sociedade moderna. Sua estima encontra-se desde a iluminação e aquecimento até processos industriais e equipamentos complexos, utilizando, por exemplo, gasolina, álcool, óleo diesel, biometano e eletricidade (JANNUZZI, 2013).

Nos anos de 1970, surgiram preocupações com a escassez de energia devido à crise do petróleo, o que levou os países industrializados a se atentarem e investirem em outras fontes de energia. Nesse período, foram observados desperdício e uso ineficiente de energia elétrica, o que contribuiu para a introdução do termo eficiência energética (LAMBERTS, 2014).

A eficiência energética é um conjunto de práticas e políticas de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por meio de serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos com um menor impacto na natureza. Suas ações compreendem desde modificações ou aperfeiçoamentos tecnológicos até em melhor organização, conservação e gestão energética por parte das entidades que a compõem (PNEF, 2011).

A racionalização do uso da energia possibilita melhor qualidade de vida, gerando conseqüentemente, crescimento econômico, emprego e competitividade. Uma política de ação referente à Eficiência Energética tem como meta o emprego de técnicas e práticas capazes de promover os usos "inteligentes" da energia, reduzindo custos e produzindo ganhos de produtividade e de lucratividade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável (NOGUEIRA, 2007).

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

No início dos anos 1990, o impacto das emissões de poluentes tornou-se um problema mundial. Em 1992, no Rio de Janeiro e na cidade de Kyoto, foram firmados acordos para redução de emissão de CO₂. Para isso, tornou-se necessária a otimização da cadeia energética, desde a produção de energia até o seu uso final. No contexto nacional, ações de eficiência energética e apoio às energias renováveis

ganharam força em 2001, quando o país passou por uma crise de abastecimento de eletricidade devido à falta de chuvas (JANNUZZI, 2013).

Iniciativas nacionais no meio da sustentabilidade e eficiência energética podem ser destacadas, como o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), cuja coordenação executiva é de responsabilidade da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), e o Programa de apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO).

Em 24 de julho de 2000, foi promulgada a Lei nº 9.991, que regulamentou a obrigatoriedade de investimentos em programas de eficiência energética no uso final por parte das distribuidoras de energia elétrica do Brasil. A Lei consolidou a destinação de um montante importante de recursos para ações de Eficiência Energética, o chamado Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica (PEE). Porém, em 2010, foi promulgada a Lei nº 12.212, que alterou o percentual destinado aos consumidores de baixa renda. Por meio desta Lei, as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica deverão aplicar, no mínimo, 60% dos recursos dos seus programas de eficiência energética em unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social.

Além disso, com a crise energética no Brasil, ocorrida em 2001, teve como resposta imediata a promulgação da Lei de Eficiência Energética nº 10.295, que determina a instituição de “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país”, e o Decreto nº 4.059/2001 regulamenta a lei.

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS

As iniciativas para a adoção de medidas de eficiência energética em prédios públicos, recebem a atenção especial de diversos países pela sua importância em contribuir na redução das emissões que impactam o clima do planeta e pelo papel

tecnológico estratégico que desempenham nas empresas num mercado cada vez mais competitivo e globalizado.

No Brasil, o Poder Público está entre os maiores consumidores de energia elétrica. De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2017), o consumo de energia elétrica no País em 2016 foi próximo de 520 TWh. A parcela correspondente aos prédios públicos responde por aproximadamente 43,3 TWh, apresentando um consumo de energia de 8,33% do consumo total.

A iluminação e o sistema de ar condicionado são os responsáveis por cerca de 70% do grande consumo nesses prédios, de acordo com o Gráfico 1 (LAMBERTS, 2014). Visto isso, o Procel criou o subprograma PBE Edifica, que contribuiu com uma significativa redução do consumo de energia nas edificações.

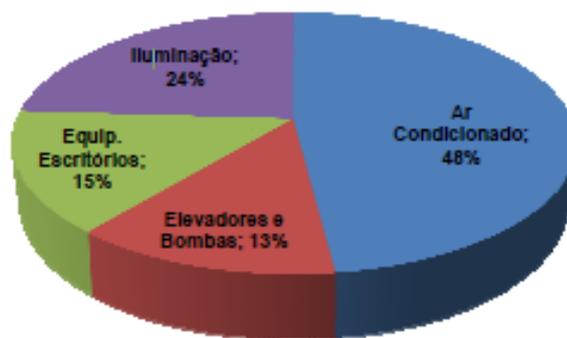


Gráfico 1 - Consumo típico dos Prédios Públicos. Fonte: Lamberts (2014)

Conforme o Procel Edifica, estima-se um potencial de redução de consumo de aproximadamente 30% com a implementação de ações de eficiência energética nos sistemas de iluminação, ar condicionado e modificações na envoltória em edificações existentes. Este percentual se eleva para 50% em edificações novas (PROCEL INFO, 2016).

3 CERTIFICAÇÕES

Com a crescente preocupação com a utilização de energia elétrica, o mercado tem exigido cada vez mais que os empreendimentos sejam mais sustentáveis, inclusive de forma condicional para as exigências de financiamentos e contratos públicos e privados. Com isso, têm surgido diversas ferramentas e formas de avaliar o nível de eficiência energética de edificações e recompensar os que obtiveram um bom desempenho por meio de certificações.

Os benefícios obtidos a partir da certificação ambiental podem ser percebidos no longo prazo com a redução do consumo de água e energia ainda que no primeiro momento tenha tido um aumento do custo inicial do empreendimento. Os empreendimentos certificados são mais valorizados, com maior potencial de atingir novos mercados, há uma redução de custos de produção, maior visibilidade devido à consciência ambiental, aumento da credibilidade além da redução de custos na utilização de recursos naturais (LEITE, 2011).

Nos Estados Unidos, originou-se a certificação LEED, que, além de preocupar-se com a questão energética, busca reduzir o impacto ambiental. Essa é uma das certificações mais difundidas no mundo.

Além dessa, o Brasil gerou ferramentas de incentivo para o uso racional da energia elétrica, classificando as edificações com relação ao desempenho energético, entre eles o Procel Edifica e o PBE Edifica, que por meio de etiquetas comprovam a eficiência energética da edificação.

3.1 PROCEL EDIFICA

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é um programa coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobrás, foi criado em 1985 para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o desperdício. Suas ações contemplam desde o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia, até a mitigação dos impactos ambientais, para ajudar o país a economizar energia elétrica e gerar benefícios para toda a sociedade (PROCEL INFO, 2016).

O Procel Edifica, Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações, instituído em 2003, promove o uso racional da energia elétrica e incentiva a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais nas construções, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. O Selo Procel Edifica objetiva reconhecer as edificações que apresentem maior classificação de eficiência energética em uma dada categoria, já reconhecendo 33 prédios construídos, sendo uma delas a Universidade Federal de Santa Catarina, em agosto de 2016. (PROCEL INFO, 2016)

3.2 PBE EDIFICA

O INMETRO, pioneiro na discussão sobre eficiência energética, em 1984, buscou contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil por meio da prestação de informações e ao estímulo à melhor decisão de compra dos consumidores. Juntamente com a Eletrobrás, desenvolveu a etiqueta PBE Edifica para classificar prédios também promovendo a eficiência energética em edificações (PBE EDIFICA, 2016).

A etiqueta é um selo de conformidade e atendimento aos requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos. Para eficiência energética de uma edificação ou de um produto, são especificadas as classificações de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente), além de informar o consumo e eficiência do que está sendo analisado, denominada de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Para avaliação dos quesitos necessários para classificação do nível de eficiência energética das edificações, foram desenvolvidos os documentos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

Os procedimentos de submissão para avaliação, direitos e deveres dos envolvidos e o modelo das ENCEs podem ser vistos no documento Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações (RAC) e seus documentos complementares, como também os Manuais para aplicação do RTQ-C, do RTQ-R e do RAC.

Para cada tipo de edificação, o processo de certificação é realizado de forma diferenciada. A etiqueta é emitida pela Eletrobrás após uma avaliação feita por um Organismo de Inspeção Acreditado pelo INMETRO para Eficiência Energética em Edificações (OIA – EEE), sendo possível a obtenção ainda na fase de projeto como também depois da construção do edifício.

A avaliação de um projeto de edifício pode ocorrer pelo Método Prescritivo ou pelo Método de Simulação, enquanto o edifício construído deve ser avaliado in loco. O Método Prescritivo avalia os sistemas através de parâmetros pré-definidos ou que necessitam de cálculo por meio de equações e tabelas que limitam parâmetros da edificação de acordo com a classe de eficiência energética enquanto que o Método de Simulação se baseia na simulação termoenergética de dois modelos computacionais, um modelo da edificação real e um modelo de referência baseado no método prescritivo (ELETROBRÁS, 2014).

Para avaliação dos edifícios comerciais, de prestação de serviço e públicos, são levados em conta três subsistemas: envoltória, condicionamento de ar e iluminação, de acordo com a Figura 1. As etiquetas também podem ser concedidas separadamente para cada um desses, desde que contemple a envoltória, com uma ponderação entre eles de 30% relacionado à iluminação, 40% à climatização e 30% à envoltória (ELETROBRÁS, 2016).

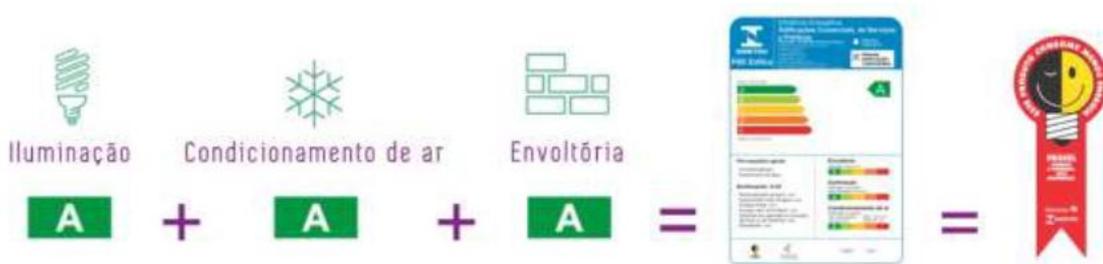


Figura 1 - Subsistemas para obtenção do Selo PBE Edifica. Fonte: PBE Edifica (2017)

3.3 CERTIFICAÇÃO LEED

A certificação LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), desenvolvida pela instituição U.S. Green Building Council (USGBC) em 1996 e ambientada no Brasil pela Green Council Brasil em 2007, busca promover edifícios sustentáveis e lucrativos em 143 países. Baseado em um programa de adesão voluntária, a obtenção do seu selo é uma confirmação de que os critérios de desempenho em termos de energia, água, redução de emissão de CO₂, inovação

do projeto, conscientização e educação do usuário, qualidade do interior dos ambientes, uso de recursos naturais e impactos ambientais foram atendidos satisfatoriamente.

Por meio de um sistema de pontos, dependendo da categoria de certificação, são definidos os níveis de certificação quantificando o grau de proteção ambiental obtido no empreendimento. A avaliação se dá por meio da análise de documentos que indicam sua adequação aos itens obrigatórios e classificatórios sendo necessário o atendimento aos requisitos mínimos ainda na fase de projeto. Para tanto, a USGBC oferece quatro níveis de certificação que dependem da pontuação total obtida na avaliação, sendo elas: Certificação Básica (40 a 49 pontos), Prata (50 a 59 pontos), Ouro (60 a 79 pontos) e Platina (mais de 80 pontos), apresentada na Figura 2.



Figura 2 - Níveis de Certificação LEED. Fonte: USGBC (2016)

Devido a sua ampla aplicação e adaptação aos diversos tipos de construção, o certificado LEED, então, apresenta diferentes tipologias, cuja aplicabilidade baseia-se no tipo do projeto que visa à certificação.

O LEED Existing Buildings – Operation and Maintenance, LEED para Edifícios Existentes - Operação e Manutenção, uma das tipologias da certificação LEED, é o sistema focado na certificação de edifícios já existentes, considerados grandes consumidores de energia. Portanto, para o aumento da eficiência da operação e minimização dos custos e impacto ao meio ambiente são realizadas modificações sem haver significativas alterações em projeto e construção. Atualmente no Brasil, nessa categoria, houve 117 registros sendo 35 já certificados (GSBC, 2017).

Para ser certificado, um projeto deve satisfazer aos requerimentos mínimos do programa, atender todos os pré-requisitos que são obrigatórios em cada Sistema de Classificação além de satisfazer uma combinação de créditos que alcancem certo número de pontos para o desejado nível de certificação (GBC BRASIL, 2016).

Como estratégia, é importante almejar quantidade de crédito superior à certificação desejada devido à possibilidade da recusa de algum crédito. Para isso, é necessário utilizar o LEED RatingSystem, apostila que auxilia a equipe de projeto a compreender cada crédito e pré-requisito. Além da apostila existe, também, no site da USGBC, um conjunto de ferramentas online que auxiliam na compreensão dos créditos.

Com base nas informações do LEED RatingSystem, em GBC (2014), a Tabela 1 apresenta um resumo dos pré-requisitos aplicados a realidade atual da FGA.

Tabela 1 - Análise dos pré-requisitos do LEED aplicado à FGA.

Pré-requisito	Descrição	Situação FGA
Transporte Alternativo	Influencia o uso de transportes alternativo para reduzir os efeitos da poluição	Atende parcialmente. A FGA influencia a utilização de bicicletas, porém ainda falta um incentivo maior para outros transportes alternativos.
Política de Gestão do Terreno	Preserva a integridade ecológica e proporcionar um exterior do edifício limpo e seguro	Não atende. É necessário implementar uma política de gerenciamento do terreno para reduzir uso de produtos químicos nocivos, desperdício de energia e água, poluição atmosférica e resíduos sólidos.
Redução do Uso de Água do Interior	Estabelece padrões de consumo reduzido de água para dispositivos e conexões com consumo 2% menor em relação ao baseline.	Não atende. Caso a FGA possua medidores nos dispositivos e conexões, deve estabelecer um <i>baseline</i> do uso de água e apresentar dados que os consumos estão iguais ou menores que o <i>baseline</i> .
Medição de Água do Edifício	Incentiva o uso de hidrômetros para acompanhar o consumo de água	Não atende. É necessário instalar hidrômetros em cada sistema, registrar os consumos de água potável e compartilhá-lo com a USGBC.

Melhores Práticas de Gestão de Eficiência Energética	Incentiva estratégias de operação eficazes energeticamente	Não atende. Deve ser realizado uma auditoria energética conforme os procedimentos da ASHRAE e estabelecer um plano de requisitos, operações e manutenção de instalações para um edifício com eficiência.
Desempenho Mínimo de Energia	Estabelece um mínimo de desempenho de energia em operação para reduzir os danos ambientais e econômicos associados ao uso excessivo de energia	Não atende. Deve medir o uso de energia do edifício por um período de 12 meses de operação contínua e atingir os níveis de eficiência estabelecidos por meio de uma simulação energética. É necessário comprovar que o desempenho energético é 25% melhor que o desempenho energético de edifícios semelhantes.
Medição de Energia do Edifício	Identifica oportunidades de economia rastreando o consumo de energia	Não atende. Deve ser instalado medidores em cada subsistema e, mensalmente, compilar esses dados para compartilhar a USGBC.
Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Proíbe o uso de refrigerantes à base de clorofluorcarbono (CFC) para reduzir o esgotamento do ozônio	Não pontua ainda que a FGA não utilize gases refrigerantes.
Política de Compras e Resíduos	Reduz o dano ambiental de materiais comprados, usados e descartados nas operações dentro dos edifícios	Não atende. A FGA teria que implementar uma política de aquisição ecologicamente responsável para compras de produtos e uma política de gestão de resíduos sólidos com locais de armazenamento de materiais reciclados.
Manutenção das Instalações e Política de Renovação	Reduz os danos ambientais associados com os materiais comprados, instalados e	Não atende. A FGA deve implementar uma política de manutenção e reforma da instalação. A política deve abordar compra, gestão de resíduos e qualidade do ar interior.

	descartados durante a manutenção e reforma de edifícios	
Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	Estabelece padrões mínimos de qualidade do ar interior para o conforto e bem-estar dos ocupantes do edifício	Não atende. Como a FGA é, majoritariamente, formada de espaços ventilados naturalmente, deve-se determinar os requisitos mínimos de abertura do ar externo e espaço conforme norma ASHRAE 62.1-2010.
Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	Proíbe o fumo em áreas comuns do edifício para evitar a exposição de ocupantes do edifício	Não atende. Deve ser proibido o fumo no edifício e instituído a área de fumo à 7,5 metros de todas as entradas, entradas de ar e janelas. Além disso, deve haver sinalização a 3 metros de todas as entradas do edifício indicando a política da proibição.
Política de Limpeza Verde	Reduz os níveis de contaminantes químicos, biológicos e particulados que podem comprometer a qualidade do ar, a saúde humana, acabamentos e sistemas de edifícios e o meio ambiente	Não atende. A FGA deve implementar uma política de limpeza verde para o edifício e o terreno. Nessa política deve ser definido a proteção dos ocupantes do edifício durante a limpeza, selecionado o uso correto de desinfetantes e higienizadores, estabelecido procedimentos padrões para operação e limpeza e desenvolvido estratégias para promover e melhorar a higiene das mãos.

Fonte: Adaptado de LEED RatingSystem (2014)

Como a FGA não atende a maioria dos pré-requisitos necessários para a obtenção do certificado LEED, foi considerado inviável visto que as mudanças e os custos para alcançar a certificação seriam notórias e necessitaria de grandes obras. Por isso, decidiu-se focar em alcançar elevadas pontuações no PBE Edifica.

Para melhorar o desempenho energético da FGA no sistema de etiquetagem PBE Edifica, sendo assim necessário tornar mais eficiente o sistema de iluminação

por meio de simulação luminotécnica e assim a utilização de luminárias com menor consumo energético e a utilização de equipamentos de ar-condicionado com selo Procel A.

3.4 ILUMINAÇÃO

O uso eficiente de energia elétrica está relacionado a reduzir o consumo de energia nas instalações, contribuir para uma economia sustentável e de baixo carbono, proporcionar bem-estar e conforto para os usuários aumentando a produtividade e ser um exemplo na busca pela sustentabilidade e contribuir para o desenvolvimento da sociedade à qual está inserida (LAMBERTS, 2014).

Como os sistemas de iluminação representam um percentual elevado no consumo total das edificações e, além disso, exerce influência no estado emocional, no desenvolvimento das atividades e no bem-estar dos seres humanos, é muito importante desenvolver medidas para economia de energia elétrica nesse setor e manter o conforto visual para os usuários daquele ambiente (NBR ISO/CIE 8995, 2013).

É comum observar em instalações de edificações existentes o sistema de iluminação fora dos padrões técnicos adequados. Esses tipos de problemas mais recorrentes são:

- Iluminação em excesso;
- Uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa;
- Ausência de manutenção, depreciando o sistema;
- Hábitos de uso inadequados.

Por isso, é recomendado projetos de iluminação para obtenção de maior eficiência do sistema. O estudo da utilização da iluminação artificial, seja em ambientes externos ou internos, é chamado de luminotécnica. Os projetos luminotécnicos devem ter como principal objetivo reduzir a potência instalada por meio da substituição de equipamentos com eficiência luminosa e vida útil maiores. No entanto, deve-se assegurar a qualidade da iluminação para cada atividade a ser desenvolvida nos locais, nível de iluminação adequada ao trabalho, luz uniforme em todos os planos de trabalho e implementação de sistemas de controle da iluminação.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estipula a iluminância necessária para cada tipo de atividade desenvolvida no ambiente tendo como

parâmetros a idade do observador, a velocidade e precisão exigida pela tarefa e as condições de refletância de fundo. Nas tabelas de iluminância média contidas na NBR 5413, “Iluminância de Interiores”, cujos valores para as classes de ambientes A, B e C estão apresentadas na Tabela 2, constam três níveis de iluminância para cada ambiente. Atualmente, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 está em vigor, em substituição a NBR 5413, porém, as tabelas da NBR 5413 permanecem atuais.

Tabela 2 - Níveis de iluminâncias por classe de tarefas visuais.

FAIXA	ILUMINÂNCIA	TIPO DE ATIVIDADE
A Iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples.	20 30 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 75 100	Orientações simples para permanência curta.
	100 150 200	Recintos não utilizados para trabalho contínuo, depósitos.
B Iluminação geral para área de trabalho.	200 300 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
	500 750 1.000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1.000 1.500 2.000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	2.000 3.000 5.000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de pequeno tamanho.
	5.000 7.500 10.000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10.000 15.000 20.000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Fonte: NBR 5413 (1992)

As lâmpadas fornecem a energia luminosa que lhes é inerente com auxílio das luminárias, sustentáculos das lâmpadas, através das quais se obtém melhor distribuição luminosa, melhor proteção contra as intempéries, permitem ligação à rede, além de proporcionarem aspecto visual agradável e estético (COPEL, 2016). Na tabela 3 é relacionado os tipos de lâmpadas e suas características.

Tabela 3 - Eficiência luminosa e vida útil para cada tipo de lâmpada.

Lâmpada	Eficiência luminosa (lm/W)	Vida útil (h)
LED	70 a 130	20.000 a 50.000
Fluorescente	50 a 100	6.000 a 8.000
Vapor de sódio	80 a 150	28.000 a 32.000
Vapor de mercúrio	45 a 55	24.000
Vapor metálico	75 a 100	15.000
Luz mista	20 a 35	10.000
Halógenas	15 a 25	1.500 a 2.000
Incandescente	10 a 15	750 a 1.000

Fonte: Adaptado de Empalux (2017)

As lâmpadas de LED se destacam por possuir elevada eficiência luminosa e vida útil. Com isso, têm se utilizado a substituição das lâmpadas fluorescentes para lâmpadas de LED como medidas de sustentabilidade e economia de energia.

4 METODOLOGIA

Para alcançar o melhor desempenho energético no campus Faculdade do Gama – UnB, este capítulo apresenta a metodologia utilizada para atingir maiores níveis de eficiência no sistema de iluminação por meio de simulações luminotécnicas, trocas de luminárias, substituição de equipamento de ar-condicionado e aplicação do método prescritivo no estudo de caso em questão.

4.1 MÉTODO PRESCRITIVO

O método prescritivo é descrito no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comercial, de Serviço e Público (RTQ – C) do PROCEL, com base na Portaria nº 372 e nas Portarias Complementares nº 17, 299 e 126 publicado em junho de 2016.

O RTQ-C especifica os critérios para a classificação do nível geral de eficiência energética da edificação por meio de classificações parciais de envoltória, do sistema de iluminação e de condicionamento de ar. Para isso, os pesos de cada requisito são ponderados em uma equação sendo permitido somar à pontuação final a bonificações adquiridas caso haja inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou racionalização no consumo de água (INMETRO, 2010, p.15).

A Figura 3 apresenta os cinco níveis de eficiência que uma edificação pode alcançar, variando de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), com o seu respectivo equivalente numérico. Já a determinação da eficiência se dá por meio de três sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar), sendo feita a avaliação separada de cada sistema.

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Figura 3 - Níveis de eficiência com seu respectivo número equivalente para cada nível de eficiência – EqNum. Fonte: Eletrobrás (2016. p.7)

Para classificação da envoltória, o nível de eficiência é estabelecido para a edificação completa, porém, para o sistema de condicionamento de ar e iluminação, é possível que ela seja para um pavimento ou conjunto de salas. As avaliações parciais recebem pesos distribuídos da seguinte forma (ELETROBRÁS, 2016, p. 64):

- Envoltória = 30%;
- Sistema de Iluminação = 40%; e
- Sistema de Condicionamento de Ar = 40%.

A classificação geral do edifício é dada pela equação apresentada na Figura 4 a seguir:

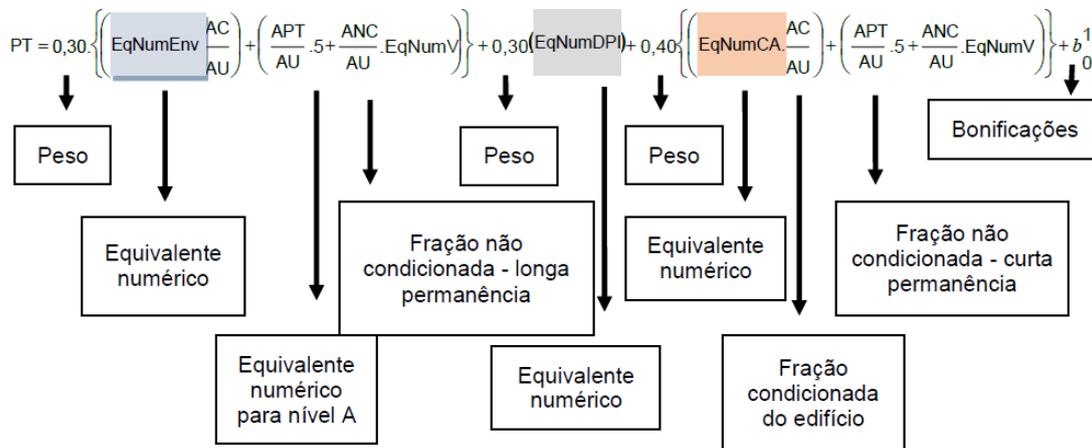


Figura 4 - Variáveis da equação geral. Fonte: Eletrobrás (2016, p.69)

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.

O número de pontos obtidos na equação geral define a classificação final alcançada conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Pontuação necessária para cada classificação geral.

Classificação Final	Pontuação
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a <6
C	$\geq 2,5$ a $<3,5$
D	$\geq 1,5$ a $<2,5$
E	$<1,5$

Fonte: Eletrobrás (2016, p.69)

A avaliação de cada um dos sistemas é apresentada em seguida.

4.1.1 Envoltória

A Eletrobrás (2016, p. 39) no Manual para Aplicação do RTQ-C define envoltória sendo:

“conjunto de elementos construtivos que estão em contato com o meio exterior, ou seja, que compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo (...) referindo-se exclusivamente as partes construídas acima do solo.”

Os pré-requisitos desse sistema englobam transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies além da iluminação zenital. Os limites para os pré-requisitos são estabelecidos conforme o nível de eficiência requerida. A transmitância é avaliada de forma separada quando há ou não condicionamento e deve ser atendido o pré-requisito para ambos os casos (ELETROBRÁS, 2016).

As cores são utilizadas como indicação da absorvância quando não é possível medir, cores mais claras têm absorvâncias mais baixas. As especificações da absorvância solar podem ser obtidas com os fabricantes de tintas ou de revestimentos. A garantia de envoltórias mais eficientes é determinada por níveis de absorvância máxima de revestimentos externo de paredes e coberturas (ELETROBRÁS, 2016, p.92).

Caso haja aberturas zenitais, que permitem que a luz natural penetre nos ambientes internos sem necessitar de iluminação artificial, a edificação deve obedecer ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos Percentuais de Abertura Zenital – PAZ (ELETROBRÁS, 2016, p.92).

Para determinação do nível de eficiência da envoltória, deve-se utilizar um indicador de consumo, o Índice de Consumo da envoltória (IC_{env}), obtido por meio de uma equação. Para o desenvolvimento das equações do indicador de consumo, é necessário identificar a zona bioclimática onde o edifício está inserido, estabelecida na NBR 15220, e a área de projeção (INMETRO, 2010, p.29).

Para cada zona bioclimática existem duas equações diferentes de acordo com a área de projeção da edificação (A_{pe}): para A_{pe} menores que $500m^2$ e para A_{pe} maiores que $500m^2$. Além disso, para cada uma dessas equações há limites máximos e mínimos para o Fator de Forma (FF) calculado sendo (A_{env}/V_{tot}), conforme Tabela 4 (ELETROBRÁS, 2016, p. 111).

Tabela 4 - Limites do Fator de Forma para cada Zona Bioclimática.

Zona Bioclimática	$A_{pe} < 500m^2$	$A_{pe} > 500m^2$
	Fator de forma máximo	Fator de forma mínimo
1	0,60	0,17
2 e 3	0,70	0,15
4 e 5	0,75	Livre
6 e 8	0,48	0,17
7	0,60	0,17

Fonte: Eletrobrás (2016, p.112).

Para a escolha da equação são necessários seguir alguns passos apresentados no fluxograma da Figura 5.

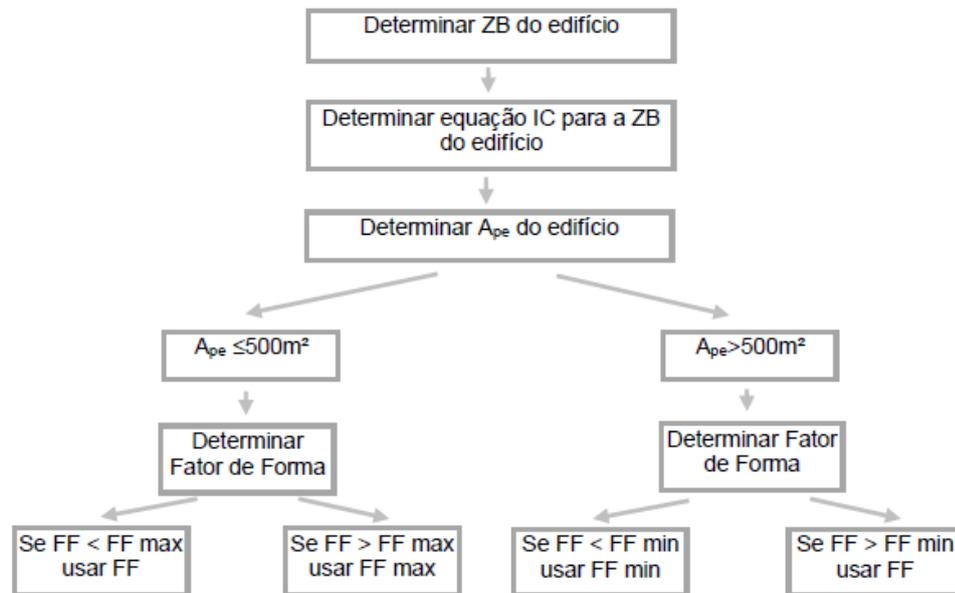


Figura 5 - Fluxograma da escolha da equação do indicador de consumo. Fonte: Eletrobrás (2016, p.113).

Para iniciar o cálculo do Indicador de Consumo é necessário determinar os valores para cada variável listada a seguir:

A_{pe} : Área de projeção da edificação (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° (graus)

AHS: Ângulo horizontal de sombreamento, entre 0 e 45° (graus)

FF: Fator de forma (A_{env} / V_{tot});

FA: Fator altura (A_{pcob} / A_{tot});

FS: Fator solar;

PAFT: Percentual de abertura na fachada total (adimensional, para uso na equação);

V_{tot} : Volume total da edificação (m^3).

Após o cálculo dessas variáveis, ocorre a substituição dos seus valores na equação apropriada por zona bioclimática. O valor obtido deve ser comparado a uma escala numérica, variando de A a E, além de que deve ser determinada para cada volumetria de edifício. Quanto menor o IC obtido, mais eficiente será a envoltória. A determinação dos limites de eficiência da envoltória é realizada por meio dos $IC_{máxD}$, representando o indicador de consumo máximo que a edificação deve

atingir para obter a classificação D, e o IC_{\min} representa o limite mínimo (ELETROBRÁS, 2016).

Os dados de entradas de IC_{env} , $IC_{\text{máxD}}$, IC_{min} e as diferenças entre eles são expostos na Tabela 5:

Tabela 5 - Comparação de parâmetros nas equações IC.

IC_{env}	$IC_{\text{máxD}}$	IC_{min}
A_{pe}	IGUAL	IGUAL
A_{peob}	IGUAL	IGUAL
A_{tot}	IGUAL	IGUAL
A_{env}	IGUAL	IGUAL
V_{tot}	IGUAL	IGUAL
FA	IGUAL	IGUAL
FF	IGUAL	IGUAL
PAF_T	Alterar para 0,60	Alterar para 0,05
FS	Alterar para 0,61	Alterar para 0,87
AVS	Alterar para 0	Alterar para 0
AHS	Alterar para 0	Alterar para 0

Fonte: Eletrobrás (2016, p.115)

Os indicadores de consumo $IC_{\text{máxD}}$ e IC_{min} formam um intervalo, dividido em quatro partes iguais, definindo o intervalo de mudança do nível de eficiência, como indicado na Figura 6:

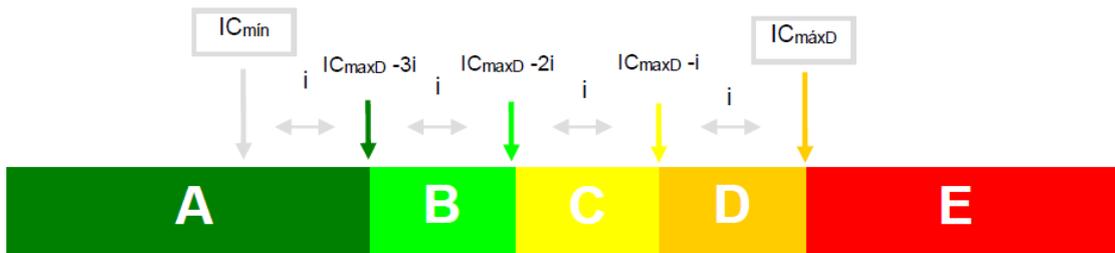


Figura 6 - Intervalo de mudança do nível de eficiência. Fonte: Eletrobrás (2016, p.116).

4.1.2 Iluminação

De acordo com o Manual do RTQ-C (ELETROBRÁS, 2016, p.124):

“A iluminação artificial é essencial para o funcionamento dos edifícios comerciais permitindo o trabalho em locais distantes da fachada e em horários em que a luz natural não atinge os níveis de iluminação mínimos adequados. É vital garantir níveis corretos de iluminação dentro dos ambientes internos dos edifícios para permitir o desempenho das tarefas por seus usuários em condições de conforto e salubridade.”

No entanto, o sistema de iluminação artificial consome muita energia e gera carga térmica. O seu consumo de energia é dividido em dois tipos: o consumo direto, ao utilizar eletricidade para gerar luz, e um consumo indireto, decorrente do calor gerado nesse processo. O calor gerado deve ser retirado dos ambientes resultando em um maior consumo de energia com sistema de condicionamento de ar (ELETROBRÁS, 2016, p.124).

Em virtude disso, torna-se interessante a utilização de um sistema de iluminação eficiente que fornece os níveis adequados de iluminâncias para cada tarefa consumindo o mínimo de energia além de gerar uma baixa carga térmica.

Para classificação do sistema de iluminação, além dos limites de potência instalada, deverão ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação como pré-requisito de acordo com o nível de eficiência pretendido, conforme: a divisão dos circuitos, a contribuição da luz natural e o desligamento automático do sistema de iluminação, indicado na Tabela 6 (INMETRO, 2010, p.31).

Tabela 6 - Relação dos pré-requisitos e níveis de eficiência.

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

Fonte: Adaptado de Eletrobrás (2016, p.125)

O dispositivo de controle automático para desligamento de iluminação é obrigatório apenas para ambientes maiores que 250m².

A avaliação do sistema de iluminação pode ser realizada por dois métodos: método da área do edifício ou método das atividades do edifício e sua escolha dependerá das atividades desenvolvidas na edificação. O método da área da edificação avalia o sistema de forma geral e deve ser aplicado quando o edifício possua no máximo três atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área do edifício. Ao contrário, o método das atividades da edificação avalia cada ambiente e seu uso de forma individual (ELETROBRÁS, 2016, p.130). No entanto, pelo estudo de caso possuir apenas uma atividade principal, será utilizado o método das áreas para classificação do sistema de iluminação.

O método da área do edifício determina limites de densidade de potência em iluminação para edificações como um todo. No entanto, para o atendimento dos pré-

requisitos, os ambientes são avaliados separadamente. As etapas para avaliação são listadas a seguir (INMETRO, 2010):

- a. Identificar a atividade principal do edifício e a densidade de potência de iluminação limite (DPIL – W/m^2) para cada nível de eficiência;
- b. Determinar a área iluminada do edifício;
- c. Multiplicar a área iluminada pela DPIL, para encontrar a potência limite do edifício;
- d. Determina-se a densidade de potência de iluminação limite (DPIL) para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício;
- e. Comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação;
- f. Após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes; e
- g. Caso exista ambientes que não atendem aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

4.1.3 Sistema de condicionamento de ar

A classificação do sistema de condicionamento de ar é baseada no nível de eficiência energética do equipamento, sendo a razão entre a sua capacidade de refrigeração e a potência elétrica consumida pelo equipamento (INMETRO, 2010, p.141).

O PBE/INMETRO avalia o nível de eficiência energética e classifica cada modelo de ar-condicionado por meio das etiquetas que funcionam de forma semelhante ao PBE Edifica, com variação de A a E.

4.2 LUMINOTÉCNICO

A metodologia para adequação do sistema luminotécnico da FGA emprega uma sequência composta de quatro etapas:

- 1. Avaliação do sistema atual com luminárias que utilizam lâmpadas fluorescentes:** após um levantamento por inspeção, fez-se uma avaliação dos ambientes da faculdade sobre suas características físicas, os tipos de luminárias e lâmpadas utilizadas e suas quantidades.
- 2. Proposta de cenários de conservação de energia e melhoria da iluminação:** com base nas dimensões do ambiente, nas condições de uso bem como as características da iluminância recomendada pela norma NBR ISO-CIE 8995/2013 foram propostas trocas de luminárias considerando qualidade da iluminação, níveis de iluminação e fluxo luminoso, eficiência luminosa, dimensões da luminária e vida útil.
- 3. Simulação computacional com o software DIALux dos ambientes com as luminárias propostas:** utilizando o software DIALux, programa de simulação luminotécnico, foi calculada a melhor distribuição de luminárias, definido locais de substituições de luminárias atualmente utilizadas por outras mais eficientes e atendido o nível de iluminação proposto para os diferentes ambientes e atividades de acordo com a NBR ISO-CIE 8995/2013.

4.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Com o levantamento por inspeção nas instalações da FGA, é identificado os locais que contenham instalados os equipamentos de condicionamento de ar e sua classificação segundo o selo Procel. Será proposto, após o levantamento, a substituição dos equipamentos de ar-condicionado que possuam selo Procel inferior ao nível A.

Feitas as avaliações e proposto as melhorias nos sistemas de iluminação e ar-condicionado, é identificado os custos de investimento para as substituições por equipamentos mais eficientes. A partir da simulação do consumo dos dois sistemas, o atual e o modificado, será possível realizar a análise econômica avaliando o tempo de retorno do investimento.

5 RESULTADOS

O local escolhido como estudo de caso desse trabalho é a Faculdade do Gama da Universidade de Brasília. Foi escolhida por ser edificações de poder público que necessitam de um bom desempenho energético e por ser um campus de engenharia, servindo de oportunidade de estudo e incentivo às boas práticas além do alto consumo de energia devido ao sistema de iluminação e ar-condicionado.

5.1 CARACTERÍSTICAS DO CAMPUS

A Faculdade UnB Gama é a extensão da Universidade de Brasília, está localizada às margens da DF-480 da região administrativa do Gama, no Distrito Federal. O campus abriga cinco cursos da área de engenharia: aeroespacial, automotiva, eletrônica, energia e software.

Esse campus faz parte do projeto de expansão das universidades federais, o Reuni, que visa à ampliação do acesso e à permanência na educação superior. O funcionamento teve início no segundo semestre de 2008 em uma sede provisória. Porém, em 2011, foi inaugurada a sede definitiva, composta por dois prédios: Unidade Acadêmica (UAC) e Unidade de Ensino e Docência (UED).

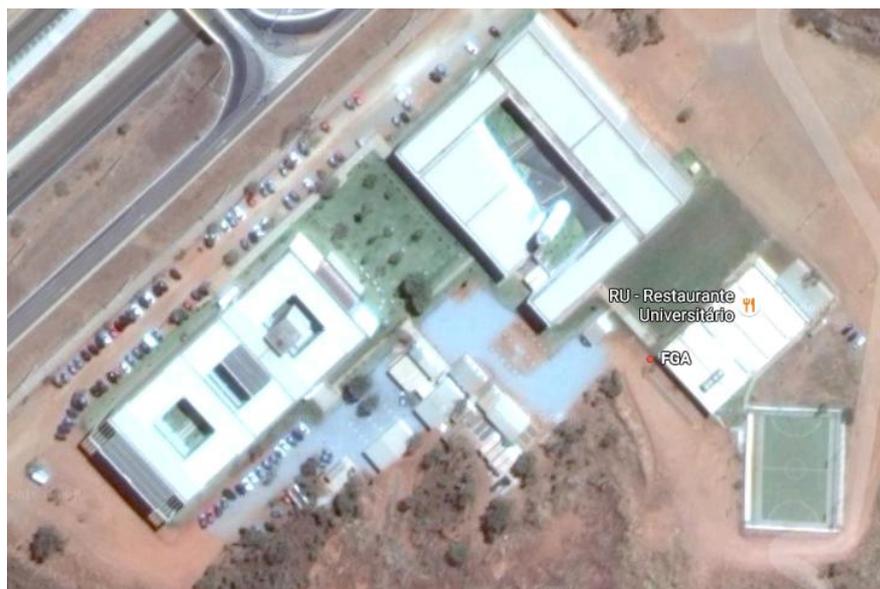


Figura 7 - Vista aérea do campus Faculdade UnB Gama. Fonte: Google Maps.

O prédio UAC possui dois andares, onde se situam as salas de aulas, laboratórios, biblioteca, auditório, banheiros, secretaria, SOU (Serviço de Orientação ao Estudante), CPD (Centro de Processamento de Dados), lanchonete, área de circulação e diversos ambientes voltados para proporcionar conforto aos frequentadores. No UED encontram-se as salas dos professores, direção, sala de reuniões, diversos laboratórios e banheiros.

Nos meses letivos é estimado uma ocupação dos prédios de 48 horas semanais em todos os ambientes da faculdade. Para garantia do conforto térmico de alguns ambientes, foram instalados aparelhos de ar-condicionado sendo que 52% destes possuem selo Procel C, com alto consumo de energia elétrica. Já o sistema de iluminação é predominantemente utilizado lâmpadas fluorescentes tubulares, com baixa eficiência energética.

5.1.1 Avaliação do nível atual de eficiência energética da Faculdade do Gama – FGA/UnB

Para a análise das edificações considerando as instalações atuais de iluminação e ar-condicionado, foi aplicado o método prescritivo apresentado no RTQ-C. No método prescritivo, foram avaliados a envoltória, o sistema de iluminação e condicionamento de ar, o que resultou em uma ENCE com a classificação final dos edifícios UAC e UED.

5.1.1.1 Envoltória

A análise do desempenho da envoltória descrita, foi realizada pela equipe do LACAM, da Faculdade de Arquitetura da UnB, com responsabilidade técnica da Professora Cláudia Amorim.

Conforme metodologia descrita nos regulamentos, a zona bioclimática da cidade de Brasília, na qual a Faculdade do Gama está situada, é a zona climática 4.

Com os dados e características da envoltória da UAC, apresentados na Tabela 7, foi possível inserir os dados no software WebPrescritivo encontrado no site www.labeee.ufsc.br/sites/default/webprescritivo/index.html, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – LABEEE a fim de avaliar a classificação da envoltória. Os resultados da simulação no Webprescritivo encontram-se no Apêndice A.

A partir da caracterização da envoltória da UAC, exposto na Tabela 7, foi possível analisar o nível de eficiência energética da envoltória. Porém, devido a análise do desempenho da envoltória ter sido realizada apenas para o prédio UAC, a simulação de envoltória abrange somente esse edifício.

Tabela 7 - Caracterização da Envoltória da UAC

Parâmetros	Valor
Área total do piso (A_{tot})	6.416,95 m ²
Área de projeção da cobertura (A_{pcob})	3.369,15 m ²
Área de projeção do edifício (A_{pe})	3.220,20 m ²
Área da envoltória (A_{env})	9.631,27 m ²
Volume Total (V_{tot})	27.377,47 m ³
Percentual de abertura nas fachadas (PAF_T)	0,18
Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)	5,2303°
Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS)	1,3745°
Fator Solar (FS)	0,87
Transmitância Térmica das Paredes	2,21
Transmitância Térmica da Cobertura	0,39
Absortância das Paredes	0,41
Absortância da Cobertura	0,314

Fonte: Gonçalves (2013)

Ao simular no software *Webprescritivo*, a etiqueta adquirida foi A.

5.1.1.2 Sistema de Iluminação

Tendo em vista que o prédio UAC possui apenas uma atividade principal, escola/universidade, foi escolhido o método das áreas para a classificação do sistema de iluminação. Com isso, foi levantado toda a densidade de potência e comparado com a densidade de potência de iluminação limite – DPIL para cada nível de eficiência de acordo com a função do prédio, apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 - Limite máximo de densidade de potência para o nível de eficiência pretendido – Método das áreas da edificação.

Função da Edificação	Densidade de Potência de Iluminação Limite – W/m ² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação Limite – W/m ² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação Limite – W/m ² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação Limite – W/m ² (Nível D)
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5

Fonte: Adaptado da Eletrobrás (2016, p. 131).

O sistema de iluminação atual dos edifícios UAC e UED encontrado no Apêndice B, relaciona a potência das luminárias e as suas quantidades. Após verificação da atualidade dos dados, foi consolidado na Tabela 9.

Tabela 9 - Consolidação dos dados levantados de Iluminação do UAC e UED

UAC			
Quantidade de Ambientes	Área Iluminada Total (m ²)	Quantidade das Luminárias	Potência Total Instalada (W)
64	4.118,80	758	49.266
UED			
Quantidade de Ambientes	Área Iluminada Total (m ²)	Quantidade das Luminárias	Potência Total Instalada (W)
129	3.287,56	557	40.100

Fonte: A autora (2017)

Para a obtenção da potência limite instalada para cada classificação foi utilizada a equação 1, utilizando a área total da Tabela 9.

$$P_L = DPIL \times \text{Área Total} \quad (1)$$

A partir desses cálculos, obtêm-se a Tabela 10 com os dados da potência limite para cada nível de eficiência, para que possa ser feita a comparação entre as potências limites e as potências totais instaladas.

Tabela 10 - Potência limite instalada para cada nível de eficiência

UAC				
Potência Total Instalada (W)	Potência Limite (W) - Nível A	Potência Limite (W) - Nível B	Potência Limite (W) - Nível C	Potência Limite (W) - Nível D
49.266	42.816	49.219	55.621	62.023
UED				
Potência Total Instalada (W)	Potência Limite (W) - Nível A	Potência Limite (W) - Nível B	Potência Limite (W) - Nível C	Potência Limite (W) - Nível D
40.100	35.177	40.437	45.697	50.957

Fonte: A autora (2017)

Comparando a potência das edificações com os limites tem-se que, os edifícios UAC e UED possuem potência maior que a potência limite do Nível A, alcançando o nível de eficiência de iluminação B. Ao simular no *WebPrescritivo*, é encontrado os mesmos níveis de eficiência, comprovando os cálculos analisados.

5.1.1.3 Sistema de Condicionamento de Ar

Os dados consolidados dos ambientes que possuem ar-condicionado, a capacidade térmica do equipamento, o Selo Procel indicando o consumo de energia e a área condicionada encontram-se no Apêndice C.

A obtenção da classificação final de todo o sistema de condicionamento de ar é dada pela ponderação das áreas condicionadas de cada ambiente e sua classificação. A ponderação do equivalente numérico de cada sistema (A = 5, B = 4,...) se dá por sua potência dividida pela capacidade total, soma das capacidades de todos os sistemas (ELETROBRÁS, 2016, p. 146).

Sendo assim, todos os resultados obtidos a partir do ponderamento do equivalente numérico para UED e UAC são apresentados nas tabelas 11 e 12, respectivamente.

Tabela 11 - Determinação da eficiência através da ponderação por potência do edifício UAC.

Área Condicionada (m ²)	Equivalente numérico da Unidade	Equivalente numérico do Ambiente	Coefficiente de Ponderação	Resultado Ponderado
70,54	3	3	0,14	0,42
32,33	3	3	0,36	1,08
	3			
	3			
24,24	3	3	0,11	0,33
27,19	5	5	0,18	0,90
	5			
211,97	3	3	0,11	0,33
64,99	3	3	0,11	0,33
431				3,39

Fonte: A autora (2017)

Tabela 12 - Determinação da eficiência através da ponderação por potência do edifício UED.

Área Condicionada (m ²)	Equivalente numérico da Unidade	Equivalente numérico do Ambiente	Coefficiente de Ponderação	Resultado Ponderado
15,25	3	3	0,015	0,046
23,4	3	3	0,041	0,122
24,35	2	2	0,051	0,101
110,45	1	1	0,101	0,101
93,75	1	1	0,051	0,051
54,75	2	2	0,051	0,101
6,65	3	3	0,015	0,046
121,85	2	4	0,101	0,405
23,4	5		0,015	0,000
16,4	5	4	0,051	0,203
15,6	4		0,030	0,000
15,7	2	2	0,051	0,101
30,5	5	5	0,051	0,253
7,55	3	4	0,020	0,081
7,55	5		0,020	0,000
12,25	5	5	0,015	0,076
15,7	5	5	0,020	0,101
15,7	5	5	0,020	0,101
15,7	5	5	0,020	0,101
15,7	5	5	0,020	0,101
15,7	5	5	0,020	0,101

15,7	5	5	0,015	0,076
15,7	5	5	0,020	0,101
15,7	3	3	0,020	0,061
15,7	5	5	0,020	0,101
15,7	5	5	0,020	0,101
15,7	5	5	0,015	0,076
15,7	5	5	0,015	0,076
16,25	5	5	0,012	0,059
	5		0,020	0,000
34,25	4	4	0,020	0,081
34,25	5	5	0,020	0,101
28,5	5	5	0,020	0,101
881,05				3,13

Fonte: A autora (2017)

O resultado ponderado é comparado com os valores apresentados no Quadro 1 e verificado que ambos os edifícios apresentam nível C de eficiência do sistema de condicionamento de ar. Com o software WebPrescritivo, foi também obtido o nível C para ambos os prédios.

5.1.2 Classificação geral da edificação

Após a simulação da envoltória e os sistemas individuais, é possível determinar a classificação geral das edificações. A Tabela 13 apresenta a pontuação alcançada pelo UED e a UAC.

Tabela 13 - Classificação final dos edifícios UAC e UED – UnB.

Sistemas	UAC	UED
Envoltória	A	
Iluminação	B	B
Ar-condicionado	C	C
Geral	B	

Fonte: A autora (2017).

Para alcançar o nível máximo da classificação geral, é preciso reduzir o consumo de energia elétrica nos sistemas de ar-condicionado e iluminação. A substituição das luminárias atuais por luminárias com maior eficiência luminosa e ar-condicionado com selo Procel A, que apresentam menor consumo de energia elétrica, resultaria na etiqueta A classificação geral para os dois edifícios.

5.2 LUMINOTÉCNICO

Para melhorar a eficiência energética, é sugerido a utilização de luminárias de LED, que apresentam maior eficiência luminosa. Atualmente, o sistema de iluminação da FGA possui cinco luminárias diferentes e para usos específicos, porém são lâmpadas fluorescentes e, no caso do pé-direito alto, vapor de metal. A Tabela 14 apresenta um resumo das luminárias instaladas nas edificações.

Tabela 14 - Características das luminárias instaladas no UED e UAC.

Área utilizada	Áreas Comuns	Salas de Aula	Banheiros	Auditório e MOCAP	Pé-Direito Alto
Marca	Itaim	Itaim	Itaim	Itaim	Itaim
Modelo	2006	2750	Âmbar	Hipnos	4811
Tamanho	120x30 cm	60x60 cm	Ø225	Ø245	Ø430
Potência	2x32W	4x16W	2x20W	2x20W	250W
Eficiência Luminosa	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de Itaim (2017)

Portanto, foi realizada simulação luminotécnica para substituir por luminárias com maior eficiência luminosa e identificar a quantidade de luminárias necessárias em cada ambiente para que se atenda à norma de iluminação, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Para a realização do projeto de iluminação, os seguintes fatores foram considerados:

- Dimensões do ambiente;
- Altura de montagem – pé direito;
- Função e uso do espaço;
- Nível de conforto e satisfação dos usuários;
- Tarefas desempenhadas: grau de precisão e duração;
- Determinação da iluminância necessária de acordo com a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1;
- Escolha da luminária com maior eficiência luminosa e que atenda na qualidade da rede elétrica;
- Cálculo da quantidade de luminárias;
- Disposição das luminárias no ambiente;
- Custo inicial;
- Consumo energético.

O DIALux, *software* utilizado para o estudo luminotécnico, produzido pela dinamarquesa DIAL GmbH, realiza cálculo e simulação computacional para projetos de iluminação. O *software* permite verificar a iluminância que determinada luminária terá no ambiente projetado em tabelas e gráficos. A Figura 8 apresenta o algoritmo da simulação utilizada para obtenção das iluminâncias de cada ambiente.

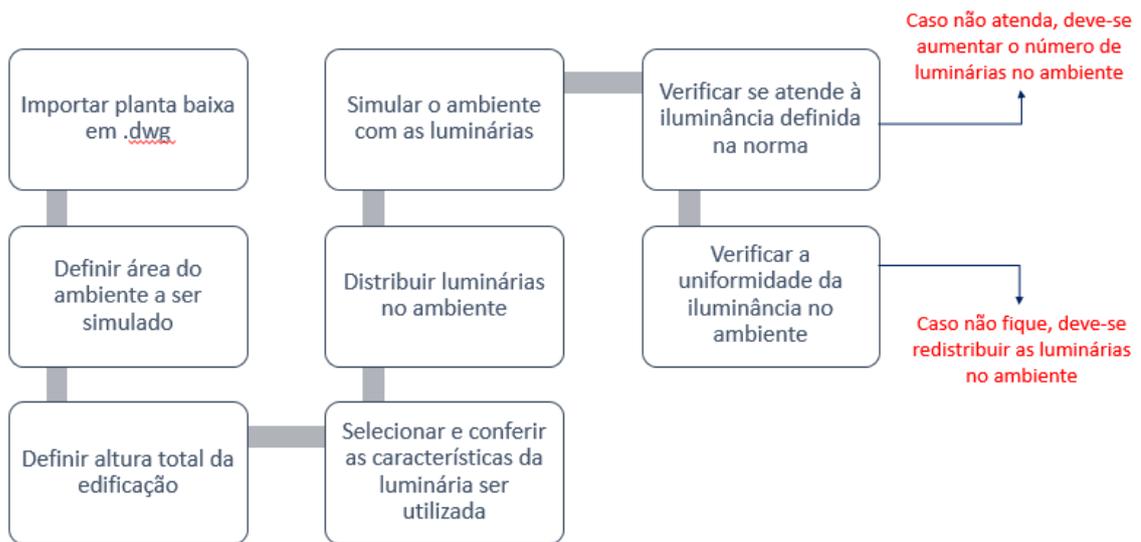


Figura 8 - Algoritmo utilizado na simulação luminotécnica utilizando o software DIALUX.
Fonte: A autora (2017).

As luminárias propostas para substituição às atuais e utilizadas na simulação são da empresa *BrightLux*[®] pois suas luminárias apresentam alta eficiência luminosa, cerca de 125 lm/W, atendem aos critérios da Qualidade da Energia: Distorção Harmônica Total (THD) de corrente menor que 20% e fator de potência maior que 0,92 e apresentam melhor custo-benefício por serem a mais barata com essas características. A Tabela 15 apresenta as características dessas luminárias.

Tabela 15 - Características das luminárias propostas para substituição às atuais.

Área utilizada	Áreas Comuns	Salas de Aula	Banheiros	Auditório e MOCAP	Pé-direito alto
Marca	Brightlux	Brightlux	Brightlux	Brightlux	Brightlux
Modelo	FLT8-EM-404-12030	FLP-EM-404-6060	DOWN-S-18X-B	DOWN-M-30X-B	IND-CP-1005
Tamanho (mm)	1243x310x8	620x620x8	ø225x16	ø245x60	410x410x300
Potência (W)	40	40	18	30	100
Eficiência Luminosa (lm/W)	125	125	125	125	125
THD	<20%	<20%	<20%	<20%	<12%
Fator de Potência	>0,92	>0,92	>0,92	>0,92	>0,97

Fonte: A autora (2017)

Com as simulações luminotécnicas, houve uma redução de 256 luminárias e 43,23 kW instalado nas edificações. Os resultados são exibidos nas tabelas 16 e 17.

Tabela 16 - Resultado das simulações luminotécnicas para cada ambiente do edifício UED

UED					
Número	Ambiente	Quantidade Atual	Quantidade Simulada	Iluminância da norma	Iluminância simulada
2	Salas Apoio técnico	1	3	500	539
4	Apoio Técnico	4	3	500	500
1	Sala Técnica	3	4	500	523
1	Laboratório SS	23	18	500	585
1	Laboratório NEI direito	26	9	500	559
1	Sala Apoio NEI		3	500	496
1	Laboratório NEI esquerdo		9	500	549
1	Laboratório Física direito	25	9	500	549
1	Sala de Apoio Física		3	500	496
1	Laboratório Física esquerdo		9	500	549
1	Laboratório Eletricidade	19	15	500	588
1	Laboratório de Materiais	12	9	500	506
3	Sala de Apoio Química	14	1	500	334
1	Laboratório de Química		9	500	533
1	Reprografia	4	3	500	503
1	Refeitório	11	4	200	293
1	Laboratório de Termodinâmica	10	8	500	536
1	Corredor final	12	18	100	638
2	Corredor	17	10	100	177
1	Corrente frente escada	4	3	100	227
1	Corrente frente banheiro	4	4	100	146
1	MOCAP	18	20	500	450
1	Sala técnica MOCAP - 23,4 m ²	4	3	100	208
1	Sala técnica MOCAP - 8,75 m ²	2	4	500	489
2	Banheiros - 15,15 m ²	7	4	200	272
2	Banheiros - 29,96 m ²	7	7	200	248
1	Limpeza	2	3	100	191
2	Escada	2	2	150	168
6	Sala de Professores - 16,1m ²	3	3	500	543
30	Sala de Professores - 15,7 m ²	3	3	500	552
2	Sala reunião professores - 15,75 m ²	1	2	500	333
28	Sala Reunião Professores - 7,65 m ²	1	1	500	317
2	Sala Reunião Professores - 13,05 m ²	1	2	500	337
1	Sala Reunião	6	6	500	622
1	Direção	6	3	500	621
2	Assessoria		2	500	302
1	Recepção		3	500	568

1	Corredor Final	12	20	500	506
1	Corredor Frente Banheiro	8	6	100	235
1	Corredor Frente Direção	4	3	100	232
1	Corredor Frente Escada	4	3	100	224
2	Corredor	18	10	100	187
1	Laboratório Termodinâmica	5	8	500	541
1	Banheiro Feminino	6	6	200	270
1	Banheiro Masculino	6	6	200	270
2	Acesso ao banheiro	1	1	200	270
2	Entrada	5	2	100	292
1	Laboratório Termodinâmica	5	4	500	491
1	Escada Meio	2	1	150	212
1	Rampa	6	3	150	208

Fonte: A autora (2017)

Tabela 17 - Resultado das simulações luminotécnicas para cada ambiente do edifício UAC

UAC					
Número	Ambiente	Quantidade Atual	Quantidade Simulada	Iluminância da norma	Iluminância simulada
1	Salas de aula - 120 alunos - 129,24m ²	24	16	500	473
4	Salas de aula - 60 alunos - 65m ²	15	9	500	493
4	Salas de aula - 45 alunos - 48,28m ²	12	9	500	628
1	Sala de Informática - I10 - 194,80m ²	32	25	500	460
1	Sala de Apoio S10	3	4	500	484
1	Biblioteca	41	35	500	513
1	Sala Biblioteca	4	4	500	416
1	Secretaria + SAA	14	12	500	535
2	Rack e Sala do Coordenador	1	1	300	310
1	Lanchonete	3	4	500	571
1	Corredor frente O Belisco	3	3	100	214
1	Corredor frente secretaria	11	6	100	181
1	Corredor principal	20	10	100	195
1	Corredor frente I6 e I7	4	2	100	209
1	Corredor frente I10	5	3	100	222
1	Entrada do prédio	12	6	100	190
1	Corredor frente rampa	6	3	100	162
4	Banheiros - 20,09m ²	8	5	200	267
5	Salas de aula - 120 alunos - 129,24m ²	24	20	500	518
2	Salas de aula - 60 alunos - 65m ²	15	12	500	569
2	Salas de aula - 45 alunos - 48,28m ²	12	9	500	542
1	Sala de Informática - S10 - 194,80m ²	32	25	500	460
1	Sala de Apoio S10	3	4	500	484
1	Sala Multiuso 1 - 12,75m ²	3	3	500	468
1	Sala Multiuso 2 - 8,26m ²	2	2	500	396
1	Sala Multiuso 3 - 24,24 m ²	8	6	500	584

1	Corredor frente S10	5	3	100	187
1	Corredor principal	20	10	100	165
1	Corredor frente S6 e S7	4	2	100	175
1	Corredor frente SOU	11	6	100	186
1	Hall Auditório	8	6	100	241
1	SOU	4	4	500	491
1	Área circulação auditório	4	2	100	281
1	Salas Técnica do Auditório	8	8	500	537
1	CPD	8	6	500	490
1	Laboratório – Antiga reprografia	8	6	500	522
1	Circulação das salas multiuso	1	1	100	96,4
4	Banheiros - 20,09m ²	8	5	200	213
1	Auditório	70	46	500	472
2	Escadas	2	1	150	207
1	Palco Auditório	2	2	200	233
1	Depósito Auditório	3	3	100	135

Fonte: A autora (2017)

Embora alguns ambientes não tenham alcançado a iluminância mínima exigida pela norma, os valores se mostraram próximos aos da norma. Caso fosse aumentado a quantidade de luminárias no ambiente para atendimento à norma, causaria um desconforto por excesso de luminosidade pois ultrapassaria bastante os valores determinados.

5.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

A potência de cada equipamento de ar-condicionado é definida conforme o critério apresentado no manual do PENA (2002) onde 1W equivale à 3,4 Btu/h. Além disso, a tabela de eficiência energética, disponibilizada pelo INMETRO (2014) identifica o percentual de aumento no consumo para as diferentes classes em comparação com a classe de consumo A. Os valores de aumento no consumo são 6,5%, 13%, 19,5% e 26%, respectivamente, para as classes B, C, D e E. De posse desses dados, é relacionada nas tabelas 18 e 19 a potência total instalada nos dois sistemas, atual e o proposto.

Tabela 18 - Relação da potência total instalada na FGA considerando situação atual

Capacidade	Selo Procel	Quantidade	Potência Atual por unidade (kW)	Potência Total Atual (kW)
7.000	A	1	2,059	2,059
9.000	A	6	2,647	15,882
9.000	C	2	2,991	5,982
12.000	A	14	3,529	49,412
12.000	B	1	3,759	3,759
12.000	C	2	3,988	7,976
18.000	B	1	5,638	5,638
24.000	C	12	7,976	95,718
30.000	A	3	8,824	26,471
30.000	C	2	9,971	19,941
30.000	D	3	10,544	31,632
30.000	E	1	11,118	11,118
60.000	D	1	21,088	21,088
60.000	E	1	22,235	22,235
Total				318,912

Fonte: A autora (2017)

Tabela 19 - Relação da potência total instalada na FGA considerando todos os equipamentos Selo Procel A

Capacidade	Selo Procel	Quantidade	Potência por unidade (kW)	Potência Total (kW)
7.000	A	1	2,059	2,059
9.000	A	8	2,647	21,176
12.000	A	17	3,529	60,000
18.000	A	1	5,294	5,294
24.000	A	12	7,059	84,706
30.000	A	9	8,824	79,412
60.000	A	2	17,647	35,294
Total				287,941

Fonte: A autora (2017)

Com a substituição dos 26 equipamentos de ar-condicionado que não possuem Selo Procel A, haverá uma redução de, aproximadamente, 31kW.

5.4 REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA APÓS MUDANÇAS REALIZADAS

A partir das simulações e com a utilização de luminárias mais eficientes, foram reduzidas as potências instaladas nos ambientes e, em alguns casos, a quantidade de luminárias. Outro motivo para a redução no consumo de energia, deve-se pela substituição dos equipamentos de ar-condicionado por aparelhos mais eficientes.

A FGA, por apresentar consumo acima de 500 kWh, se enquadra na modalidade tarifária de alta tensão – nesse caso, Horossazonal Verde – e pertence ao subgrupo A4 – Poder Público. De acordo com a CEB (2017), o valor do consumo no horário de ponta é R\$1,50, tarifa considerada na simulação de consumo.

Além disso, foi considerado que todos os ambientes da FGA, nos meses de período letivo, março a junho e agosto a dezembro, funcionem oito horas por dia de segunda à sábado e nos meses considerados de férias, janeiro, fevereiro e julho, o funcionamento seja de apenas quatro horas de segunda à sexta. A Tabela 20 retrata a comparação dos sistemas, atuais e propostos, do consumo de energia elétrica pelo sistema de iluminação do UAC e UED.

Tabela 20 - Consumo de energia elétrica (kWh) da situação atual do sistema de iluminação e após mudanças propostas

Meses	Consumo de Energia Elétrica (kWh)		Redução (kWh)	Redução (R\$)
	Situação Atual	Após mudanças		
Janeiro	7.149	3.691	3.458	-R\$ 5.179,90
Fevereiro	7.149	3.691	3.458	-R\$ 5.179,90
Março	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Abril	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Maio	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Junho	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Julho	7.149	3.691	3.458	-R\$ 5.179,90
Agosto	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Setembro	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Outubro	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Novembro	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Dezembro	17.158	8.859	8.299	-R\$ 12.431,76
Anual	175.872	90.804	85.069	-R\$ 127.425,56

Fonte: A autora (2017)

Com as mudanças propostas, há uma redução considerável no consumo de energia elétrica. Para reduzir ainda mais a conta de energia, é necessário realizar o estudo de demanda contratada.

Já na situação de ar-condicionado, a tarifa utilizada na simulação de consumo é a mesma utilizada do sistema de iluminação, porém, o período de utilização é diferenciado. No período letivo, foi considerado o funcionamento de todo o sistema de condicionamento de ar durante seis horas por dia de segunda à sábado e nos meses de férias, o funcionamento de apenas duas horas de segunda à sexta.

A Tabela 21 refere-se à redução do consumo com a utilização de aparelhos de ar-condicionado mais eficientes.

Tabela 21 - Consumo de energia elétrica (kWh) da situação atual do sistema de ar-condicionado e após mudanças propostas

Meses	Consumo de Energia Elétrica (kWh)		Redução (kWh)	Redução (R\$)
	Situação Atual	Após mudanças		
Janeiro	12.756	11.518	1.239	-R\$ 1.855,65
Fevereiro	12.756	11.518	1.239	-R\$ 1.855,65
Março	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Abril	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Maio	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Junho	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Julho	12.756	11.518	1.239	-R\$ 1.855,65
Agosto	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Setembro	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Outubro	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Novembro	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Dezembro	45.923	41.464	4.460	-R\$ 6.680,34
Anual	451.579	407.725	43.854	-R\$ 65.689,98

Fonte: A autora (2017)

Como boa parte dos equipamentos já possuem o selo Procel A e o período de utilização do sistema é menor em comparação com o sistema de iluminação, a redução do consumo não foi considerável como do sistema de iluminação.

5.5 ANÁLISE FINANCEIRA

As tabelas 22 e 23 apresentam os custos associados às mudanças propostas do sistema de iluminação e ar-condicionado, respectivamente. Os orçamentos podem ser encontrados no Anexo 1 e 2.

Tabela 22 - Custo associado à troca de luminárias na FGA

Quantidade	Luminária	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
80	Downlight 18W	R\$ 32,09	R\$ 2.567,20
73	Downlight 30W	R\$ 128,37	R\$ 9.371,01
230	Office 60x60 40W	R\$ 249,55	R\$ 57.396,50
618	Office 120x30 40W	R\$ 192,56	R\$ 119.002,08
20	Highbay 100W	R\$ 334,32	R\$ 6.686,40
Total			R\$ 195.023,19

Fonte: Adaptado de BrightLux (2017)

Tabela 23 - Custo associado à troca de equipamentos de ar-condicionado na FGA

Quantidade	Capacidade térmica (Btu/h)	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
2	9.000	1.990,00	3.980,00
3	12.000	2.250,00	6.750,00
1	18.000	3.240,00	3.240,00
12	24.000	4.130,00	49.560,00
6	30.000	8.110,00	48.660,00
2	60.000	11.180,00	22.360,00
Total			134.550,00

Fonte: Adaptado de Sof-ar (2017)

O custo total do novo sistema de iluminação com lâmpadas de LED foi estimado em R\$195.023,19 com uma economia R\$127.425,56 por ano. Para a análise financeira, adotou-se a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) do BNDES com o acréscimo de 3,8%, totalizando 10,8% a.a. (BNDES, 2017). A Tabela 24 expõe os parâmetros e os resultados da análise financeira.

Tabela 24 - Parâmetros e resultados da análise financeira do sistema de iluminação

Redução do Consumo Anual (KWh/ano)	85.068,77
Vida útil luminárias (anos)	25
Decréscimo eficiência da luminária (%/ano)	0,25%
Custo do KWh evitado	R\$ 1,498
TJLP (%)	10,80%
VPL	R\$ 1.002.163,97
Payback Simples (anos)	1,53
Payback Descontado (anos)	1,43

Fonte: A autora (2017)

O fluxo de caixa é apresentado na Tabela 25 abaixo.

Tabela 25 - Fluxo de caixa do sistema de iluminação

Ano	Saída	Entrada	Total	Valor Presente
0	R\$ 195.023,19	R\$ 127.425,56	- R\$ 67.597,63	- R\$ 67.597,63
1		R\$ 127.425,56	R\$ 127.425,56	R\$ 115.005,02
2		R\$ 127.107,00	R\$ 127.107,00	R\$ 103.535,66

Fonte: A autora (2017)

A partir da avaliação econômica, é possível perceber que a substituição das luminárias é bastante viável ainda que o investimento tenha sido elevado. O investimento se paga em um ano e cinco meses, conforme dados apresentados na Tabela 24.

Enquanto que, para o sistema de ar-condicionado, os parâmetros financeiros são similares ao sistema de iluminação, porém a redução do consumo e a vida útil se diferem, de acordo com a Tabela 26.

Tabela 26 - Parâmetros e resultados da análise financeira do sistema de ar-condicionado

Redução do Consumo Anual (KWh/ano)	43.854,35
Vida útil ar-condicionado (anos)	20
Decréscimo eficiência do ar-condicionado (%/ano)	0,25%
Custo do KWh evitado	R\$ 1,498
TJLP (%)	10,80%
VPL	R\$ 1.250.140,06
Payback Simples (anos)	2,05
Payback Descontado (anos)	2,06

Fonte: A autora (2017)

A Tabela 27 apresenta o fluxo de caixa do sistema de ar-condicionado. Como pode ser observado, o sistema demora cerca de dois anos para se pagar.

Tabela 27 - Fluxo de caixa do sistema de ar-condicionado

Ano	Saída	Entrada	Total	Valor Presente
0	R\$ 134.550,00	R\$ 65.689,98	-R\$ 68.860,02	-R\$ 68.860,02
1		R\$ 65.689,98	-R\$ 3.170,04	-R\$ 2.861,05
2		R\$ 65.525,75	R\$ 62.355,71	R\$ 50.792,17
3		R\$ 65.361,94	R\$ 127.717,65	R\$ 93.892,66
4		R\$ 65.198,54	R\$ 192.916,19	R\$ 127.999,90
5		R\$ 65.035,54	R\$ 257.951,73	R\$ 154.468,40

Fonte: A autora (2017)

Apesar do investimento também ser elevado, o sistema se paga em um curto prazo, sendo bastante rentável a sua substituição.

5.6 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA FACULDADE DO GAMA – FGA/UNB APÓS MUDANÇAS SUGERIDAS

Conforme visto no item 5.1.2, os sistemas de iluminação e condicionamento de ar dos edifícios UAC e UED precisavam ser mais eficientes para alcançar a etiqueta do PBE Edifica em nível máximo. Foi realizado todo o procedimento descrito no item 5.1 novamente de acordo com as mudanças sugeridas a fim de avaliar o novo nível de eficiência energética.

Com os novos dados de iluminação e ar-condicionado, encontrados no apêndice D e E, respectivamente foi realizada a simulação no software *Webprescritivo* e o resultado é encontrado no Apêndice F.

A Tabela 28 consolida os dados do novo sistema de iluminação da FGA.

Tabela 28 - Consolidação dos dados simulados do sistema de iluminação do UAC e UED

UAC			
Quantidade de Ambientes	Área Iluminada Total (m ²)	Quantidade das Luminárias	Potência Total Instalada (W)
64	4.118,80	556	23.518
UED			
Quantidade de Ambientes	Área Iluminada Total (m ²)	Quantidade das Luminárias	Potência Total Instalada (W)
129	3.287,56	503	22.622

Fonte: A autora (2017)

A Tabela 29 apresenta a potência limite instalada, obtida com a equação 1 e os dados da potência limite para cada nível de eficiência, para que possa ser feita a comparação entre as potências limites e as potências totais instaladas.

Tabela 29 - Potência limite instalada para cada nível de eficiência após mudança no sistema de iluminação

UAC				
Potência Total Instalada (W)	Potência Limite (W) - Nível A	Potência Limite (W) - Nível B	Potência Limite (W) - Nível C	Potência Limite (W) - Nível D
23.518	42.816	49.219	55.621	62.023
UED				
Potência Total Instalada (W)	Potência Limite (W) - Nível A	Potência Limite (W) - Nível B	Potência Limite (W) - Nível C	Potência Limite (W) - Nível D
22.622	35.177	40.437	45.697	50.957

Fonte: A autora (2017)

Comparando a potência das edificações com os limites tem-se que, os edifícios UAC e UED alcançam o nível de eficiência de iluminação A e, com a utilização de todos os equipamentos de ar-condicionado com selo Procel A, o nível de eficiência alcançado do sistema de condicionamento de ar foi A. O resultado final das simulações e comparação entre os sistemas atuais e após mudanças são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Comparação dos sistemas considerando os critérios do PBE Edifica para a situação atual e após as mudanças sugeridas

Sistemas	UAC		UED	
	Atual	Após mudanças	Atual	Após mudanças
Envoltória	A	A		
Iluminação	B	A	B	A
Ar-condicionado	C	A	C	A
Geral	B	A		

Fonte: A autora (2017)

Com o resultado apresentado nas simulações do *Webprescritivo* para o edifício UAC, comprova-se a efetividade na substituição dos equipamentos para alcançar o nível máximo da classificação geral do PBE Edifica. Para o edifício UED, não é possível comprovar com a classificação geral da edificação visto que não possui análise de envoltória.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA FACULDADE DO GAMA – FGA/UNB

O principal objetivo deste trabalho era avaliar o desempenho energético da Faculdade do Gama, aplicando o método prescritivo descrito no RTQ-C.

No primeiro momento, foi avaliada os subsistemas de envoltória, iluminação e ar-condicionado. A avaliação da envoltória da UAC alcançou uma excelente classificação, nível A, por possuir algumas características benéficas para a edificação, como a quantidade de aberturas nas fachadas e cores claras nas paredes. Já a UED, não possui análise de envoltória não sendo possível a sua simulação.

Para avaliação do sistema de iluminação da FGA foi utilizado o método das áreas. O aproveitamento de iluminação natural contribuiu para uma boa avaliação desse quesito, como nível B, para os dois edifícios. Com as mudanças propostas, posterior às simulações luminotécnicas, a classificação alcançada por eles foram A.

Já o sistema de condicionamento de ar, recebeu nível C, em ambos edifícios, devido a elevada utilização de aparelhos de ar-condicionado não eficientes. Com a sugestão de somente utilizar equipamentos com selo Procel A, o nível melhorou para A. Sendo assim, o edifício UAC, na situação atual em que se encontra, obteve a classificação final com o nível C e, após as mudanças, nível A. Porém, por não possuir análise de envoltória, não foi possível obter a classificação geral do edifício UED.

6.2 MUDANÇAS SUGERIDAS

Para melhorar o nível de eficiência energéticas nos edifícios foram realizadas modificações no sistema de iluminação e ar-condicionado.

Com as simulações luminotécnicas, houve uma redução de 256 luminárias e 43,23 kW instalado nas edificações. Os ambientes foram simulados, utilizando o software DIALux, para determinar a quantidade e disposição das luminárias de LED. As luminárias propostas para substituição atendem aos critérios de qualidade da rede elétrica, apresentam alta eficiência luminosa, maior vida-útil e melhor custo-benefício.

O investimento inicial embora tenha sido elevado retornou rapidamente, em um ano e cinco meses, sendo muito rentável e bastante viável a sua implementação.

Já o sistema de condicionamento de ar, apresentou 52% dos equipamentos com selo Procel abaixo de A, o que torna o nível de eficiência energética baixo. Certo disso, foi proposta a substituição desses equipamentos apresentando um custo inicial de R\$ 134.550,00 e, a partir do segundo ano, o sistema começaria a gerar lucro, apresentando bastante viabilidade econômica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413 – Iluminância de Interiores**. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de Ambientes de Trabalho**. 2013.

COPEL. **Tipos de lâmpadas**. 2016. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F423c114f77e78e81032573f7004b2e92>>. Acesso em: 23 set. 2017.

ELETROBRAS. **Manual para etiquetagem de edificações públicas**. 2014. Disponível em: <http://www.comprasgovernamentais.gov.br/arquivos/sustentabilidade/manual_etiquet_edific_publicas_20141010.pdf>. Acesso em: 27 out. 2016.

ELETROBRAS. **Manual para aplicação do RTQ-C**. 2016. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_rtqc2016.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2016.

EMPALUX. **Informações luminotécnicas**. 2016. Disponível em: <<http://www.empalux.com.br/?a1=l>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 24 out. 2017.

EY; GBC BRASIL. **Sustainable Buildings in Brazil**. 2013. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/sistema/docsMembros/1311141211060000005990.pdf>>. Acesso em: 29 set 2016.

GBC Brasil. **Gráficos de Crescimento no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/graficos-empreendimentos.php>>. Acesso em: 27 out. 2016.

GBC Brasil. **LEED RatingSystem**. 2014. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/leed-OM.php>>. Acesso em: 28 set. 2017.

GBC Brasil. **Sobre Certificado**. 2016. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em: 28 out. 2016.

GBC Brasil. **Tipologia LEED**. 2016. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/tipologia-leed.php>>. Acesso em: 28 out. 2016.

GBCI. **Certification Programs**. 2016. Disponível em: <<http://www.gbci.org/certification>>. Acesso em: 28 out. 2016.

GONÇALVES, J.S. **Critérios para Avaliação de Eficiência Energética de Edificações: Estudo de Caso para UnB - Campus do Gama**. 2013. 81f. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia). UnB, Brasília, 2013.

INMETRO. Portaria 372, de 17 de setembro de 2010. **Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

JANNUZZI, Gilberto De Martino. **Aumentando a eficiência nos usos finais de energia no Brasil**. Disponível em: <www.cgu.rei.unicamp.br_energia2020_papers_paper_Jannuzzi>. Acesso em 29 set. 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2014.

LEITE, V. F. **Certificação Ambiental na Construção Civil – Sistemas LEED e AQUA**. 2011. 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Curso Superior de Engenharia Civil. Escola de engenharia da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Princípios e Diretrizes Básicas**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 26 out. 2016.

NOGUEIRA, F.H.F.M. **Política de Ação: Eficiência Energética**. Secretaria Estadual de Planejamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2007.

PBE EDIFICA. **Conhecendo PBE Edifica**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>. Acesso em: 26 out. 2016.

PBE EDIFICA. **Como obter**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/comoobter>>. Acesso em: 27 out. 2016.

Petrobras Magazine. **Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.hotsitespetrobras.com.br/petrobrasmagazine/Edicoes/Edicao55/pt/EficienciaEnergetica/EficienciaEnergetica.html>>. Acesso em: 29 set. 2016.

PINHEIRO, Manuel Duarte. **Ambiente e Construção Sustentável**. 1 ed. Portugal: Instituto do Ambiente, 2006, p. 243

PROCEL INFO. **Eficiência Energética no Poder Público**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={0C24456E-2980-4704-2CB-9B5518636BBE}>>. Acesso em: 24 out. 2016.

PROCEL INFO. **Etiquetagem em Edificações**. 2016. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/pci/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}>>. Acesso em: 27 out. 2016.

PROCEL INFO. **Resultados PROCEL 2017 – Ano Base 2016**. 2017. Disponível em:< <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/#mark4>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

APÊNDICE

Número	Descrição	Página
Apêndice A	Simulação no software WebPrescritivo considerando situação atual	66
Apêndice B	Situação atual do sistema de iluminação dos edifícios UAC e UED	69
Apêndice C	Situação atual do sistema de ar-condicionado dos edifícios UAC e UED	72
Apêndice D	Situação simulada do sistema de iluminação dos edifícios UAC e UED	74
Apêndice E	Situação do sistema de ar-condicionado dos edifícios UAC e UED após mudanças propostas	77
Apêndice F	Simulação no software WebPrescritivo considerando mudanças propostas	79

Apêndice A - Simulação no software WebPrescritivo considerando situação atual dos edifícios UAC e UED

1. UAC:

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 5 Cidade Brasília DF

Pré-requisitos

U _{COB-AC}	0.39	W/(m ² K)	α _{COB}	0.314	%
U _{COB-ANC}	0	W/(m ² K)	CT _{PAR}	0	kJ/(m ² K)
U _{PAR}	2.21	W/(m ² K)	α _{PAR}	0.41	%
PAZ	0	%	FS	0	

Dados Dimensionais da Edificação

A _{TOT}	6416.95	m ²
A _{PCOB}	3389.15	m ²
A _{PE}	3220.20	m ²
V _{TOT}	27377.47	m ³
A _{ENW}	9831.27	m ²

Características das Aberturas

FS	0.87
PA _F	0.18
PA _{F0}	0
AVS	5.2303
AHS	1.3745

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 ²]
1	Escola/Universidade	- 1 +	49266	4118.8

Calcular Eficiência Limpar

B

* Desde que observados os pré-requisitos de 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	Secretaria	- 1 +	split ▼	30000	2.89	C
2	CPD	- 3 +	split ▼	24000	2.89	C
			split ▼	30000	2.89	C
			split ▼	24000	2.89	C
3	Mestrado	- 1 +	split ▼	24000	2.89	C
4	Laboratório Modelagem	- 2 +	split ▼	30000	3.64	A
			split ▼	9000	3.64	A
5	Laboratório S10 e I10	- 4 +	split ▼	24000	2.89	C
			split ▼	24000	2.89	C
			split ▼	24000	2.89	C
			split ▼	24000	2.89	C
6	Laboratório I6 e I7	- 4 +	split ▼	24000	2.89	C
			split ▼	24000	2.89	C
			split ▼	24000	2.89	C

AU m² ?

AC m² ?



Etiqueta Geral

APT m² ?
 ANC m² ?
 EqNumV ?
 b ?

Pontuação: 4.24



2. UED

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 ²]
1		Escola/Universidade		- 1 +	40100	3287.56

Calcular Eficiência Limpar

B

* Desde que observados os pré-requisitos de 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		Laboratório de Análise		- 1 +	split	9000	2.89	C
2		Sala Técnica 1		- 1 +	split	24000	2.89	C
3		Sala Técnica 2		- 1 +	split	30000	2.69	D
4		Laboratório SS		- 1 +	split	60000	2.46	E
5		Laboratório LEI		- 1 +	split	30000	2.46	E
6		Laboratório de Materiais		- 1 +	split	30000	2.69	D
7		Laboratório de Química		- 1 +	split	9000	2.89	C
8		MOCAP		- 2 +	split	60000	2.69	D
					split	9000	3.64	A
9		Apoio Técnico		- 2 +	split	30000	3.64	A
					split	18000	3.15	B
10		Depósito		- 1 +	split	30000	2.69	D
11		Sala de Reunião		- 1 +	split	30000	3.64	A
12		Assessoria		- 2 +	split	12000	2.89	C
					split	12000	3.64	A
13		Direção		- 1 +	split	9000	3.64	A
14		Sala 4		- 1 +	split	12000	3.64	A
15		Sala 12		- 1 +	split	12000	3.64	A
16		Sala 14		- 1 +	split	12000	3.64	A
17		Sala 18		- 1 +	split	12000	3.64	A
18		Sala 21		- 1 +	split	12000	3.64	A
19		Sala 22		- 1 +	split	9000	3.64	A
20		Sala 23		- 1 +	split	12000	3.64	A
21		Sala 25		- 1 +	split	12000	2.89	C
22		Sala 26		- 1 +	split	12000	3.64	A
23		Sala 27		- 1 +	split	12000	3.64	A
24		Sala 28		- 1 +	split	9000	3.64	A
25		Sala 33		- 1 +	split	9000	3.64	A
26		Sala 36		- 2 +	split	7000	3.64	A
					split	12000	3.64	A
27		Pós-Graduação		- 1 +	split	12000	3.15	B
28		Coordenação		- 1 +	split	12000	3.64	A
29		Laboratório		- 1 +	split	12000	3.64	A

AU 6177.5 m² ?

AC 881.05 m² ?

Calcular Eficiência Limpar

C

Apêndice B - Situação atual do sistema de iluminação dos edifícios UAC e UED

1. UAC

Número	Local	Quantidade Luminária Atual	Quantidade Total de Luminárias	Potência das Luminárias (W)	Potência Total (W)
1	Salas de aula - 120 alunos - 129,24m ²	24	24	64	1536
4	Salas de aula - 60 alunos - 65m ²	15	60	64	3840
4	Salas de aula - 45 alunos - 48,28m ²	12	48	64	3072
1	Sala de Informática - I10 - 194,80m ²	32	32	64	2048
1	Sala de Apoio I10	3	3	64	192
1	Biblioteca	41	41	64	2624
1	Sala Biblioteca	4	4	64	256
1	Secretaria + SAA	14	14	64	896
2	Rack e Sala do Coordenador	1	2	64	128
1	Lanchonete	3	3	64	192
1	Corredor frente O Belisco	3	3	64	192
1	Corredor frente secretaria	11	11	64	704
1	Corredor principal	20	20	64	1280
1	Corredor frente I6 e I7	4	4	64	256
1	Corredor frente I10	5	5	64	320
1	Entrada do prédio	12	12	64	768
1	Corredor frente rampa	6	6	64	384
4	Banheiros - 20,09m ²	8	32	40	1280
5	Salas de aula - 120 alunos - 129,24m ²	24	120	64	7680
2	Salas de aula - 60 alunos - 65m ²	15	30	64	1920
2	Salas de aula - 45 alunos - 48,28m ²	12	24	64	1536
1	Sala de Informática - S10 - 194,80m ²	32	32	64	2048
1	Sala de Apoio S10	3	3	64	192
1	Sala Multiuso 1 - 12,75m ²	3	3	64	192
1	Sala Multiuso 2 - 8,26m ²	2	2	64	128
1	Sala Multiuso 3 - 24,24 m ²	8	8	64	512
1	Corredor frente S10	5	5	64	320
1	Corredor principal	20	20	64	1280
1	Corredor frente S6 e S7	4	4	64	256
1	Corredor frente SOU	11	11	64	704
1	Hall Auditório	8	8	64	512
1	SOU	4	4	64	256
1	Área circulação auditório	4	4	64	256
1	Salas Técnica do Auditório	8	8	64	512
1	CPD	8	8	64	512
1	Laboratório onde era reprografia	8	8	64	512
1	Circulação das salas multiuso	1	1	40	40
4	Banheiros - 20,09m ²	8	32	40	1280

1	Auditório	70	70	40	2800
1	Área externa	6	6	250	1500
1	Palco do Auditório	2	2	250	500
1	Depósito Auditório	3	3	250	750
2	Escada	2	4	250	1000
1	Jardim	14	14	150	2100
64	TOTAL		758		49266

2. UED

Número	Local	Quantidade Luminária Atual	Quantidade Total de Luminárias	Potência das Luminárias (W)	Potência Total (W)
2	Salas Apoio técnico	1	2	64	128
4	Apoio Técnico	4	16	64	1024
2	Sala Técnica	3	6	64	384
1	Laboratório SS	23	23	64	1472
1	Laboratório NEI direito	26	26	64	1664
1	Sala Apoio NEI		0	64	0
1	Laboratório NEI esquerdo		0	64	0
1	Laboratório Física direito	25	25	64	1600
1	Sala de Apoio Física		0	64	0
1	Laboratório Física esquerdo		0	64	0
1	Laboratório Eletricidade	19	19	64	1216
1	Laboratório de Materiais	12	12	64	768
3	Sala de Apoio Química	14	14	64	896
1	Laboratório de Química		0		0
1	Reprografia	4	4	64	256
1	Refeitório	11	11	64	704
1	Laboratório de Termodinâmica	10	10	64	640
1	Corredor final	12	12	64	768
2	Corredor	17	34	64	2176
1	Corredor frente escada	4	4	64	256
1	Corredor frente banheiro	4	4	64	256
1	MOCAP	18	18	40	720
1	Sala técnica 23,4 MOCAP	4	4	40	160
1	Sala técnica 8,75 MOCAP	2	2	40	80
2	Banheiros - 15,15	7	14	40	560
2	Banheiros - 29,96	7	14	40	560
1	Limpeza	2	2	40	80
6	Sala de Professores - 16,1m ²	3	18	64	1152
30	Sala de Professores - 15,7 m ²	3	90	64	5760
2	Sala reunião Professores - 15,75 m ²	1	2	64	128
28	Sala Reunião Professores - 7,65 m ²	1	28	64	1792

2	Sala Reunião Professores - 13,05 m ²	1	2	64	128
1	Sala Reunião	6	6	64	384
1	Direção	6	6	64	384
2	Assessoria		0	64	0
1	Recepção		0	64	0
2	Escadas	1	2	64	128
1	Corredor Final	12	12	64	768
1	Corredor Frente Banheiro	8	8	64	512
1	Corredor Frente Direção	4	4	64	256
1	Corredor Frente Escada	4	4	64	256
2	Corredor	18	36	64	2304
1	Laboratório Termodinâmica	5	5	64	320
1	Banheiro Feminino	6	6	40	240
1	Banheiro Masculino	6	6	40	240
2	Acesso ao banheiro	1	2	40	80
2	Entradas do Prédio	5	10	250	2500
1	Laboratório de Termodinâmica	5	5	250	1250
1	Escada do meio	2	2	250	500
1	Rampa	6	6	250	1500
1	Jardim	21	21	150	3150
129	Total		557	3814	40100

Apêndice C - Situação atual do sistema de ar-condicionado dos edifícios UAC e UED

1. UAC

Local	Área Condicionada (m ²)	Quantidade	Capacidade (Btu/h)	Certificação Procel
Secretaria	70,54	1	30.000	C
CPD	32,33	1	24.000	C
		1	30.000	C
		1	24.000	C
Sala Multiuso - Mestrado	24,24	1	24.000	C
Laboratório - Modelagem de Sistemas	27,19	1	30.000	A
		1	9.000	A
Laboratórios (S10, I10)	211,97	4	24.000	C
Laboratórios (I6, I7)	64,99	4	24.000	C
Total	431,26	15	219.000	

2. UED

Local	Área Condicionada (m ²)	Quantidade	Capacidade (Btu/h)	Certificação Procel
Laboratório de Análise	15,25	1	9.000	C
Sala Técnica 1	23,4	1	24.000	C
Sala Técnica 2	24,35	1	30.000	D
Laboratório SS	110,45	1	60.000	E
Laboratório LEI	93,75	1	30.000	E
Laboratório de Materiais	54,75	1	30.000	D
Laboratório de Química	6,65	1	9.000	C
MOCAP	121,85	1	60.000	D
	23,4	1	9.000	A
Apoio Técnico	16,4	1	30.000	A
	15,6	1	18.000	B
Depósito	15,7	1	30.000	D
Sala de Reunião	30,5	1	30.000	A
Assessoria Direção	7,55	1	12.000	C
	7,55	1	12.000	A
Direção	12,25	1	9.000	A
Sala 4	15,7	1	12.000	A
Sala 12	15,7	1	12.000	A
Sala 14	15,7	1	12.000	A
Sala 18	15,7	1	12.000	A
Sala 21	15,7	1	12.000	A
Sala 22	15,7	1	9.000	A

Sala 23	15,7	1	12.000	A
Sala 25	15,7	1	12.000	C
Sala 26	15,7	1	12.000	A
Sala 27	15,7	1	12.000	A
Sala 28	15,7	1	9.000	A
Sala 33	15,7	1	9.000	A
Sala 36	16,25	1	7.000	A
		1	12.000	A
Pós-Graduação	34,25	1	12.000	B
Coordenação	34,25	1	12.000	A
Laboratório em frente banheiro	28,5	2	12.000	A
Total	881,05	34	592.000	

Apêndice D – Situação simulada do sistema de iluminação dos edifícios UAC e UED

1. UAC

Número	Ambiente	Quantidade Luminária Simulada	Quantidade Total de Luminárias	Potência das Luminárias (W)	Potência Total (W)
1	Salas de aula - 120 alunos - 129,24m ²	16	16	40	640
4	Salas de aula - 60 alunos - 65m ²	9	36	40	1440
4	Salas de aula - 45 alunos - 48,28m ²	9	36	40	1440
1	Sala de Informática - I10 - 194,80m ²	25	25	40	1000
1	Sala de Apoio S10	4	4	40	160
1	Biblioteca	35	35	40	1400
1	Sala Biblioteca	4	4	40	160
1	Secretaria + SAA	12	12	40	480
2	Rack e Sala do Coordenador	1	2	40	80
1	Lanchonete	4	4	40	160
1	Corredor frente O Belisco	3	3	40	120
1	Corredor frente secretaria	6	6	40	240
1	Corredor principal	10	10	40	400
1	Corredor frente I6 e I7	2	2	40	80
1	Corredor frente I10	3	3	40	120
1	Entrada do prédio	6	6	40	240
1	Corredor frente rampa	3	3	40	120
4	Banheiros - 20,09m ²	5	20	18	360
5	Salas de aula - 120 alunos - 129,24m ²	20	100	40	4000
2	Salas de aula - 60 alunos - 65m ²	12	24	40	960
2	Salas de aula - 45 alunos - 48,28m ²	9	18	40	720
1	Sala de Informática - S10 - 194,80m ²	25	25	40	1000
1	Sala de Apoio S10	4	4	40	160
1	Sala Multiuso 1 - 12,75m ²	3	3	40	120
1	Sala Multiuso 2 - 8,26m ²	2	2	40	80
1	Sala Multiuso 3 - 24,24 m ²	6	6	40	240
1	Corredor frente S10	3	3	40	120
1	Corredor principal	10	10	40	400
1	Corredor frente S6 e S7	2	2	40	80
1	Corredor frente SOU	6	6	40	240
1	Hall Auditório	6	6	40	240
1	SOU	4	4	40	160
1	Área circulação auditório	2	2	40	80
1	Salas Técnica do Auditório	8	8	40	320
1	CPD	6	6	40	240
1	Laboratório onde era reprografia	6	6	40	240

1	Circulação das salas multiuso	1	1	18	18
4	Banheiros - 20,09m ²	5	20	18	360
1	Auditório	46	46	30	1380
1	Área externa	66	6	100	600
1	Palco do Auditório	2	2	100	200
1	Depósito Auditório*	3	3	40	120
2	Escada	1	2	100	200
1	Jardim	14	14	100	1400
Total			556	1484	22318

2. UED

Número	Local	Quantidade Luminária Simulada	Quantidade Total de Luminárias	Potência das Luminárias (W)	Potência Total (W)
2	Salas Apoio técnico	3	6	40	240
4	Apoio Técnico	3	12	40	480
2	Sala Técnica	4	8	40	320
1	Laboratório SS	18	18	40	720
1	Laboratório NEI direito	9	9	40	360
1	Sala Apoio NEI	3	3	40	120
1	Laboratório NEI esquerdo	9	9	40	360
1	Laboratório Física direito	9	9	40	360
1	Sala de Apoio Física	3	3	40	120
1	Laboratório Física esquerdo	9	9	40	360
1	Laboratório Eletricidade	15	15	40	600
1	Laboratório de Materiais	9	9	40	360
3	Sala de Apoio Química	1	3	40	120
1	Laboratório de Química	9	9	40	360
1	Reprografia	3	3	40	120
1	Refeitório	4	4	40	160
1	Laboratório de Termodinâmica	8	8	40	320
1	Corredor final	18	18	40	720
2	Corredor	10	20	40	800
1	Corrente frente escada	3	3	40	120
1	Corrente frente banheiro	4	4	40	160
1	MOCAP	20	20	30	600
1	Sala técnica 23,4 MOCAP	3	3	30	90
1	Sala técnica 8,75 MOCAP	4	4	30	120
2	Banheiros - 15,15	4	8	18	144
2	Banheiros - 29,96	7	14	18	252
1	Limpeza	3	3	18	54
6	Sala de Professores - 16,1m ²	3	18	40	720
30	Sala de Professores - 15,7 m ²	3	90	40	3600

2	Sala reunião Professores - 15,75 m ²	2	4	40	160
28	Sala Reunião Professores - 7,65 m ²	1	28	40	1120
2	Sala Reunião Professores - 13,05 m ²	2	4	40	160
1	Sala Reunião	6	6	40	240
1	Direção	3	3	40	120
2	Assessoria	2	4	40	160
1	Recepção	3	3	40	120
2	Escada laterais	1	2	40	80
1	Corredor Final	20	20	40	800
1	Corredor Frente Banheiro	6	6	40	240
1	Corredor Frente Direção	3	3	40	120
1	Corredor Frente Escada	3	3	40	120
2	Corredor	10	20	40	800
1	Laboratório Termodinâmica	8	8	40	320
1	Banheiro Feminino	6	6	18	108
1	Banheiro Masculino	6	6	18	108
2	Acesso ao banheiro	1	2	18	36
2	Entradas do Prédio	2	4	100	400
1	Laboratório de Termodinâmica	4	4	100	400
1	Escada do meio	1	1	100	100
1	Rampa	3	3	100	300
1	Jardim	21	21	100	2100
Total			503		20972

Apêndice E - Situação do sistema de ar-condicionado dos edifícios UAC e UED após mudanças propostas

1. UAC

Local	Área Condicionada (m ²)	Quantidade	Capacidade (Btu/h)	Certificação Procel
Secretaria	70,54	1	30.000	A
CPD	32,33	1	24.000	A
		1	30.000	A
		1	24.000	A
Sala Multiuso - Mestrado	24,24	1	24.000	A
Laboratório - Modelagem de Sistemas	27,19	1	30.000	A
		1	9.000	A
Laboratórios (S10, I10)	211,97	4	24.000	A
Laboratórios (I6, I7)	64,99	4	24.000	A
Total	431,26	15	219.000	

2. UED

Local	Área Condicionada (m ²)	Quantidade	Capacidade (Btu/h)	Certificação Procel
Laboratório de Análise	15,25	1	9.000	A
Sala Técnica 1	23,4	1	24.000	A
Sala Técnica 2	24,35	1	30.000	A
Laboratório SS	110,45	1	60.000	A
Laboratório LEI	93,75	1	30.000	A
Laboratório de Materiais	54,75	1	30.000	A
Laboratório de Química	6,65	1	9.000	A
MOCAP	121,85	1	60.000	A
	23,4	1	9.000	A
Apoio Técnico	16,4	1	30.000	A
	15,6	1	18.000	A
Depósito	15,7	1	30.000	A
Sala de Reunião	30,5	1	30.000	A
Assessoria Direção	7,55	1	12.000	A
	7,55	1	12.000	A
Direção	12,25	1	9.000	A
Sala 4	15,7	1	12.000	A
Sala 12	15,7	1	12.000	A
Sala 14	15,7	1	12.000	A
Sala 18	15,7	1	12.000	A
Sala 21	15,7	1	12.000	A
Sala 22	15,7	1	9.000	A

Sala 23	15,7	1	12.000	A
Sala 25	15,7	1	12.000	A
Sala 26	15,7	1	12.000	A
Sala 27	15,7	1	12.000	A
Sala 28	15,7	1	9.000	A
Sala 33	15,7	1	9.000	A
Sala 36	16,25	1	7.000	A
		1	12.000	A
Pós-Graduação	34,25	1	12.000	A
Coordenação	34,25	1	12.000	A
Laboratório em frente banheiro	28,5	2	12.000	A
Total	881,05	34	592.000	

Apêndice F – Simulação no software WebPrescritivo considerando mudanças propostas

1. UAC

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 5 Cidade Brasília DF

Pré-requisitos

U _{COB-AC}	0.39	W/(m ² K)	α _{COB}	0.314	%
U _{COB-ANC}	0	W/(m ² K)	CT _{PAR}	0	kJ/(m ² K)
U _{PAR}	2.21	W/(m ² K)	α _{PAR}	0.41	%
PAZ	0	%	FS	0	

Dados Dimensionais da Edificação

A _{TOT}	6416.95	m ²
A _{PCOB}	3389.15	m ²
A _{PE}	3220.20	m ²
V _{TOT}	27377.47	m ³
A _{ENW}	9631.27	m ²

Características das Aberturas

FS	0.87
PA _{FT}	0.18
PA _{FO}	0
AVS	5.2303
AHS	1.3745

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 ²]
1	Escola/Universidade	1	23518	4118.80

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	Secretaria	- 1 +	split ▼	30000	3.64	A
			split ▼	24000	3.64	A
2	CPD	- 3 +	split ▼	30000	3.64	A
			split ▼	24000	3.64	A
3	Mestrado	- 1 +	split ▼	24000	3.64	A
4	Laboratório Modelagem	- 2 +	split ▼	30000	3.64	A
			split ▼	9000	3.64	A
5	Laboratório S10 e I10	- 4 +	split ▼	24000	3.64	A
			split ▼	24000	3.64	A
			split ▼	24000	3.64	A
			split ▼	24000	3.64	A
6	Laboratório I6 e I7	- 4 +	split ▼	24000	3.64	A
			split ▼	24000	3.64	A
			split ▼	24000	3.64	A
			split ▼	24000	3.64	A

AU m² ?
AC m² ?

A

Etiqueta Geral

APT m² ?
ANC m² ?
EqNumV ?
b ?

Pontuação: 4,60

A

2. UED

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 ²]
1	Escola/Universidade ▼	- 1 +	22622	3287.56

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	Laboratório de Análise	- 1 +	split ▼	9000	3.64	A
2	Sala Técnica 1	- 1 +	split ▼	24000	3.64	A
3	Sala Técnica 2	- 1 +	split ▼	30000	3.64	A
4	Laboratório SS	- 1 +	split ▼	60000	3.64	A
5	Laboratório LEI	- 1 +	split ▼	30000	3.64	A
6	Laboratório de Materiais	- 1 +	split ▼	30000	3.64	A
7	Laboratório de Química	- 1 +	split ▼	9000	3.64	A
8	MOCAP	- 2 +	split ▼	60000	3.64	A
			split ▼	9000	3.64	A
9	Apoio Técnico	- 2 +	split ▼	30000	3.64	A
			split ▼	18000	3.64	A
10	Depósito	- 1 +	split ▼	30000	3.64	A
11	Sala de Reunião	- 1 +	split ▼	30000	3.64	A
12	Assessoria	- 2 +	split ▼	12000	3.64	A
			split ▼	12000	3.64	A
13	Direção	- 1 +	split ▼	9000	3.64	A
14	Sala 4	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
15	Sala 12	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
16	Sala 14	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
17	Sala 18	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
18	Sala 21	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
19	Sala 22	- 1 +	split ▼	9000	3.64	A
20	Sala 23	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
21	Sala 25	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
22	Sala 26	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
23	Sala 27	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
24	Sala 28	- 1 +	split ▼	9000	3.64	A
25	Sala 33	- 1 +	split ▼	9000	3.64	A
26	Sala 36	- 2 +	split ▼	7000	3.64	A
			split ▼	12000	3.64	A
27	Pós-Graduação	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
28	Coordenação	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A
29	Laboratório	- 1 +	split ▼	12000	3.64	A

AU m²

AC m²

A

ANEXOS

Número	Descrição	Página
Anexo 1	Orçamento das luminárias - BrightLux	83
Anexo 2	Orçamento do ar-condicionado – Sof-ar	85
Anexo 3	Orçamento do ar-condicionado – Friotec	87

ANEXO 1 – Orçamento das luminárias – BrightLux



N.º ORÇAMENTO DE VENDA:
9476

Data: 30/11/2017
Status Pedido: ORÇAMENTO - PJ
Vendedor: BORNANCIN
BORNANCIN

BRIGHTLUX - ADVANCED LIGHTING
AMBAVI IMPORT. E DISTR. DE EQUIP. EIRELI - EPP
09.050.101/0001-41
AV. SANTA BERNADETE, 470
LINDÓIA
CURITIBA - PR
(41)3385-9352

Cód. Cliente: 3341
1- CONS. P. J COM I.E
Cliente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CNPJ/CPF: 00.038.174/0001-43
Insc. Est.: 0738966700113
Endereço: Campus Univ. Darcy Ribeiro N.º: sn
Bairro: Asa Norte Brasília / DF
CEP: 70910900 Fone: 61 31073300
E-mail: camila_castano@live.com

Nº CÓDIGO	NOME PRODUTO	NCM	QTDE	VL. UNIT.	VL. TOTAL	DESC. (%)	DESC. (R\$)	IPI (%)	IPI (R\$)	ICMS (%)	ICMS (R\$)	S. T/DIF
1	IND-CP-1005 LUMINÁRIA IND. CUFOLA 100W/5000K/SOBR.	94054010	23	276,7500	6.365,25	0,00	0,00	15,00	954,79	4,00	292,80	851,17

Condições Comerciais:

FORMA DE PAGAMENTO: À Vista ou a prazo (análise de crédito - enviar documentação);
VALOR MÍNIMO DE COMPRA: R\$500,00(quinhentos reais);
VALIDADE DA PROPOSTA: 15dias, após esse prazo a proposta será reavaliada;
PRazo DE ENTREGA: à combinar / verificar com a indústria;
INSTALAÇÃO: Por conta do cliente;
GARANTIA: os produtos possuem garantia individual discriminada em N.F (consultar TERMO DE GARANTIA);
FRETE: Curitiba e região metropolitana(CIF), outras regiões(FOB);

Resultados:

(a)	VALOR TOTAL DOS PRODUTOS (R\$):	(+)	6.365,25
(b)	DESCONTO TOTAL (R\$):	(-)	0,00
(c)	VALOR TOTAL IPI (R\$):	(+)	954,79
(c)	VALOR TOTAL S. T/DIF. (R\$):	(+)	851,17
VALOR TOTAL DA NOTA (R\$):			8.171,21
VL TOTAL NF=(a)+(b)+(c)			

Informações Fiscais:

(*)-O cliente fica responsável pelo pagamento do ICMS por SUBSTITUIÇÃO TRIBUTÁRIA =
DIFERENCIAL DE ALÍQUOTAS, conforme protocolos08/09 - 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 da S.T/DIF.

Observações:



BRIGHTLUX - ADVANCED LIGHTING
AMBARI IMPORT. E DISTR. DE EQUIP. EIRELI - EPP
09.050.101/0001-41
AV. SANTA BERNADETE, 470
LINDÓIA
CURITIBA - PR
(41)3385-9352

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

Nº	CÓDIGO	NOME PRODUTO	NCM	QTDE	VL. UNIT.	VL. TOTAL	DESC. (%)	DESC. (R\$)	IPi (%)	IPi (R\$)	ICMS (%)	ICMS (R\$)	S. T/DIF
1	DOWN-S-186-B	LUMINÁRIA DOWNLIGHT 18W/6000K/BIV	94051093	80	25,0000	2.000,00	0,00	0,00	15,00	300,00	4,00	92,00	267,44
2	DOWN-M-306-B	LUMINÁRIA DOWNLIGHT 30W/6000K/BIV	94051093	73	100,0000	7.300,00	0,00	0,00	15,00	1.095,00	4,00	335,80	976,16
3	FLP-EM-406-6060	FAINEL LED EMS. 60x60 40W/6000K OFFICE	94051093	230	194,4000	44.712,00	0,00	0,00	15,00	6.706,80	4,00	2.056,75	5.978,93
4	FL78-SO-406-12030	LUMIN. COMERCIAL 120x30 LED 40W/SOB/6000K OFFICE	94051093	594	150,0000	89.100,00	0,00	0,00	15,00	13.365,00	4,00	4.098,60	11.914,53

Condições Comerciais:

FORMA DE PAGAMENTO: À vista ou a prazo (análise de crédito - enviar documentação);
VALOR MÍNIMO DE COMPRA: R\$500,00(quinhentos reais);
VALIDADE DA PROPOSTA: 15dias, Após esse prazo a proposta será reavaliada;
PRAZO DE ENTREGA: à combinar / verificar com a indústria;
INSTALAÇÃO: por conta do cliente;
GARANTIA: os produtos possuem garantia individual discriminada em N.F
(consultar TERMO DE GARANTIA);
FRETE: Curitiba e região metropolitana(CIF), outras regiões(FOB);

Resultados:

(a) VALOR TOTAL DOS PRODUTOS (R\$):	(+)	143.112,00
DESCONTO TOTAL (R\$):	(-)	0,00
VALOR TOTAL IPI (R\$):	(+)	21.466,80
VALOR TOTAL S.T/DIF. (R\$):	(+)	19.137,06
VALOR TOTAL DA NOTA (R\$):		183.715,86
VL. TOTAL NF=(a)+(b)+(c)		

Informações Fiscais:

(*)-O cliente fica responsável pelo pagamento do ICMS por SUBSTITUIÇÃO TRIBUTÁRIA =
DIFERENCIAL DE ALÍQUOTAS, conforme protocolo#198/09 - 84/11 - 17/85
(c)-O VALOR TOTAL S.T/DIF. será pago no ato da emissão da NFe, através do boleto bancário.
A mercadoria será liberada com o recebimento do comprovante de pagamento da S.T/DIF.

Observações:

FORMA DE PAGAMENTO: A COMBINAR
PRAZO DE ENTREGA: 10 DIAS
FRETE: FOB (INFORMAR TRANSPORTADORA)
OBS: FAVOR SE ATENTAR AS CONDIÇÕES COMERCIAIS CONTIDAS NESTE ORÇAMENTO.

ANEXO 2 – Orçamento do ar-condicionado – So-far



SOF-AR CONDICIONADO - EIRELI - ME
 Vendas, Consertos e Instalações de Condicionadores de ar tipo
 Residencial e Central, Ventilação e Refrigeração.
 E-mail: sof.ar61of@gmail.com



PROPOSTA 3021/2017.

Brasília – DF, 27 de Novembro de 2017.

À
UNB
 Setor Leste Projeção "A" –Gama Leste
 Brasília – DF
 Fone (61) 9.8247.8692
 e-mail: camila_caetano@live.com

A/C: Camila Caetano de Melo

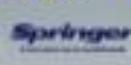
Prezado(s) Senhor(es),

Apresentamos nossa Proposta financeira para atender V.Sas. conforme especificações abaixo:

ITEM	DESCRIÇÃO	QTD	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
01	Fornecimento e de condicionador de ar tipo AIR SPLIT , marca SPRINGER MIDEA , sistema INVERTER , modelo HI WALL (parede) , capacidade 9.000 BTU/h , condensadora com descarga horizontal, gás ecológico R410-A, acionamento através e controle remoto sem fio, 220 volts, selo procel "A"	02	1.990,00	3.980,00
02	Fornecimento e de condicionador de ar tipo AIR SPLIT , marca SPRINGER MIDEA , sistema INVERTER , modelo HI WALL (parede) , capacidade 12.000 BTU/h , condensadora com descarga horizontal, gás ecológico R410-A, acionamento através e controle remoto sem fio, 220 volts, selo procel "A"	03	2.250,00	6.750,00
03	Fornecimento e de condicionador de ar tipo AIR SPLIT , marca SPRINGER MIDEA , sistema INVERTER , modelo HI WALL (parede) , capacidade 18.000 BTU/h , condensadora com descarga horizontal, gás ecológico R410-A, acionamento através e controle remoto sem fio, 220 volts., selo procel "A"	01	3.240,00	3.240,00
04	Fornecimento e de condicionador de ar tipo AIR SPLIT , marca SPRINGER MIDEA , sistema INVERTER , modelo HI WALL (parede) , capacidade 24.000 BTU/h , condensadora com descarga horizontal, gás ecológico R410-A, acionamento através e controle remoto sem fio, 220 volts. selo procel "A"	12	4.130,00	49.560,00
05	Fornecimento e de condicionador de ar tipo AIR SPLIT , marca SPRINGER MIDEA , sistema Convencional , modelo HI WALL (parede) , capacidade 30.000 BTU/h , condensadora com descarga vertical, gás ecológico R410-A, acionamento através e controle remoto sem fio, 220 volts. selo procel "B"	06	4.100,00	24.600,00
06	OPÇÃO Fornecimento de Condicionador de ar tipo AIR SPLIT , marca CARRIER , modelo SPACE (piso/teto) , sistema INVERTER , capacidade de 36.000 BTU/h , condensadora com descarga Vertical, gás ecológico	06	8.110,00	48.660,00



SOF- AR CONDICIONADO - EIRELI - ME
 Vendas, Consertos e Instalações de Condicionadores de ar tipo Residencial e Central, Ventilação e Refrigeração.
 E-mail: sof.ar61of@gmail.com



	R410-A, controle remoto sem fio, trifásico, 380 volts. selo procel "A"			
07	Fornecimento e instalação de Condicionador de ar tipo AIR SPLIT , marca CARRIER , modelo SPACE (piso/teto) , sistema Convencional , capacidade de 58.000 BTU/h , condensadora com descarga Vertical, gás ecológico R410-A, controle remoto sem fio, trifásico, 380 volts. selo procel "B"	02	7.800,00	15.600,00
08	OPÇÃO Fornecimento de Condicionador de ar tipo AIR SPLIT , marca CARRIER , modelo SPACE (piso/teto) , sistema INVERTER , capacidade de 54.000 BTU/h , condensadora com descarga Vertical, gás ecológico R410-A, controle remoto sem fio, trifásico, 380 volts. selo procel "A"	02	11.180,00	22.360,00

CONDIÇÕES GERAIS

Validade da Proposta: 30 (trinta) dias.

Garantia dos Equipamentos: 12 (doze) meses (instalado pela rede credenciada Midea Carrier).

Forma de Pagamento: 30 (trinta) dias

Prazo Estimado de Entrega: 30/45 dias.

OBS: Utilize uma empresa credenciada **Midea Carrier** para instalação deste equipamento e tenha assegurada a **garantia total** constante no manual do proprietário. Caso contrário ficará limitado à garantia legal de **90 (noventa) dias**.

Atenciosamente
 Milton
 Orçamentista: **Lima**

AR CONDICIONADO

ANEXO 2 – Orçamento do ar-condicionado – Friotec



Brasília-DF 25 de Novembro de 2017
Proposta 6086/2017

CNPJ: 00.038.174/0001-43

A,
UNB
Sra: Camila Caetano de Melo
Email: camila_caetano@live.com
End: St Leste Projeção A – Gama Leste

Prezados,

Conforme solicitado vimos por meio desta apresentar nossa proposta de Fornecimento e Instalação para ar condicionado, abaixo descrito:

Item	Quant.	Especificação	Valor Unitário	Valor Total
01	02	Fornecimento e Instalação de ar condicionado, Tipo Split Hi Wall, Selo procel "A", Gás Ecológico R410a, Capacidade 9.000 Btus, com controle Remoto sem fio, Marca Elgin, 220 Volts.	R\$ 1.950,00	R\$ 3.900,00
02	03	Fornecimento e Instalação de ar condicionado, Tipo Split Hi Wall, Selo procel "A", Gás Ecológico R410a, Capacidade 12.000 Btus, com controle Remoto sem fio, Marca Elgin, 220 Volts.	R\$ 2.200,00	R\$ 6.600,00
03	01	Fornecimento e Instalação de ar condicionado, Tipo Split Hi Wall, Selo procel "A", Gás Ecológico R410a, Capacidade 18.000 Btus, com controle Remoto sem fio, Marca Springer Midea, 220 Volts.	R\$ 3.190,00	R\$ 3.190,00
04	12	Fornecimento e Instalação de ar condicionado, Tipo Split Hi Wall, Selo procel "A", Gás Ecológico R410a, Capacidade 24.000 Btus, com controle Remoto sem fio, Marca Springer Midea, 220 Volts.	R\$ 4.250,00	R\$ 51.000,00





Frio-Tec

ar condicionado
Climatizando o seu Ambiente com qualidade.

CNPJ: 18.435.240/0001-84
 IE: 648.458/001-92

05	06	Fornecimento e Instalação de ar condicionado, Tipo Split Hi Wall, Inverter, Selo procel "A", Gás Ecológico R410a, Capacidade 30.000 Btus, com controle Remoto sem fio, Marca Fujitsu, 220 Volts.	R\$ 6.900,00	R\$ 41.400,00
TOTAL GERAL R\$ 106.090,00 (Cento e Seis mil e Noventa Reis)				

Item 01: Informamos que nos preços acima, estão inclusos: Taxas, Fretes, Impostos e outros que incidam ou venham incidir sobre o valor cotado.

Item 02: Instalação com tubulação de cobre, isolamento térmico com tubo isolante polietileno e acabamento fita aluminizada (fita prata), dreno, ligação da máquina na tomada mais próxima. Tubulação até 05 m de linha, sendo o excedente R\$ 50,00 a cada metro;

Item 03: Não incluso: Serviço de Pintura, gesso, vidro, alvenaria e elétrica do quadro.

Validade da Proposta: 05 (Cinco) dias

Garantia do Equipamento: 12 (Doze) meses

Forma de Pagamento: À vista

Entrega do Equipamento: 07 dias úteis

Empresa Registrada no CREA/DF e SICAF.

Atenciosamente,



Tamiés Cabral
 Dept.º Vendas

