

**MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM  
EDIFICAÇÃO E ESTUDO DE CASO**

**MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM  
EDIFICAÇÃO E ESTUDO DE CASO**

Vinícius da Silva Carvalho

PROJETO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

Aprovada por:

---

Prof. Ivan Herszterg, Msc

Orientador

---

Prof. Sergio Sami Hazan, Ph.D

Co-Orientador

---

Prof. Robson Francisco da Silva Dias, D.Sc

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL.

SETEMBRO DE 2011.

## Dedicatória

---

Ao meu Senhor e Deus Jesus Cristo, que com seu exemplo de misericórdia, se fez homem e venceu a morte para nos dar a vida eterna. A Ele a glória, o louvor e toda vitória porque sei que sem ele nada sou.

## Agradecimento

---

A Congregação do Preciosíssimo Sangue que com exemplo missionário encontrou na paróquia Sangue de Cristo, lar e local de evangelização.

Ao Padre Pedro Nunes que aceitou e apoiou minha proposta de aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Eng. Elétrica para melhorar a eficiência energética da paróquia da qual é pároco, fazendo assim também que ela cause menos danos ao nosso planeta que já tanto sofre com os impactos ambientais daqueles que apenas buscam ser maiores, sem se preocupar em ser melhores.

Aos meus pais Maria José da Silva e Norival dos Santos Carvalho Filho pelos incontáveis gestos de amor e carinho que me fizeram ser forte nos momentos difíceis, me fizeram nunca desistir e perseverar sempre com a certeza da vitória graças também a marca de fé que gravaram em mim a partir dos seus exemplos em gestos e palavras ao longo de toda minha vida. Meus heróis, meus amores, meus TUDO!

A minha querida namorada Marina Tavares Gregolin, verdadeira presença de Deus em minha vida que me apoia, me alegra e me faz querer ser melhor a cada dia.

A todos os meus familiares que tantas vezes representaram aquela força invisível imprescindível para me fazer continuar caminhando, sabendo que minha vitória seria comemorada por todos como vitórias próprias.

Aos meus amigos todos, que me fizeram crescer como pessoa por todas as brigas, todos os desentendimentos, todas as alegrias e todas as festas (claro!). Agradeço por todas as incríveis histórias que viveram comigo e que contarão comigo no futuro para que nossos descendentes saibam da importância da amizade.

A todos os professores da minha vida; tanto aqueles que tinham por profissão ensinar quanto àqueles que, muitas vezes sem querer e sem diploma para tal, me fizeram aprender muito! Agradeço em especial ao Prof. Ivan Herszterg por sua calma, simplicidade e precisão nos ensinamentos, ao Prof. Sérgio Sami Hazan por sua incrível vontade/capacidade em ajudar e por todos os Mestres que tive o privilégio de conhecer ao longo desses maravilhosos anos que estive na UFRJ.

Obrigado a todos os aqui citados e todos os que por ventura foram esquecidos.

**“Mesmo que tivesse o dom da profecia,  
e conhecesse todos os mistérios e toda ciência;  
mesmo que tivesse toda a fé, a ponto de transportar montanhas,  
se não tiver caridade, não sou nada.”**

**(1Cor 13,2)**

## Resumo

---

Conforme pude aprender ao longo do curso de Engenharia Elétrica, um bom projeto não deve apenas estar preocupado em alcançar certo objetivo, mas em alcançá-lo da melhor maneira, isto é: tão fácil, rápido e barato quanto for possível, sem que a qualidade, confiabilidade e até mesmo a segurança sejam comprometidas.

Partindo dessa premissa, este presente estudo busca primeiramente explicar os conceitos e fundamentos de um projeto de eficiência energética, mostrando suas principais características e seus principais objetivos.

Num segundo momento, apresenta-se o que atualmente existe de mais significativo em termos de certificação nacional e internacional quanto à eficiência em edificações e um breve estudo sobre as tecnologias hoje disponíveis tanto em termos de geração de luz quanto em formas de utilização da mesma.

Em seguida, faz-se um estudo de caso apresentando propostas de melhorias de para Paróquia Sangue de Cristo, de acordo com os dados levantados e com as tecnologias apresentadas.

No final deste trabalho, é apresentado um projeto executivo com memória de cálculo, estimativa de gastos e uma análise das melhorias que seriam observadas com a possível implementação das propostas apresentadas.

# Conteúdo

---

Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tabelas .....	xi
1. Introdução .....	1
1.1. Motivação .....	1
1.2. Local do Estudo .....	1
2. Fundamentos da Eficiência Energética Predial .....	2
2.1. Motivação Mundial .....	2
2.2. Motivação Local - Brasil .....	2
2.3. Eficiência .....	3
2.3.1. Eficiência Energética[1] .....	4
2.3.2. Eficiência Energética Predial .....	5
2.4. Características dos prédios eficientes [7][12] .....	5
3. Certificação Predial .....	6
3.1. Estado Atual [7][8] .....	6
3.2. Classificação de abrangência internacional .....	7
3.2.1. BREEAM[12] .....	7
3.2.2. Histórico .....	7
3.2.3. Abrangência .....	7
3.2.4. Subdivisões .....	8
3.2.5. Classificação .....	10
3.2.6. Eficiência Energética .....	12
3.2.7. Conclusão .....	13
3.3. Classificação Nacional[6][8] .....	14
3.3.1. Procel Edifica .....	15

3.3.2.	Análise da demanda energética .....	15
3.3.3.	Estratégia para divulgação e aplicação do programa .....	16
3.3.4.	Certificação .....	17
3.3.5.	Cálculo .....	17
3.3.6.	Subdivisões [9] .....	18
3.3.7.	Principais Dificuldades .....	23
3.3.8.	Conclusão .....	24
4.	Componentes de um projeto de iluminação .....	25
4.1.	Conceitos de Iluminação .....	25
4.1.1.	Luz Visível .....	25
4.1.2.	Fluxo Luminoso ( $\phi$ ) [lm – lúmen] .....	26
4.1.3.	Iluminância (lx - Lux) [ $\text{lm}/\text{m}^2$ ].....	26
4.1.4.	Eficiência Luminosa ( $\eta$ ) [lm/W] .....	27
4.1.5.	Refletância [%] .....	28
4.1.6.	Índice do Local (k) .....	28
4.1.7.	Fator de Utilização (FU) .....	30
4.1.8.	Índice de Reprodução de Cor (IRC)[%]. .....	31
4.1.9.	Fator de Depreciação (FD)[%]. .....	32
4.2.	Fontes Luminosas .....	33
4.2.1.	Luz Natural.....	33
4.2.2.	Lâmpadas Incandescentes .....	33
4.2.3.	Lâmpadas Fluorescentes Tubulares (Mercúrio de baixa pressão) ....	35
4.2.4.	Lâmpadas Fluorescentes Compactas .....	37
4.2.5.	Lâmpadas de vapor de mercúrio da alta pressão. ....	38
4.2.6.	Lâmpadas de vapor de sódio. ....	38



4.2.7.	Lâmpadas de vapor metálico. ....	39
4.2.8.	Lâmpadas LED (iluminação em estado sólido) .....	39
4.3.	Acessórios e equipamentos auxiliares .....	41
4.3.1.	Fibra Ótica .....	41
4.3.2.	Sensor de Luminosidade .....	43
4.3.3.	Sensor de Presença .....	43
4.3.4.	Luminárias .....	43
4.4.	Comparação .....	45
5.	Dados do projeto atual .....	46
5.1.	Informações Estruturais .....	46
5.2.	Cálculo da Iluminação necessária, segundo normas nacionais. ....	48
5.3.	Cálculo e adequação do fluxo luminoso do local .....	51
5.4.	Classificação - PROCEL Edifica .....	51
6.	Projeto Executivo .....	53
6.1.	Propostas: .....	53
6.1.1.	Limpeza e Substituição de Luminárias (P1) .....	54
6.1.2.	Pintura das paredes e teto com cores claras (P2) .....	54
6.1.3.	Melhoria na utilização de luz solar para iluminação (P3) .....	54
6.1.4.	Substituição de Lâmpadas (P4) .....	55
6.1.5.	Instalação de Sensor de Presença (P5) .....	55
6.2.	Ferramenta de simulação .....	56
6.3.	Comparativo de Fluxo Luminoso.....	57
6.4.	Memória de Cálculo .....	63
6.5.	Melhorias Observadas .....	69
6.5.1.	Resumo .....	73

6.6.	Nova Classificação – Procel Edifica. ....	73
7.	Conclusão .....	75
8.	Bibliografia .....	76
9.	Apêndices .....	77
9.1.	CIA World Factbooks. ....	77
9.2.	Valores de Referência de Demanda [8]. ....	79
9.3.	Exemplos de valores de Refletância .....	81
9.4.	Características dos tipos de LED .....	82
9.5.	Documentos necessários para Certificação de um local[22]. ....	83
9.6.	Fotos do Local:.....	87

## Índice de Figuras

Figura 1 - Modelo Internacional[19].	3
Figura 2 - Selo Procel[5].	6
Figura 3 - Selo de Certificação BREEAM	12
Figura 4 - Selos e subprogramas PROCEL[8].	14
Figura 5 - Selo Procel UH - Região Sudeste	20
Figura 6 - Selo Procel UH - Região Nordeste	20
Figura 7 - Nível de eficiência para uma construção multifamiliar.	20
Figura 8 - Espectro Luminoso - Luz Visível. [16]	25
Figura 9 - Iluminância[18]	26
Figura 10 - Comparativo de Eficiência Luminosa por tipo de lâmpada.[16]	27
Figura 11 - Representação da Altura Útil para cálculo do Índice do Local[16]	29
Figura 12 - Primeiro modelo de Lâmpada[13].	34
Figura 13 – Modelo de lâmpada fluorescente registrado por Tomas Edson[14].	35
Figura 14 - Componentes da Lâmpada Fluorescente Tubular	35
Figura 15 - Circuito de uma lâmpada fluorescente tubular[19].	36
Figura 16 - Lâmpada Fluorescente Compacta[17].	37
Figura 17 - LED: Componentes Internos[19].	40
Figura 18 - LED: Princípio de Funcionamento[19].	40
Figura 19 - Fibra ótica de luz pontual[21].	42
Figura 20 - Fibra ótica de luz lateral[21].	42
Figura 21 - Matriz Energética Mundial.	78
Figura 22 - Comparativo de Matrizes Energéticas Mundiais – 2008	78
Figura 23 - Consumo num edifício comercial	80

Figura 24 - Consumo no setor residencial.....	80
Figura 25 - Vitral escuro prejudicando a entrada de luz solar.....	87
Figura 26 – Unidades condensadoras antigas, pouco eficientes e expostas ao tempo.....	87
Figura 27 – Tubulação dos sistemas de refrigeração expostas ao ambiente .....	87
Figura 28 – Lâmpada LED proposta .....	88
Figura 28 – Modelo de luminária encontrado no local .....	88
Figura 29 – Modelo de luminária eficiente proposto para substituição .....	88
Figura 30 – Chão e parede de cores escuras – baixa refletância. ....	89

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - BREEAM - Tipos de Construção .....	9
Tabela 2 - Parâmetros BREEAM .....	10
Tabela 3 - BREEAM - tabela de classificação quanto à pontuação.....	11
Tabela 4 - Subdivisões do parâmetro de Energia do BREEAM .....	12
Tabela 5 - Descritivo UH.....	18
Tabela 6 - Coeficientes UH .....	19
Tabela 7 - Descritivo de Área Comum.....	21
Tabela 8 - Descritivo de Construções Comerciais .....	22
Tabela 9 - Valores de referência para refletâncias. [11].....	28
Tabela 10 - Fator de Utilização .....	30
Tabela 11- IRC e exemplos de aplicação .....	31
Tabela 12 - Fator de Depreciação .....	32
Tabela 13 – Tabela comparativa para Lâmpadas Incandescentes[16][17] .....	34
Tabela 14 - Refletores - Localização da fonte de Luz[11]. .....	44
Tabela 15 - Comparativos entre tipos de lâmpadas.....	45
Tabela 16 - Legenda de características de lâmpadas .....	45
Tabela 17 - Locais a serem analisados (prédio principal) .....	46
Tabela 18 - Locais a serem analisados (prédio anexo) .....	47
Tabela 19 - Carga de Iluminação e iluminância para o primeiro pavimento do prédio principal .....	48
Tabela 20 - Carga de Iluminação e iluminância para o segundo pavimento do prédio principal .....	49
Tabela 21 - Carga de Iluminação e iluminância para o primeiro pavimento do prédio anexo.....	49

Tabela 22 - Carga de Iluminação e iluminância para o segundo pavimento do prédio anexo.....	50
Tabela 23 - Carga de Iluminação e iluminância para o terceiro pavimento do prédio anexo.....	50
Tabela 24 – Parâmetros para classificação da Paróquia Sangue de Cristo .....	52
Tabela 25 – Parâmetros da Planilha de Simulação .....	56
Tabela 26 – Parâmetros da Planilha de Simulação: Tipos de Lâmpada .....	57
Tabela 27 – Cálculo comparativo para situação atual do primeiro pavimento do prédio principal .....	58
Tabela 28 – Cálculo comparativo para situação atual do segundo pavimento do prédio principal .....	59
Tabela 29 – Cálculo comparativo para situação atual do primeiro pavimento do prédio anexo.....	60
Tabela 30 – Cálculo comparativo para situação atual do segundo pavimento do prédio anexo.....	61
Tabela 31 – Cálculo comparativo para situação atual do terceiro pavimento do prédio anexo.....	62
Tabela 32 - Códigos de identificação das propostas .....	63
Tabela 33 - Memória de Cálculo do primeiro pavimento do prédio principal .....	64
Tabela 34 - Memória de Cálculo do segundo pavimento do prédio principal .....	65
Tabela 35 - Memória de Cálculo do primeiro pavimento do prédio anexo. ....	66
Tabela 36 - Memória de Cálculo do segundo pavimento do prédio anexo. ....	67
Tabela 37 - Memória de Cálculo do terceiro pavimento do prédio anexo. ....	68
Tabela 38 - Economia - primeiro pavimento do prédio principal .....	69
Tabela 39 - Economia - segundo pavimento do prédio principal.....	70
Tabela 40 - Economia - primeiro pavimento do prédio anexo.....	71

Tabela 41 - Economia - segundo pavimento do prédio anexo .....	71
Tabela 42 - Economia - terceiro pavimento do prédio anexo.....	72
Tabela 43 - Parcela Economizada .....	73
Tabela 44 - Nova simulação de classificação. ....	73
Tabela 45 - Matrizes Energéticas das Maiores Economias Mundiais .....	77
Tabela 46 - Gastos por tipo de atividade .....	79
Tabela 47 - Gastos discriminados para os setores comercial e residencial. ....	79
Tabela 48 –Exemplo de refletância para certos materiais .....	81
Tabela 49 - Exemplo de refletância para certas cores .....	81
Tabela 50 - Características dos tipos de LED .....	82

# **1. Introdução**

## **1.1. Motivação**

Numa época em que as principais matrizes energéticas mundiais são baseadas em combustíveis fósseis que causam grandes danos ecológicos (vide Apêndice 9.1) e que aquecimento global é quase diariamente abordado em todos os jornais e telejornais do mundo, a conscientização ecológica de buscar fazer mais gastando cada vez menos vem ocupando um papel cada dia mais importante na vida de todos.

Muito se tem pesquisado em melhorias na distribuição e na geração de energia elétrica, porém sabe-se que esses esforços serão inúteis caso não sejam melhoradas também suas formas de utilização.

## **1.2. Local do Estudo**

O local escolhido para estudo de caso – com o intuito de melhor ilustrar como se pode analisar e modificar certa edificação a fim de torná-la mais eficiente - foi a Paróquia Sangue de Cristo, igreja católica localizada na Tijuca, construída na década de 50 e que possui um prédio de três pavimentos anexo e que até o momento não sofreu nenhuma grande modificação no projeto inicial no que diz respeito à iluminação ou a utilização de energia elétrica.

Esse trabalho fará a análise e a proposta de melhorias para os dois primeiros pavimentos do prédio principal (localizado na Rua Adalberto Aranha), para a área de conexão e também para todo o prédio em anexo (localizado na Rua Gonzaga Bastos), tanto considerando a situação atual, como também fazendo uma previsão do que poderá ser alterado em termos de lâmpadas e luminárias e que fazem parte das modificações propostas para o local.



## **2. Fundamentos da Eficiência Energética Predial**

### **2.1. Motivação Mundial**

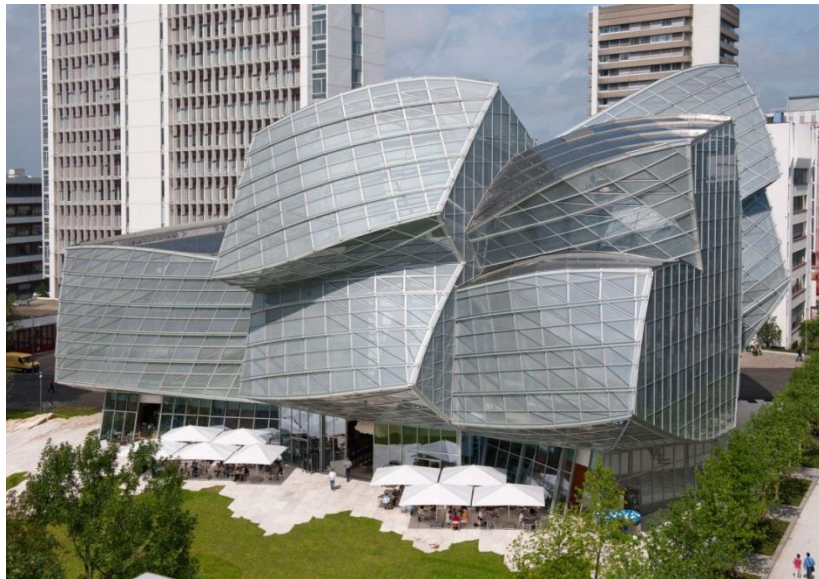
No momento em que houve a primeira grande crise do petróleo (por volta de 1970), os países que usavam energia fóssil como principal matriz energética perceberam a importância de reduzir seu consumo sem ter que necessariamente mudar o estilo de vida alcançado (o que prejudicaria ainda mais a delicada situação econômica que viviam).

Alguns anos depois, esse tipo de preocupação ganhou um tom um pouco menos financeiro e um pouco mais humanitário quando se começou a falar de assuntos como Aquecimento Global, Consumo Sustentável e Consciência Ambiental; temas que até hoje em dia são amplamente comentados e que incentivaram os grandes investimentos em tecnologias mais eficientes de uso, transmissão e geração de energia, como novos tipos de lâmpadas e luminárias, redes inteligentes e fontes alternativas de energia.

### **2.2. Motivação Local - Brasil**

Analisando-se de perto o conceito por trás da maioria dos edifícios das principais cidades do mundo, percebemos que o modelo que ganhou ampla adesão foi o chamado “modelo internacional”, difundido por Le Corbusier[2]. Esse modelo, também chamado de “estufa” foi criado para que países de climas mais frios pudessem aproveitar melhor a entrada da luz solar, passando assim a ter menores gastos com sistemas de aquecimento; porém, devido à globalização, esse modelo passou a ser usado também em países em que a entrada de luz solar e do calor não são características desejáveis.

Dessa maneira, países de clima mais quente como o Brasil adotaram o modelo internacional sem que fossem analisadas as implicações negativas da entrada do calor excessivo nas áreas internas da construção.



*Figura 1 - Modelo Internacional[19].*

O modelo internacional rapidamente demonstrou gerar grande aquecimento das áreas internas que passaram a ser refrigeradas, a custo de enormes e caros equipamentos de grande potência consumindo assim grande quantidade de energia.

Com isso, o modelo que havia sido criado para diminuir os gastos energéticos e que vinha apresentando bons resultados em países como EUA, França, Itália etc., acabou funcionando no Brasil de maneira oposta a sua proposta inicial. Viu-se então a necessidade de que fossem estudadas novas maneiras e novas técnicas de melhorar a eficiência das construções brasileiras sem abandonar o modelo adotado.

### **2.3. Eficiência**

O conceito de eficiência surgiu a partir do momento em que o homem, de posse das faculdades intelectuais necessárias para executar certa tarefa, começou a perceber que além de se chegar a certo objetivo, igualmente importante é analisar o quanto se gastou (de tempo, material, força, energia etc.) para se executar essa tarefa.

Uma maneira simples de verificar a eficiência de um processo, é analisando o quanto de energia foi gasto para execução de certa tarefa e o quanto de trabalho foi gerado com a sua conclusão.

### 2.3.1. Eficiência Energética[1]

Pensando em termos energéticos, eficiência passa a ganhar um sentido mais tangível e uma análise matemática de simples interpretação, como observado na Equação 1:

$$\eta = \frac{W}{E} \quad (1)$$

Onde:

$\eta$  = Eficiência

$W$  = energia útil no final de um processo

$E$  = energia gasta para execução de determinada tarefa.

Para um processo com eficiência máxima, teríamos  $W=E$  ( $\eta=100\%$ ), i.e. ao final de um processo, toda energia gasta teria sido revertida em energia útil. Sabemos porém que não existe nenhum processo que seja 100% eficiente, isto é, sem perdas.

Portanto, pode-se dizer que em linhas gerais, a energia útil ao final do processo equivale à diferença entre a quantidade de energia total gerada e a quantidade de energia perdida durante a execução do processo, como visto na Equação 2 abaixo:

$$W = Qt - P \quad (2)$$

Onde:

$W$  = Energia útil no final de um processo.

$Qt$  = Quantidade de energia total gerada.

$P$  = Perdas durante a execução do processo.

### **2.3.2. Eficiência Energética Predial**

Quando se fala de eficiência energética predial, tem-se como premissa que, de acordo com o projeto, cada prédio tem uma função a ser executada (residencial, comercial, industrial etc.). Assim sendo, é possível verificar se, de acordo com as normas nacionais (NBR5410/ABNT[3] e NBR5413/ABNT[4]) e com os parâmetros traçados pelos órgãos regulatórios e certificatórios, essa função está sendo executada com o menor gasto energético possível (W), ou pelo menos se é possível aperfeiçoar o projeto de modo a diminuir as perdas (P) identificadas na construção.

### **2.4. Características dos prédios eficientes [7][12]**

Prédios eficientes (também conhecidos como prédios verdes) são muito mais do que uma característica de construção ou um modelo arquitetônico.

Segundo a EPA (da sigla em inglês de Agencia de Proteção Ambiental), a classificação de um prédio como verde deve considerar o momento da concepção da ideia, sua utilização, manutenção e até mesmo o quanto poderia ser aproveitado ou quais os danos à área construída numa futura necessidade de demolição. A proposta é usar sempre a maior quantidade possível de produtos reciclados e reutilizáveis, buscando com isso, causar o menor dano possível à região em que se encontra.

Para prédios já construídos, porém, essa análise foca somente em como melhorar a energia usada para seu funcionamento ou diminuir seu impacto no meio ambiente, observadas as tecnologias disponíveis.

Mesmo para construções mais antigas, o conceito de Prédio Eficiente traz uma série de fatores a serem analisados, a saber: consumo de água potável; reaproveitamento das águas das chuvas; aproveitamento da luz natural; conforto quanto à temperatura e iluminação (de acordo com a atividade realizada); uso da energia elétrica, separação, reaproveitamento e reciclagem do lixo; entre outros pontos.

Para o presente estudo, serão tratados apenas os itens referentes ao aproveitamento da luz natural, iluminação e, obviamente, uso de energia elétrica.

### 3. Certificação Predial

#### 3.1. Estado Atual [7][8]

É necessário ter controle de tudo aquilo que se deseja analisar e, para isso, são necessários bons métodos de medição e comparação; pensando dessa maneira, foram criados na década de 90 alguns dos certificados mais usados atualmente quanto à eficiência energética predial.

No Brasil, em 1985, surgiu o PROCEL - programa dos ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio que tinha como função estudar as melhores formas de economizar energia sem impactar na qualidade de vida da população ou na capacidade de geração industrial.

No ano de 1990 foi criado no Reino Unido o primeiro programa de certificação predial do mundo, chamado BREEAM e, já em 1993 o Brasil também criou seu selo de certificação quanto à eficiência energética para equipamentos elétricos – o “Selo Procel”. Na Figura 2 um exemplo do Selo Procel para um refrigerador.

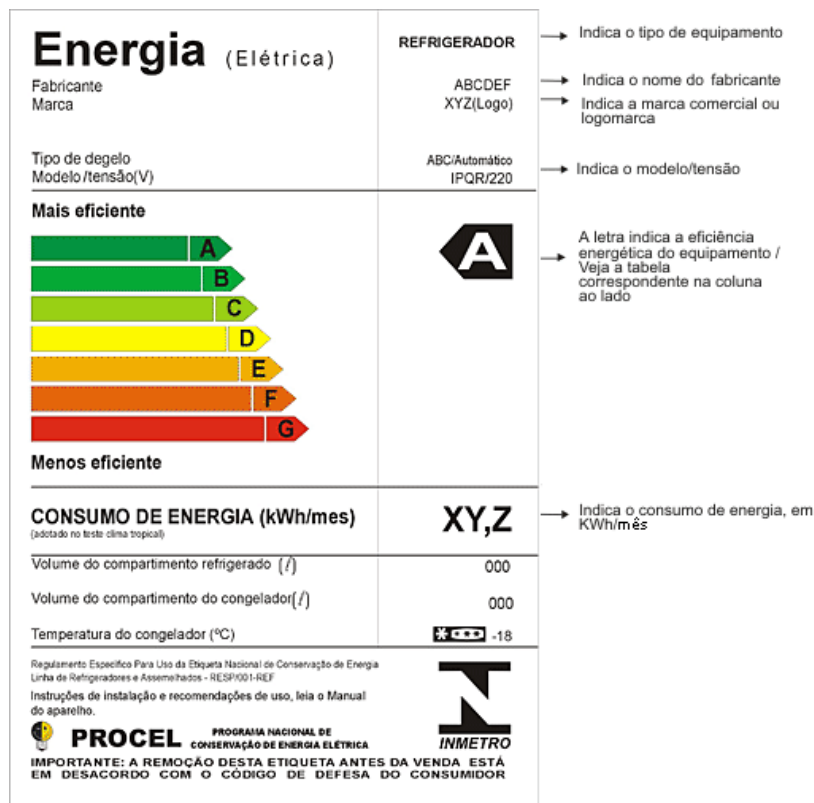


Figura 2 - Selo Procel[5].

Em 2003 surge, no Brasil, o Procel Edifica, programa do governo também para aferir a eficiência energética, porém dessa vez, com foco nas construções.

Atualmente são cada vez mais numerosos os padrões globais de classificações, cada qual com suas especificidades. Dentre esses, será analisado mais profundamente o BREEAM que é do mais antigo e atualmente mais usado sistema de certificação e, em se tratando de padrões regionais, estudaremos mais a fundo o selo lançado pelo PROCEL: o PROCEL EDIFICA.

## **3.2. Classificação de abrangência internacional**

### **3.2.1. BREEAM[12]**

O BREEAM se intitula o maior e mais importante conjunto de regras globais para classificação de construções verde.

### **3.2.2. Histórico**

Em 1921 foi criado no Reino Unido o BRE (da sigla em inglês para Fundação de Pesquisas Prediais), programa do governo que tinha como missão fiscalizar, ranquear e pesquisar melhorias para tornar os edifícios do Reino Unido mais eficientes.

Em 1990 foi criado o BREEAM (da sigla em inglês para Método de Avaliação Ambiental do BRE) como uma ferramenta para facilitar esse processo de classificação das construções e para que existissem parâmetros mais claros e melhor definidos quanto a essa classificação predial, de modo que uma construção pudesse facilmente analisar perante uma proposta de reforma o quanto ela estaria evoluindo (ou não) com relação à eficiência predial.

### **3.2.3. Abrangência**

Observando-se o sucesso da classificação para o Reino Unido e buscando respeitar as diferenças entre as regiões, o BREEAM criou subdivisões que ajudam a distinguir quais parâmetros irão influenciar mais ou menos na hora de classificar um edifício dependendo de alguns fatores como: local, objetivo da análise e tipo de construção.

### **3.2.4. Subdivisões**

Para que possa haver uma melhor aplicação das regras de análise, foram criadas subdivisões considerando o país, o tipo da análise e o tipo da construção a ser classificada, cada subdivisão será apresentada em uma das seções seguintes.

#### **3.2.4.1. Local**

De acordo com o interesse do governo local, o BREEAM disponibiliza cursos e consultores para montar um “esquema” local específico. Atualmente os países que já estão cadastrados com uma norma BREEAM específica são:

- Reino Unido
- Holanda
- Noruega
- Espanha
- Suécia

A ideia por trás da proposta de se criar esquemas diferentes para cada país é para que as regras e recomendações sejam alinhadas com as leis e regulamentações locais; o objetivo de se disponibilizar cursos e consultores é para que não se perca a identidade nem haja grande disparidade entre os esquemas personalizados e o original do Reino Unido. Busca-se dessa forma, adaptar-se sem se deixar descaracterizar, o que tem até então se mostrado bastante efetivo.

#### **3.2.4.2. Objeto da Análise**

Ainda com o intuito de manter-se alinhado às diferentes possibilidades de empreendimento, o BREEAM propõe que cada obra seja considerada por diferentes aspectos e também as separou em subdivisões:

- Novas Construções
- Reformas
- Reformas com construções de pequenas áreas

### 3.2.4.3. Tipo de Construção

Dentro do tipo de construção, existem as subdivisões chamadas de “Setores” que buscam facilitar a classificação e a comparação mediante outros prédios que trazem a mesma característica de construção e/ou uso.

**Tabela 1 - BREEAM - Tipos de Construção**

Setor	Tipo de Descrição	Descrição
Comercial	Escritórios	Construções de Escritórios gerais
		Escritórios com pesquisa e desenvolvimento (1 laboratório)
	Industrial	Depósitos de estocagem / Distribuição
		Processo, construção e veículos de serviço.
	Varejo	Shoppings
		Parques e Depósitos
		Exposição
Restaurantes, café, bar e Fast Food.		
Publica (não residencial)	Educacional	Construções de Escritórios gerais
		Escritórios com pesquisa e desenvolvimento (1 laboratório)
	Hospital	Depósitos de estocagem / Distribuição
		Processo, construção e veículos de serviço.
	Prisões	Shoppings
		Parques e Depósitos
		Exposição
		Restaurantes, café e bar.
		Restaurantes Fast Food.
	Tribunais	Corte Criminal
		Câmara Municipal
		Centro de Justiça
	Outros	Instituições Residenciais
Centro de treinamento de segurança		
Centro de treinamento residencial		
Instituições não residenciais		Galeria de Arte
		Museu
		Biblioteca
		Centro comunitário
		<b>Igrejas / Casas de Adoração</b>
Lazer e reunião		Cinema
		Teatro
		Salas de Música
		Casa de Shows
		Academias
		Espaço para recreação (com e sem piscina)



Setor	Tipo de Descrição	Descrição
	Outros	Rodoviária
		Estação de Metro / Trem
		Creche
Multi Residencial	Residencial	Clinicas
		Abrigo
		Escola Residencial
		Acampamento Militar

### 3.2.5. Classificação

Para a classificação e acompanhamento da evolução das edificações, é usado um sistema de pontuação, como apresentado na Tabela 2:

**Tabela 2 - Parâmetros BREEAM**

Parâmetro	Pontos	Peso	Objetivo
Gerenciamento	8	12%	Garantir que a construção seja funcional, i.e. operada, projetada e construída de acordo com o objetivo do projeto.
Saúde e bem estar	Depende da construção	15%	Garantir que tanto a iluminação natural quanto a artificial (e seus sistemas de controle) estão dimensionadas a fim de proporcionar o maior conforto possível.
<b>Energia</b>	<b>15</b>	<b>19%</b>	<b>Identificar e incentivar projetos de construções que minimizem os gastos energéticos e a emissão de CO<sub>2</sub>.</b>
Transporte	Depende da construção	8%	Identificar e encorajar construções próximas a locais com boa infraestrutura de transporte público.
Água	5	6%	Reduzir o consumo de água potável e incentivar mecanismos de reuso.

Parâmetro	Pontos	Peso	Objetivo
Materiais	Depende da construção	12,5%	Identificar e incentivar projetos que usem materiais com baixo dano ambiental durante toda a vida da construção.
Desperdício	4	7,5%	Promover um melhor consumo dos recursos disponíveis bem como redução no desperdício de materiais.
Uso da Terra	2	10%	Incentivar o uso de áreas previamente já construídas e/ ou contaminadas a fim de evitar que novas áreas sejam modificadas.
Poluição	3	10%	Reduzir as emissões de gases.
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	
Inovação	10	10%	Apoiar a indústria de construção através de identificação do reconhecimento de ações sustentáveis não previstas pelo BREEAM.

Uma vez analisadas as características da construção, os prédios são classificados, de acordo com a porcentagem obtida em:

**Tabela 3 - BREEAM - tabela de classificação quanto à pontuação**

Classificação BREEAM	% Pontuação
Excepcional	≥85
Excelente	≥70
Muito Bom	≥55
Bom	≥45
Aprovado	≥30
Não-Classificado	<30

O BREEAM também apresenta a classificação obtida por certa construção através de um selo que traz um código (como se pode observar na Figura 3) e mantém um

registro chamado “Livro Verde” onde estão descritas as notas obtidas em cada parâmetro, detalhes das medições e a classificação BREEAM alcançada pela mesma.



*Figura 3 - Selo de Certificação BREEAM*

### 3.2.6. Eficiência Energética

Avaliando apenas pela ótica pertinente ao presente trabalho, o parâmetro referente a parte de energia se apresenta com as seguintes subdivisões e objetivos:

*Tabela 4 - Subdivisões do parâmetro de Energia do BREEAM*

<b>Divisão</b>	<b>Objetivo</b>
Redução de Emissões de CO <sub>2</sub>	Reduzir a emissão durante a operação normal do edifício
Monitoramento	Incentivar sub-medidores para observar perdas
Luz Externa	Garantir eficiente iluminação das áreas externas
Tecnologias de carbono zero	Incentivar tecnologias com baixa emissão de CO <sub>2</sub>
Eficiência energética de refrigeradores	Incentivar o uso racional de refrigeradores
Eficiência energética de sistemas de transporte	Incentivar o uso de escadas rolantes, elevadores, esteiras mais eficientes.
Eficiência energética de laboratórios	Incentivar laboratórios com áreas para redução de da emissão de CO <sub>2</sub> .
Eficiência energética de equipamentos	Incentivar a compra de equipamentos mais eficientes

<b>Divisão</b>	<b>Objetivo</b>
Área de Secagem	Identificar a existência de áreas para secar roupas sem o uso de energia elétrica

### **3.2.7. Conclusão**

Apesar de ser uma excelente ferramenta de comparação e certificação de eficiência predial para diversos tipos de construção e, apesar de poder ser personalizada das mais variadas formas, em termos estritamente energéticos, o BREEAM deixa bastante a desejar uma vez que se propõe a fazer apenas uma análise macro da situação atual sem que sejam propostas formas de melhoria.

Pode-se concluir, portanto, que o BREEAM funciona muito mais para divulgação de parâmetros de avaliação predial e como selo de certificação do que como um programa de incentivo a melhorias.

### 3.3. Classificação Nacional[6][8]

O PROCEL desde a sua criação tem identificado áreas que devam receber incentivos à mudança no uso de energia e vem, através de subprogramas específicos agindo para que essas modificações sejam divulgadas e adotadas por cada setor de interesse.

A primeira proposta do governo de certificação nacional que chegou a maturidade foi o Selo Procel, que analisa a Eficiência de Equipamentos e que ao longo dos anos de atuação tem mudado a maneira de o consumidor escolher seus eletrodomésticos (refrigeradores, micro-ondas, aparelhos de ar condicionado etc). Também a partir do Selo Procel foi possível identificar uma mudança na rotina dos fabricantes desses aparelhos que cientes da preocupação do mercado por equipamentos mais eficientes praticamente aboliram aqueles que não estivessem numa das duas melhores classificações do programa: A e B.

Diante do sucesso apresentado por esse subprograma, o governo resolveu continuar investindo em outras áreas e outros subprogramas, hoje apresentando uma solução completa, como se pode observar na Figura 4.

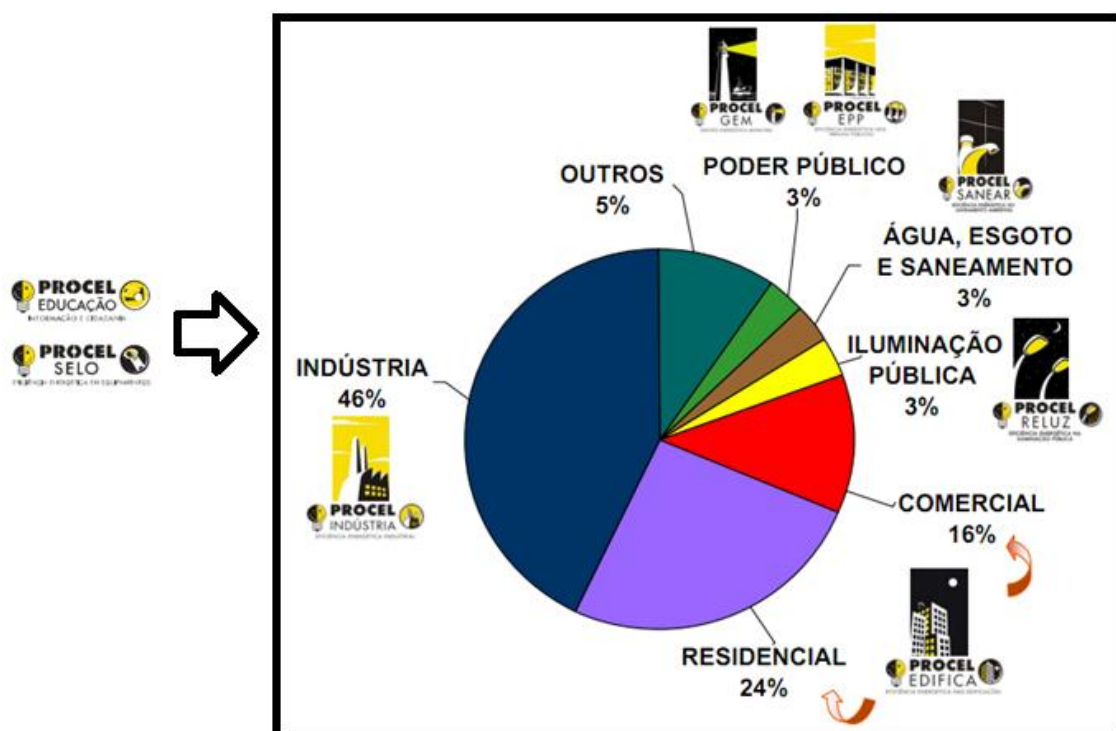


Figura 4 - Selos e subprogramas PROCEL[8].

Os programas já desenvolvidos são:

- Eficiência Energética em Equipamentos - **Procel Selo**
- Informação e Cidadania - **Procel Educação**
- Eficiência Energética Industrial - **Procel Indústria**
- Eficiência Energética no Saneamento Ambiental - **Procel Sanear**
- Eficiência Energética nos Prédios Públicos - **Procel EPP**
- Gestão Energética Municipal - **Procel GEM**
- Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica - **Procel Reluz**
- Eficiência Energética em Edificações – **Procel Edifica**

### **3.3.1. Procel Edifica**

O Programa “Procel Edifica” mostra a tentativa do governo em continuar uma já bem sucedida proposta de avaliação e certificação em busca de uma mudança cultural da população com relação a melhorias no uso de energia no Brasil. Como observado na Figura 4, essa nova proposta busca atingir uma parcela responsável por cerca de 40% de todo o consumo energético do país.

### **3.3.2. Análise da demanda energética**

Uma vez analisado o montante representativo de energia dispendida para os setores residencial e comercial, o governo separou, para fins de identificação e atuação direcionada ao setor comercial de acordo com o tipo de atividade e, dentro dessa subdivisão, analisou sobre dois parâmetros: Iluminação e Sistemas de Condicionamento de Ar (como apresentado na Tabela 46 do Apêndice 9.2); ainda para o setor comercial, foram analisados também os principais gastos em um edifício de escritórios (Tabela 47 e Figura 23). Para o setor residencial, a discriminação foi um pouco mais minuciosa e também pode ser vista na Tabela 47 e na Figura 24, todas apresentadas apenas como exemplos numéricos no Apêndice 9.2.

### 3.3.3. Estratégia para divulgação e aplicação do programa

Por se tratar de um programa do governo que busca muito mais instruir e orientar do que simplesmente distribuir notas, desde a sua criação o PROCEL EDIFICA possui um plano de ação que segue seis vertentes, cada qual com uma série de atividades complementares, a saber:

- **Capacitação**
  - Melhoria de Laboratórios.
  - Definição de linhas de pesquisa.
  - Palestras para professores
  - Criação de cursos e material didático.
  
- **Tecnologias**
  - Melhoria de Laboratórios
  - Certificação de materiais e sistemas construtivos.
  - Validação / Criação de ferramentas para avaliação energética de edificações.
  - Cursos e palestras para aperfeiçoamento em Eficiência Energética.
  
- **Disseminação**
  - Workshops e palestras para alunos e profissionais ligados à construção.
  - Publicação de artigos em revistas do ramo.
  - Entrega de prêmios para os casos de destaque.
  
- **Suporte ao Financiamento**
  - Criar Indicadores para atividades do Procel Edifica.
  - Criar e divulgar Plano de Marketing.
  - Apoiar projetos de edificações eficientes.
  - Criar ambiente online de Eficiência Energética em Edificações (R3E).
  
- **Subsídios a Regulamentação**
  - Suporte Técnico à Secretaria do MME.
  - Pesquisar e comprar com experiências internacionais.

- **Habituação e Eficiência Energética**
  - Definir critérios de Eficiência Energética p/ habitações de interesse social.
  - Incentivar crédito habitacional de forma diferenciada para projetos eficientes
  - Revisar guias p/ códigos urbanos e regulamentar Lei de Eficiência Energética em Edificações.
  - Levar melhoria para comunidades de baixa renda.

### 3.3.4. Certificação

A certificação de uma construção ocorre sempre em duas etapas:

1. **Documentação:** Após análise da documentação é emitido um certificado com uma etiqueta que atesta o nível de eficiência da edificação.
2. **Verificação:** Com o edifício em uso, um auditor credenciado vai verificar as informações recebidas na primeira etapa e, sendo confirmado o nível previamente atestado, uma placa metálica contendo as mesmas informações do Selo é entregue ao edifício.

### 3.3.5. Cálculo

O cálculo da classificação de uma construção poderá ser feito de duas maneiras: Método Prescritivo ou Simulação. Como será apresentado na próxima seção, o método prescritivo faz uso de uma equação chamada Equação de Classificação Geral e com o apoio de tabelas e avaliação dos limites de certos parâmetros. O Método de simulação dá-se através da comparação do projeto proposto com um edifício de referência que apresente o nível de eficiência pretendido.



### 3.3.6. Subdivisões [9]

Entendendo as diferenças entre os tipos de construção, o PROCEL Edifica criou subdivisões que possuem parâmetros, análises, bonificações, pré-requisitos e que resultam em diferentes tipos de etiquetas. São duas as possibilidades que serão vistas com mais detalhes nas próximas seções: Residencial e Comercial.

#### 3.3.6.1. Construções Residenciais

##### 3.3.6.1.1. UH - Unidade de Habitação Autônoma

*Tabela 5 - Descritivo UH*

<b>Objeto da Análise:</b>	<b>UH (Apartamentos e casas isoladas)</b>	
<b>Subdivisões:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envoltória</li> <li>• Aquecimento de Água</li> <li>• Refrigeração Artificial</li> </ul>	
<b>Pré-requisito Geral</b>	Existência de medidores dedicados para cada UH	
<b>Classificação</b>	Envoltória	De acordo com a Região
	Aquecimento de Água	De acordo com o Selo Procel dos equipamentos instalados.
	Refrigeração Artificial	De acordo com o Selo Procel dos equipamentos instalados.
<b>Bonificação</b>	Ventilação Natural	0,40
	Iluminação Natural	0,30
	Uso racional de Água	0,20
	Condicionamento de Ar	0,20
	Iluminação Artificial	0,10
	Ventiladores de teto	0,10
	Refrigeradores	0,10
	Medição individualizada	0,10

<b>Equação Geral</b>	$Pt_{UH} = (a * ENV) + [(1 - a) * AA] + Bonificações$	
	Onde:	
	$Pt_{UH}$	Pontuação da Unidade de Habitação
	$a$	Coeficiente obtido através da Tabela 6
	$ENV$	Classificação da Envoltória
	$AA$	Classificação do Aquecimento de Água

Como no Brasil podem ser encontradas características climáticas bastante diferentes, foi criado um coeficiente ( $a$ ) de acordo com a região, conforme apresentado na Tabela 6:

**Tabela 6 - Coeficientes UH**

Coeficiente	Região Geográfica				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
$a$	0,65 – 0,90	0,65 – 0,90	0,65	0,65	0,65

Também devido a essas diferenças climáticas, pode-se perceber que a parcela relativa à refrigeração artificial não foi considerada na equação geral para unidades habitacionais. Abaixo, na Figura 5 e na Figura 6, exemplos de etiquetas para diferentes regiões.

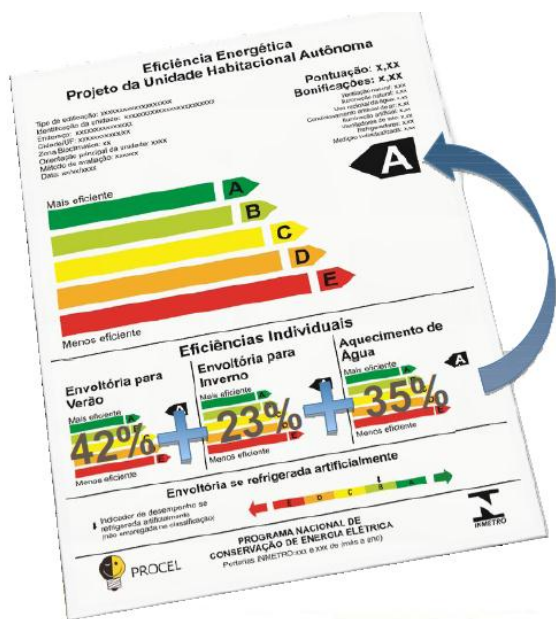


Figura 5 - Selo Procel UH - Região Sudeste

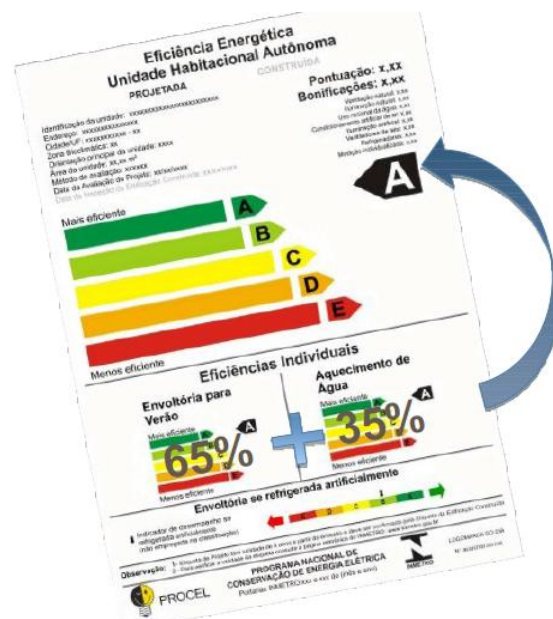


Figura 6 - Selo Procel UH - Região Nordeste

### 3.3.6.1.2. Edificações Multifamiliares[9]

Para a classificação das edificações multifamiliares, é feita uma média ponderada das pontuações individuais de cada UH com suas áreas, excluindo para o cálculo terraços, varandas e áreas comuns (que serão analisadas na seção seguinte). A Figura 7 mostra de forma ilustrativa como seria o resultado do cálculo.

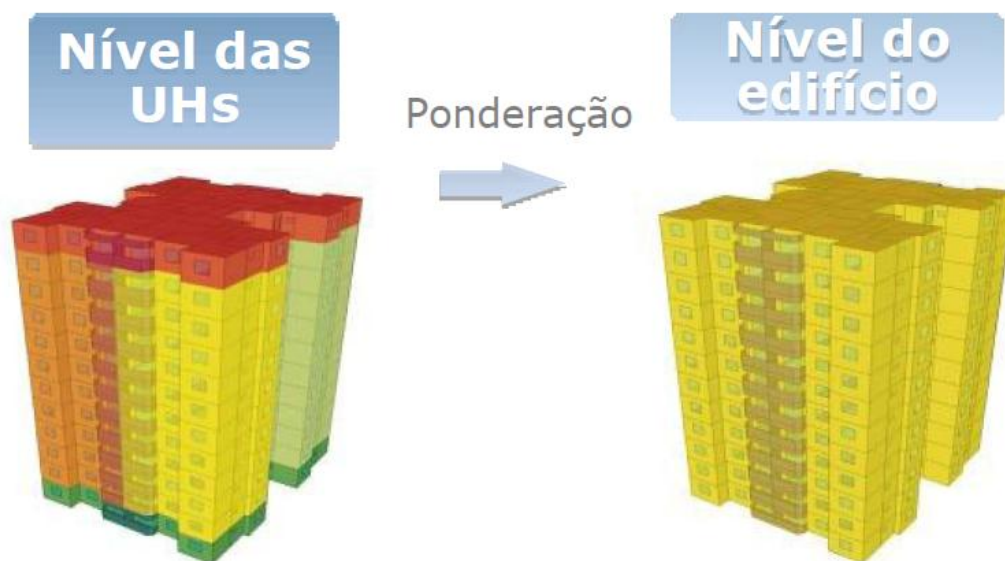


Figura 7 - Nível de eficiência para uma construção multifamiliar.

### 3.3.6.1.3. Áreas de Uso Comum

A diversidade de construções não se restringe mais somente ao número de UH, mas também as áreas de convivência dos condôminos. Para possibilitar uma melhor análise da construção, independente do seu tamanho, criou-se uma terceira possibilidade de selo que analisa somente a eficiência dessas áreas de uso comum, também chamadas áreas úteis.

**Tabela 7 - Descritivo de Área Comum**

<b>Objeto da Análise:</b>	<b>Áreas de Uso Comum</b>	
<b>Subdivisões:</b>	<b>Uso Eventual:</b>	<b>Uso Frequente</b>
<b>Locais</b>	Piscina, quadras esportivas, salões de convivência, churrasqueira, etc.	Garagens, corredores, elevadores, escadas, acessos externos, halls, etc.
<b>Principais Requisitos</b>	Motores de alto rendimento de acordo com o Selo Procel.	Bons níveis de capacidade térmica e absorção da luz solar.
<b>Sistemas Avaliados</b>	Elevadores, bombas e sistema de iluminação artificial.	Eletrodomésticos, sistemas de aquecimento de água e sistema de iluminação artificial.
<b>Bonificação</b>	Ventilação Natural em áreas de uso frequente	0,20
	Iluminação Natural em áreas de uso frequente	0,20
	Uso racional de Água	0,60
<b>Equação Geral</b>	$Pt_{Area\ Comum} = [(UE * 30\%) + (UF * 70\%)] + Bonificações$	
	Onde:	
	$Pt_{Area\ Comum}$	Pontuação total da área comum
	$UE$	Coeficiente da área de uso eventual
	$UF$	Coeficiente da área de uso frequente

### 3.3.6.2. Construções Comerciais

De maneira diferente das classificações anteriores, para edifícios comerciais nem todos os quesitos precisam necessariamente ser analisados para a emissão da certificação; as classificações vão desde a mais básica (apenas considerando a envoltória), passando pelas intermediárias (envoltória + iluminação artificial ou envoltória + sistema de condicionamento de ar) até a mais completa envolvendo as três subdivisões (envoltória + iluminação artificial + sistema de condicionamento de ar). Segue abaixo um descritivo com as características desse modo de classificação.

**Tabela 8 - Descritivo de Construções Comerciais**

<b>Objeto da Análise:</b>	<b>Construções Comerciais</b>	
<b>Subdivisões:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envoltória</li> <li>• Iluminação artificial</li> <li>• Sistema de Condicionamento de Ar</li> </ul>	
<b>Pré-requisito Geral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área total útil mínima de 500m<sup>2</sup></li> <li>• Edifícios abastecidos com tensão igual ou maior que 2,3kV.</li> </ul>	
<b>Pré-Requisito Específico</b>	<b>Envoltória</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bons níveis de utilização de luz solar.</li> </ul>
	<b>Iluminação Artificial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle manual independente para cada ambiente fechado</li> <li>• Controle automático ou manual para acionamento independente de luzes próximas a aberturas para ambiente externo.</li> <li>• Controle automático para desligamento de luzes em ambientes maiores que 250m<sup>2</sup>.</li> </ul>
	<b>Condicionamento de Ar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sombreamento e ventilação para as unidades condensadoras</li> <li>• Tubulação dos sistemas de aquecimento e refrigeração isolada termicamente do ambiente.</li> </ul>
<b>Bonificação</b>	Sistemas ou fontes renováveis de energia	0,10
	Sistema de Cogeração	0,30
	Uso racional de Água	0,40

**Equação Geral:**

$$P_{cc} = (30\% * DPI) + (40\% * CA) + (30\% * Env) + \textit{Bonificações}$$

Onde:

$P_{cc}$	Pontuação da Construção Comercial
DPI	Densidade de Potência Interna de Iluminação
CA	Classificação do Sistema de Condicionamento de Ar
Env	Classificação da Envoltória

Para composição da pontuação, cada termo (DPI, CA e ENV) é associado a um valor numérico variando de 1 (menor eficiência) a 5 (maior eficiência).

### 3.3.7. Principais Dificuldades

Apesar de haver uma proposta já bem estruturada sobre os objetivos da implementação de uma maior eficiência energética nas edificações brasileiras, muitas são as dificuldades observadas por parte do governo para adoção dessa nova cultura. Destacam-se, com foco em eficiência energética as seguintes dificuldades principais:

- Códigos de Obras antigos e que não contemplam aspectos de eficiência energética.
- Ausência de incentivos para reformas que busquem melhoria energética.
- Simulação energética falha ou inexistente.
- Pouca ou nenhuma preocupação para aproveitamento da luz solar.
- Pouca ou nenhuma preocupação para aproveitamento dos ventos.
- Pouca integração entre os profissionais participantes desde a concepção até a execução.
- Problema na especificação de materiais para fachadas e janelas.
- Não aproveitamento de fontes alternativas de energia.
- Uso de equipamentos menos eficientes (elevadores, lâmpadas, luminárias etc).

### 3.3.8. Conclusão

Por se tratar de um programa de governo, o PROCEL Edifica tem um plano de ação muito mais completo e muito mais eficaz do que o verificado, por exemplo, com a certificação BREEAM.

O PROCEL Edifica, por meio de “vertentes” que vão desde o incentivo jurídico (criação de leis) e fiscal (subsídios) até a criação de materiais didáticos e apoio ao desenvolvimento de centros de capacitação dentro das universidades, representa uma proposta de melhoria muito mais robusta e, caso siga os mesmos caminhos do já consolidado Selo Procel, representará num futuro próximo uma verdadeira mudança cultural na forma de se projetar edifícios no Brasil.

Analisando somente a parte técnica, percebe-se também que a preocupação do governo em enxergar e considerar as diferenças climáticas observadas entre as regiões do país representou um grande número de possibilidades e selos e, portanto, há a necessidade de que sejam intensificados os esforços para que não haja dúvidas quanto a qual selo ou quais recomendações seguir.

Também é interessante observar que apesar dos subprogramas e as subdivisões dentro destes atenderem de forma satisfatória quase 95% (Figura 4) dos gastos energéticos no país, ainda existe uma série de locais e estruturas que não estão sendo contempladas nesses programas. Portanto, para esses outros tipos de construção, apenas se pode simular uma análise usando os mesmos parâmetros dos selos existentes e então guiar projetos de melhoria seguindo as “melhores práticas” descritas como requisitos para a obtenção do nível A de eficiência.

## 4. Componentes de um projeto de iluminação

### 4.1. Conceitos de Iluminação

Para um melhor entendimento desse trabalho mesmo por aqueles que não estão familiarizados com as nomenclaturas e termos técnicos referentes aos projetos de iluminação, serão apresentadas nas próximas seções as principais definições utilizadas e/ou mencionados ao longo deste trabalho.

#### 4.1.1. Luz Visível

Apesar de ser de conhecimento e uso comum, a definição de luz visível torna-se interessante ao presente trabalho por definir exatamente o limite que será utilizado para estudo.

Para o olho humano, o espectro de luz visível é aquele que vai de aproximadamente 380 a 780nm. Toda onda eletromagnética que estiver fora desses limites, mesmo tendo sido gerada por um equipamento em estudo, será desconsiderada.

Abaixo uma imagem representativa dos limites máximo e mínimo de luz visível, bem como sua localização perante outros tipos de onda eletromagnética.

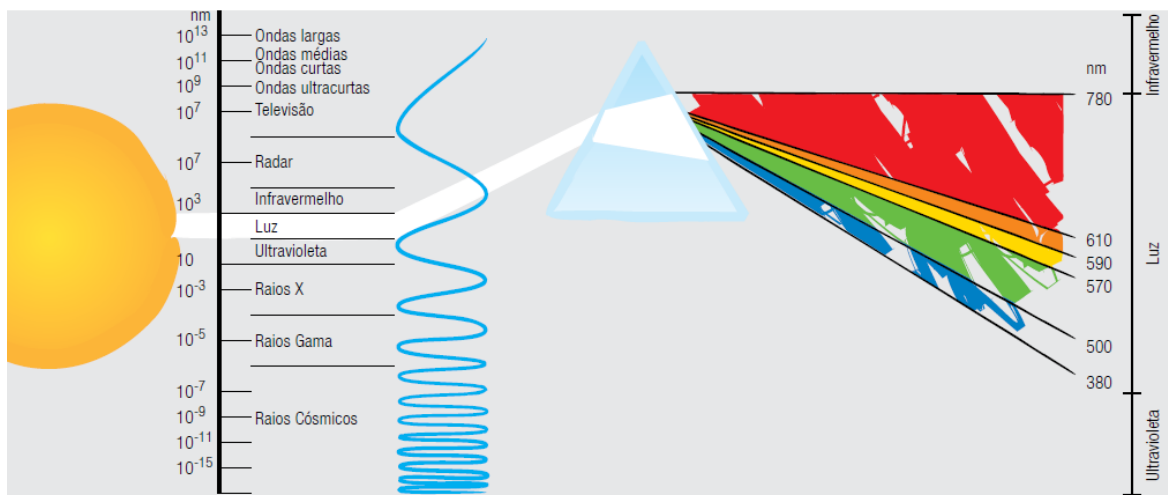


Figura 8 - Espectro Luminoso - Luz Visível. [16]



#### 4.1.2. Fluxo Luminoso ( $\Phi$ ) [lm - lúmen]

O fluxo luminoso é o valor referente à quantidade de energia luminosa dentro do espectro de luz visível (380 a 780nm) disponível a partir de uma fonte luminosa em qualquer direção a partir da mesma.

#### 4.1.3. Iluminância (lx - Lux) [ $\text{lm}/\text{m}^2$ ]

Iluminância é a razão de potência luminosa entregue perpendicularmente sobre uma superfície de  $1\text{m}^2$  por uma fonte de luz posicionada a 1 metro de distância.

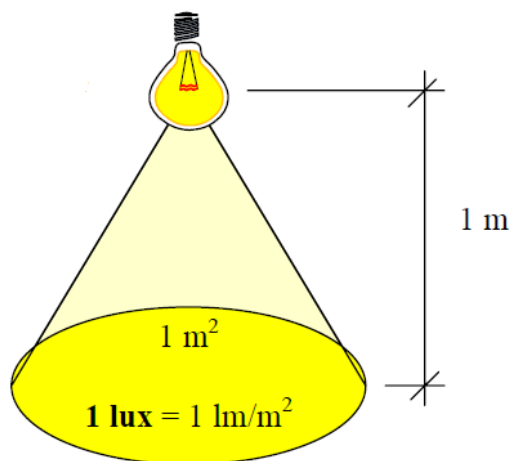


Figura 9 - Iluminância[18]

Essa característica tem especial importância para esse trabalho visto que a norma NBR5413[4] apresenta os valores de referência para diferentes atividades usando o valor de Iluminância. Também é comum ao invés de Iluminância, o uso de Densidade de Potência ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) junto da informação de Eficiência Luminosa ( $\text{lm}/\text{W}$ ).

Para o cálculo de Iluminância para ângulos de incidência oblíquos ( $\neq 90^\circ$ ), deve-se acrescentar à fórmula, o cosseno do ângulo, tal como mostrado na Equação 3 e Equação 4.

$$E = \frac{lm}{m^2} \quad (3)$$

$$E = \frac{lm}{m^2} \cos \theta \quad (4)$$

#### 4.1.4. Eficiência Luminosa ( $\eta$ ) [lm/W]

Eficiência luminosa é basicamente o quanto de fluxo luminoso (lm) uma lâmpada consegue gerar a partir de certo gasto energético (W).

Esse deverá ser o valor comparativo mais amplamente usado para definir o quanto uma lâmpada é mais eficiente que outra e também, servindo portanto de base para definir o quanto a substituição vai ser vantajosa ou não.

Na Figura 10 é possível observar um comparativo com os valores aproximados de fluxo luminoso por lâmpada de acordo com o tipo de lâmpada. Vale ressaltar que o valor final do fluxo luminoso observado vai depender principalmente:

- Do tipo da lâmpada
- Instalação elétrica local (tensão e corrente corretas, circuito bem equilibrado)
- Tipo de luminária utilizada (como apresentado a seguir, diferentes materiais podem influenciar de diferentes maneiras no fluxo luminoso disponível).

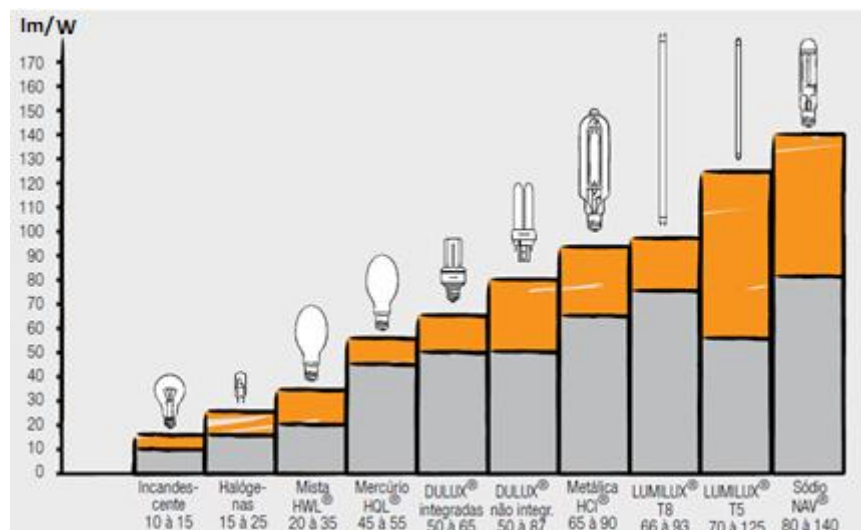


Figura 10 - Comparativo de Eficiência Luminosa por tipo de lâmpada. [16]

#### 4.1.5. Refletância [%]

Refletância é a razão entre o fluxo incidente em uma superfície e o fluxo refletido pela mesma. O fator de refletância é medido em porcentagem, e quanto maior esse índice, menores as perdas e conseqüentemente mais eficiente à iluminação.

Como o valor de refletância depende tanto da cor, quanto do material utilizado, é necessário que seja analisado caso a caso, porém existem também tabelas de referência para cálculos aproximados, como se pode observar na Tabela 9 abaixo e nas tabelas encontradas no Apêndice 9.3:

*Tabela 9 - Valores de referência para refletâncias.[11]*

Superfície	Refletância
Muito Clara	70%
Clara	50%
Média	30%
Escura	10%
Preta	0%

#### 4.1.6. Índice do Local (k)

Considerando-se que toda atividade tem um plano de trabalho definido e que apenas a parcela de iluminação disponível nesse plano deverá ser considerada para o cálculo de eficiência, define-se Índice Local como sendo a relação das dimensões do recinto com a posição (altura) de instalação da luminária e das duas com o plano de trabalho estudado. Com isso, monta-se a Equação 5 e a Equação 6.

$$h = H - h_{pt} - h_{pend} \quad (5)$$

Onde:

$h$  = Altura Útil

$H$  = Pé Direito

$h_{pt}$  = Altura do Plano de Trabalho

$h_{pend}$  = Altura da luminária a partir do teto

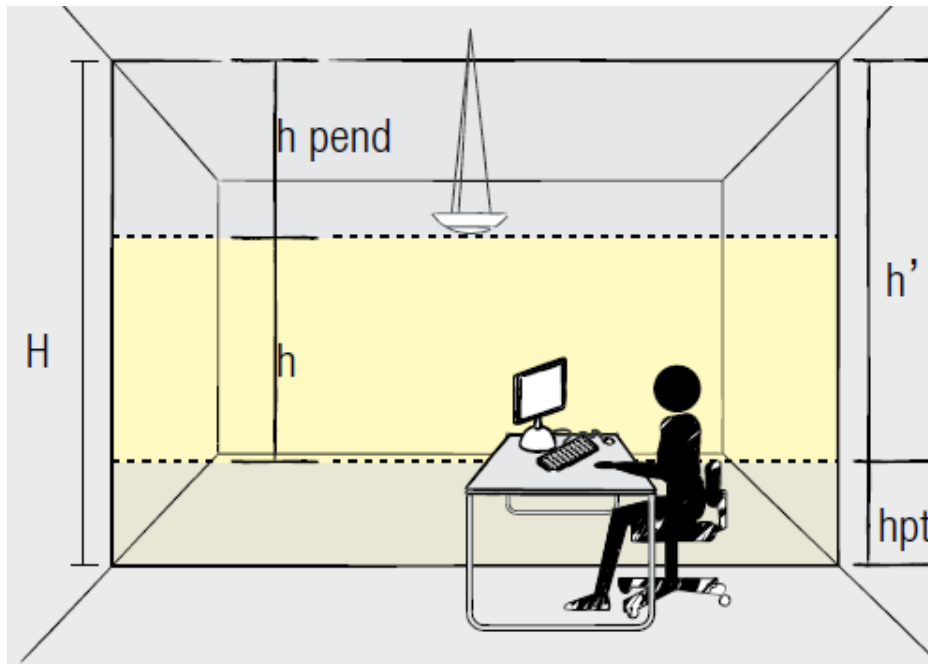


Figura 11 - Representação da Altura Útil para cálculo do Índice do Local[16]

$$k = \frac{C * L}{h * (C + L)} \quad (6)$$

Onde:

$k$  = Índice do local

$C$  = Comprimento

$L$  = Largura

$h$  = Altura Útil.

#### 4.1.7. Fator de Utilização (FU)

Fator de utilização é o valor encontrado quando se cruzam as informações de refletância do teto, da parede e do piso com o valor de Índice do Recinto ( $k$ ). Ele tem a função de indicar a eficiência luminosa do local de estudo incluindo as informações sobre lâmpadas e luminárias.

A tabela 10 mostra os valores de referência para o Fator de Utilização:

**Tabela 10 - Fator de Utilização**

<b>Teto (%)</b>	<b>70</b>			<b>50</b>			<b>30</b>		<b>0</b>
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
<b>Piso (%)</b>	<b>10</b>			<b>10</b>			<b>10</b>		<b>0</b>
$k$	Fator de Utilização								
0,60	34	29	26	33	29	26	29	26	25
0,80	40	36	33	39	35	32	35	32	31
1,00	45	41	38	44	41	38	40	38	36
1,25	50	46	43	49	45	43	45	42	41
1,50	53	50	47	52	49	46	48	46	45
2,00	58	55	52	56	54	52	53	51	50
2,50	60	58	56	59	57	55	56	55	53
3,00	62	60	58	61	59	58	58	57	55
4,00	64	63	61	63	62	60	61	59	58
5,00	66	64	63	64	63	62	62	61	59

#### 4.1.8. Índice de Reprodução de Cor (IRC)[%].

Índice de reprodução de cor é um valor que classifica uma fonte de luz artificial de acordo com o quanto as cores de um objeto iluminado por ela se diferenciam das cores originais, isto é, para um mesmo objeto iluminado pela luz natural do sol (100% de IRC) e iluminado por outro tipo de fonte luminosa, o quanto se percebe de diferença em suas cores.

Diferentes tipos de atividades demandam diferentes níveis de precisão, por isso, para iluminação de ruas e grandes áreas urbanas usam-se lâmpadas de vapor de sódio (apesar do seu baixíssimo IRC); já em fábricas que requerem maior precisão de cores (fábricas de tecidos, tintas etc), um maior índice se faz necessário mesmo que para isso sejam usadas lâmpadas com menor Eficiência Luminosa.

A Tabela 11 apresenta alguns exemplos de classificação, nível e aplicação para diferentes valores de IRC.

**Tabela 11- IRC e exemplos de aplicação**

Classificação	Nível		Aplicação	
Muito Bom	Nível 1	A	90 a 100	<ul style="list-style-type: none"><li>• Teste de cor</li><li>• Floricultura</li><li>• Escritórios / Lojas</li><li>• Residências</li></ul>
		B	80 a 100	
Bom	Nível 2	A	70 a 79	<ul style="list-style-type: none"><li>• Áreas de circulação</li><li>• Escadas</li><li>• Oficinas</li><li>• Ginásios esportivos</li></ul>
		B	60 a 69	
Razoável	Nível 3	40 a 59		<ul style="list-style-type: none"><li>• Depósitos</li><li>• Postos de Gasolina</li><li>• Pátio de Montagem Industrial</li></ul>
Ruim	Nível 4	20 a 39		<ul style="list-style-type: none"><li>• Vias de tráfego</li><li>• Canteiro de Obras</li><li>• Estacionamentos</li></ul>

#### 4.1.9. Fator de Depreciação (FD)[%].

Esse fator (também conhecido por Fator de Perdas Luminosas[11] ou Fator de Manutenção[16]) funciona como um fator de segurança para o cálculo do sistema de iluminação. Seu objetivo é garantir que mesmo com os efeitos do tempo (diminuição do fluxo luminoso das lâmpadas e acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias), o projeto de iluminação continuará garantindo um mínimo de iluminância exigido.

Esse fator também é medido em porcentagem e leva em consideração a exposição do conjunto de iluminação (lâmpada + luminária) aos fatores externos de tempo, como é possível observar na Tabela 12.

**Tabela 12 - Fator de Depreciação**

<b>Tipo de Luminária</b>	<b>Condição do Ambiente</b>	<b>Fator de Depreciação</b>
Aberta para Iluminação de Interiores	Muito Limpo	0,95
	Limpo	0,89
	Médio	0,81
	Sujo	0,72
	Muito Sujo	0,61
Fechada para Iluminação de Interiores	Muito Limpo	0,94
	Limpo	0,88
	Médio	0,82
	Sujo	0,77
	Muito Sujo	0,71
Fechada para Iluminação de áreas externas		0,87

## **4.2. Fontes Luminosas**

### **4.2.1. Luz Natural**

Abundantemente disponível em todo planeta sem representar nenhum custo energético e com IRC igual a 100%, são óbvios os fatores que levam a considerar a luz solar em quase todos os projetos de iluminação.

Apesar de atualmente constar como importante item na certificação de novas construções, não são raros os projetos que devido à falta de preocupação com a utilização desse recurso natural, gastam uma importante parcela de energia elétrica que poderia representar diminuição de gastos ou mesmo estar sendo melhor aproveitada em outras atividades.

### **4.2.2. Lâmpadas Incandescentes**

Lâmpadas incandescentes (ou simplesmente Lâmpadas de Filamento) desde sua invenção sempre foram amplamente usadas por sua simplicidade de instalação e também pelo seu baixo custo de produção.

Desde 1802, diversos inventores tentavam conceber algum tipo de fonte luminosa que usasse energia elétrica; a simples ideia por trás dos mecanismos estudados era o já então conhecido Efeito Joule onde o passar de uma corrente de elevado valor por um filamento de metal, resulta no aquecimento do mesmo, fazendo-o com isso, aquecer e liberar fótons (energia luminosa).

Após muitos anos de pesquisa, em 10 de Abril de 1883[10], Thomas Edison registrou a patente de um modelo de lâmpada que usava um pequeno bulbo de vidro, um gás e um filamento que seria aquecido gerando a luz. Ainda hoje esse mesmo modelo (salvo pequenas mudanças) pode ser encontrado na maioria das residências brasileiras e ainda representa venda de 200milhões de unidades/ano[17].



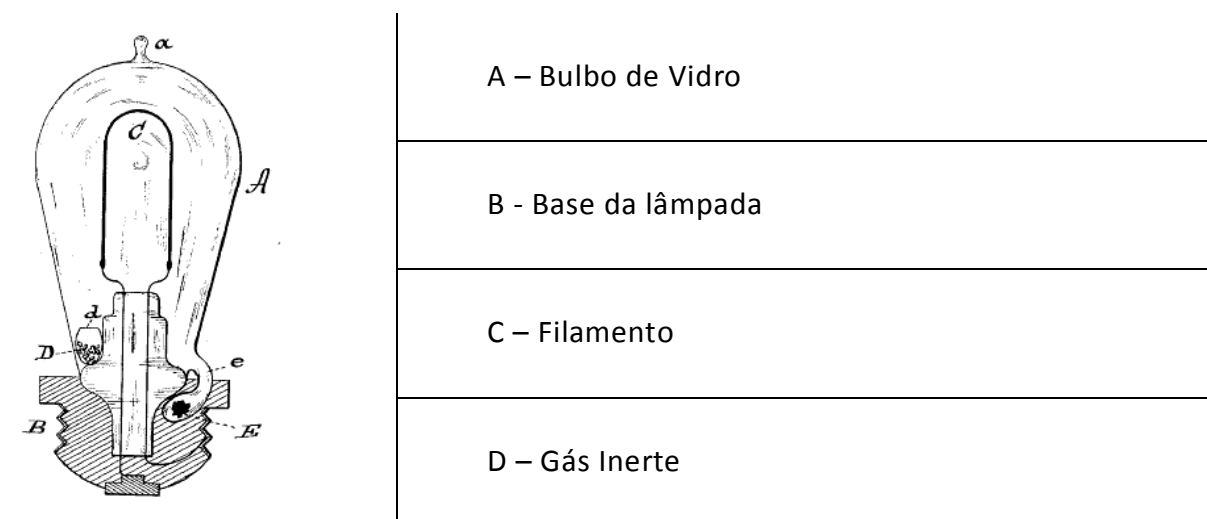


Figura 12 - Primeiro modelo de Lâmpada[13].

Como esse tipo de lâmpada funciona a partir do aquecimento de um fino filamento de metal, podemos destacar algumas características:

- **Pequena Vida Útil:** O aquecimento do filamento o faz fundir e romper após um curto período de tempo.
- **Baixa Eficiência:** O aquecimento do filamento faz a lâmpada liberar energia tanto na forma de luz, como na forma de calor, diminuindo assim sua eficiência luminosa (lm/W).

A Tabela 13 compara Potência, Fluxo Luminoso e Eficiência Luminosa para lâmpadas 127V e 220V considerando lâmpadas com diferentes potências.

Tabela 13 – Tabela comparativa para Lâmpadas Incandescentes[16][17]

Tensão (V)	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Vida Útil (horas)	Vida Útil (dias)
127	40	480	12,00	750	31
	60	804	13,40	750	31
	75	1018	13,57	750	31
	100	1507	15,07	750	31
220	40	415	10,38	1000	41
	60	715	11,92	1000	41
	75	890	11,87	1000	41
	100	1350	13,50	1000	41

### 4.2.3. Lâmpadas Fluorescentes Tubulares (Mercúrio de baixa pressão)

Alguns anos depois de registrar a criação das lâmpadas incandescentes, Tomas Edison registrou nova patente de lâmpadas fluorescentes[14]. Quase 50 anos mais tarde, em 1938 foi introduzido ao mercado um modelo similar ao de Thomas Edison, desenvolvido por Nikola Tesla que apresentava um modelo tubular de lâmpadas fluorescentes com dois catodos em suas extremidades (modelo amplamente adotado até os dias atuais).

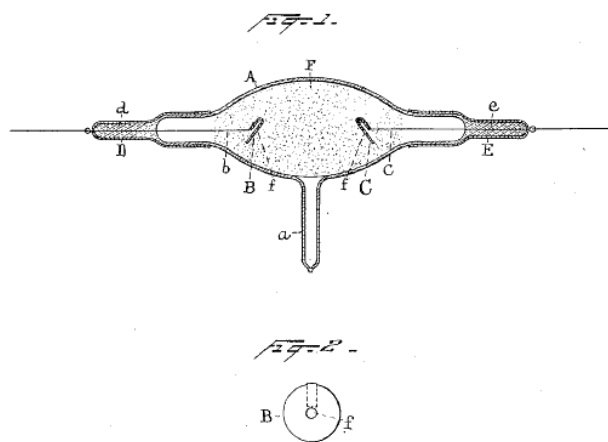


Figura 13 – Modelo de lâmpada fluorescente registrado por Tomas Edison[14].

As lâmpadas fluorescentes tubulares são compostas basicamente de:

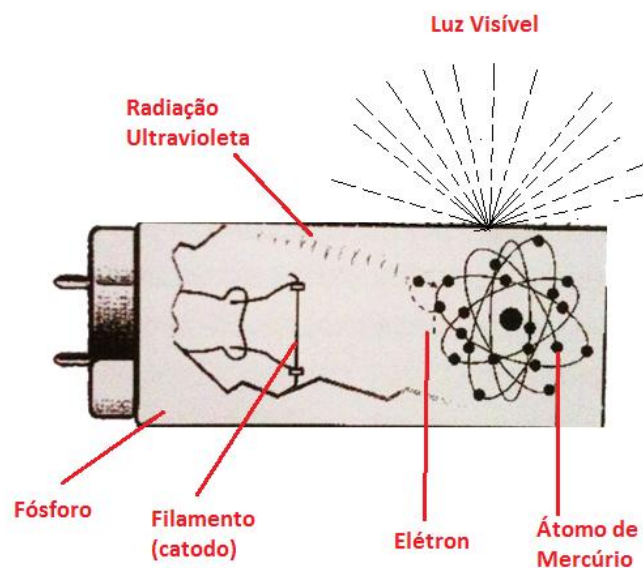
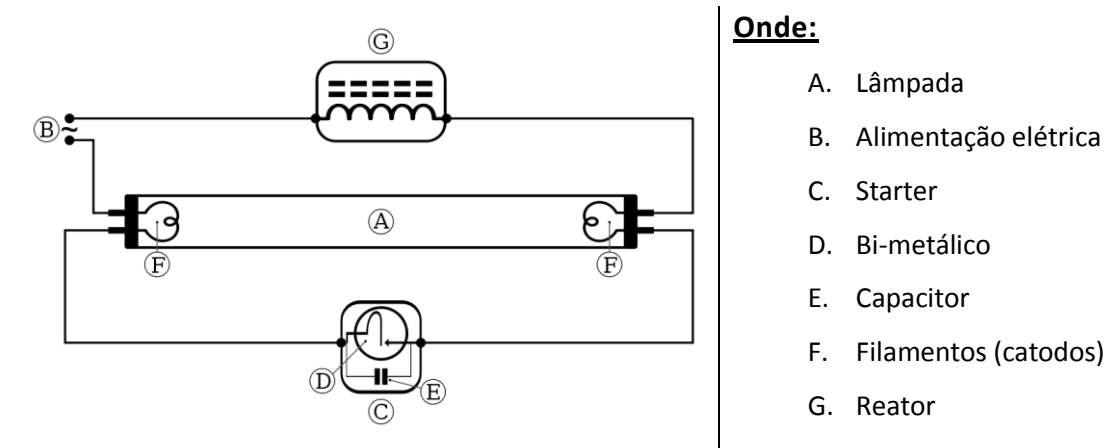


Figura 14 - Componentes da Lâmpada Fluorescente Tubular

Como essas lâmpadas exigem grande diferencial de tensão entre os catodos, o circuito para sua ligação se dá através da utilização de equipamentos auxiliares, a saber:



*Figura 15 - Circuito de uma lâmpada fluorescente tubular[19].*

O conjunto (C), (D) e (E) é o responsável por estabelecer o grande diferencial de tensão necessário para aquecer os filamentos (F) e liberar elétrons no interior do bulbo. Essa descarga elétrica no interior da lâmpada faz os elétrons atingirem o vapor de mercúrio e liberar por sua vez radiação ultravioleta (invisível ao olho humano) que em contato com o pó fluorescente que reveste a superfície interna da lâmpada, transforma essa radiação em luz.

Uma vez que quase toda energia gasta no aquecimento dos filamentos se transforma em radiação e em seguida em luz, temos para as lâmpadas as seguintes características:

- **Grande Vida Útil:** Como essas lâmpadas tem maior controle da corrente que passa pelos filamentos (devido ao reator), é possível encontrar modelos com vida útil de até 20.000 horas.
- **Alta Eficiência:** Como poucas perdas são observadas tanto no aquecimento dos filamentos quanto na transformação da radiação ultravioleta em luz, é possível encontrar lâmpadas de até 95% de eficiência.

#### 4.2.4. Lâmpadas Fluorescentes Compactas

De maneira semelhante às fluorescentes tubulares, as lâmpadas fluorescentes compactas também possuem o mesmo modelo de circuito de ligação e utiliza os mesmos princípios físicos para geração de luz; a grande diferença entre os dois tipos está no formato das lâmpadas e, conseqüentemente no seu tipo de conexão.

Enquanto as fluorescentes tubulares encontraram uma maior aplicação em áreas industriais, de comércio e de serviço, as do tipo compacto foram criadas para suprir a necessidade de substituir as lâmpadas incandescentes residenciais sem que para isso fosse necessário mudar as luminárias ou o tipo de instalação.

As fluorescentes compactas possuem base do tipo E27 (a mesma que já vinha sendo amplamente utilizada pelas lâmpadas incandescentes convencionais) e também trazem em suas bases o starter (equipamento que permite que substituam qualquer lâmpada incandescente sem a necessidade de instalação de quaisquer outros equipamentos auxiliares).

- **Grande Vida Útil:** De maneira semelhante às florescentes tubulares, as compactas apresentam grande vida útil, chegando até 6.000 horas[17] (aproximadamente 10 vezes o valor para uma incandescente).
- **Alta Eficiência:** Como possuem uma maior eficiência luminosa, essas lâmpadas apresentam gastos até 80% menores se comparadas com as incandescentes[1].



Figura 16 - Lâmpada Fluorescente Compacta[17].

#### **4.2.5. Lâmpadas de vapor de mercúrio da alta pressão.**

As lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão apresentam dois bulbos identificados como interno e externo. No bulbo externo, tem-se um gás que mantém a temperatura da lâmpada; no interno, dois eletrodos que através da liberação de elétrons, num processo similar ao das lâmpadas fluorescentes, geram a luminescência.

Esse tipo de lâmpada emite luz na região de comprimentos de onda azul, verde e amarelo e são comumente encontradas em iluminação de áreas externas e estacionamentos.

#### **4.2.6. Lâmpadas de vapor de sódio.**

As lâmpadas de vapor de sódio podem ser de dois tipos principais relativos a pressão do gás em seu interior: LPS (do inglês: Lâmpadas de Baixa Pressão) ou HPS (do inglês: Lâmpadas de Alta Pressão). Para ambos os tipos, a eficiência energética (lm/W) encontrada é a maior de todos os modelos disponíveis de fonte de luz.

Seu funcionamento se dá através de grande descarga elétrica que gera a excitação de átomos de sódio e, aliado a um processo de absorção e re-irradiação em diferentes comprimentos de onda acaba por gerar ao fim desse processo uma luz quase que totalmente monocromática, de cor amarela/dourada.

Devido à característica monocromática da sua luz emitida, as lâmpadas de vapor de sódio normalmente são indicadas para locais onde a poluição luminosa pode representar algum tipo de problema (locais próximos a observatórios, planetários, vias expressas etc).

Também por isso, apesar de sua excelente eficiência luminosa (chegando a 130lm/W), essas lâmpadas não são utilizadas em projetos de interiores, sendo encontradas somente em lugares onde não se faz necessário um alto IRC.

#### 4.2.7. Lâmpadas de vapor metálico.

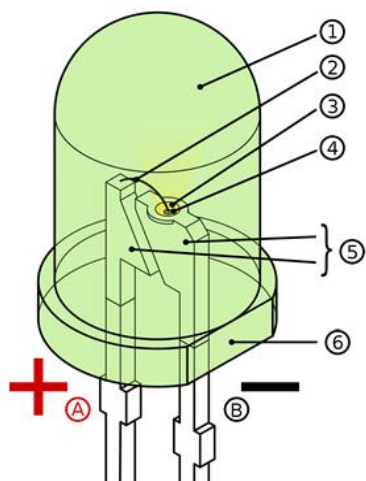
Lâmpadas de vapor metálico, assim como os outros modelos de lâmpadas de vapor, funcionam através de grandes descargas elétricas. Esse tipo de lâmpada apresenta funcionamento semelhante ao observado nas lâmpadas de vapor de mercúrio, porém, devido à existência de átomos aditivos metálicos em um tubo de arco de quartzo em seu interior, apresentam IRC muito superior às outras lâmpadas de vapor sem perder a principal característica desse tipo de lâmpada que é a alta eficiência energética.

Para o seu funcionamento, dois dispositivos auxiliares se fazem necessários: um reator para controlar a corrente e a tensão de operação e um starter que, assim como nas lâmpadas fluorescentes tubulares, tem a função de “dar a partida”.

#### 4.2.8. Lâmpadas LED (iluminação em estado sólido)

Como foi possível observar ao longo das últimas seções, apesar de apresentarem diferentes formas de se obter luz, todos os modelos vistos apresentam partes suscetíveis ao desgaste ao longo do tempo e, com isso, apresentam vida útil de no máximo 20.000h (pouco mais de 2 anos ininterruptos de uso).

A iluminação de estado sólido, diferente dos outros tipos apresentados, utiliza-se de um componente rígido para liberação de luz (como observado na Figura 17). Concebida a partir da adaptação do conceito descoberto em 1880 por Thomas Edison, a iluminação de estado sólido usa a capacidade dos semicondutores de emitir luz quando excitados e por esse mesmo motivo, seu nome mais conhecido é de Iluminação por **LED** (sigla em inglês que significa **D**iodo **E**missor de **L**uz).



**Onde:**

A – Catodo

B – Anodo

- 1) Lente de Epóxi (capsula)
- 2) Fio de Ligação
- 3) Cavidade Reflexiva
- 4) Cristal Semicondutor
- 5) Estrutura de Condução
- 6) Região reta (p/ conexão)

Figura 17 - LED: Componentes Internos[19].

O **LED** utiliza-se do efeito eletroluminescente observado nos diodos construídos por certos materiais a partir da energia liberada pelos elétrons livres durante a recombinação ocorrida no ponto de junção entre as camadas tipo-p e tipo-n polarizadas (conforme a Figura 18).

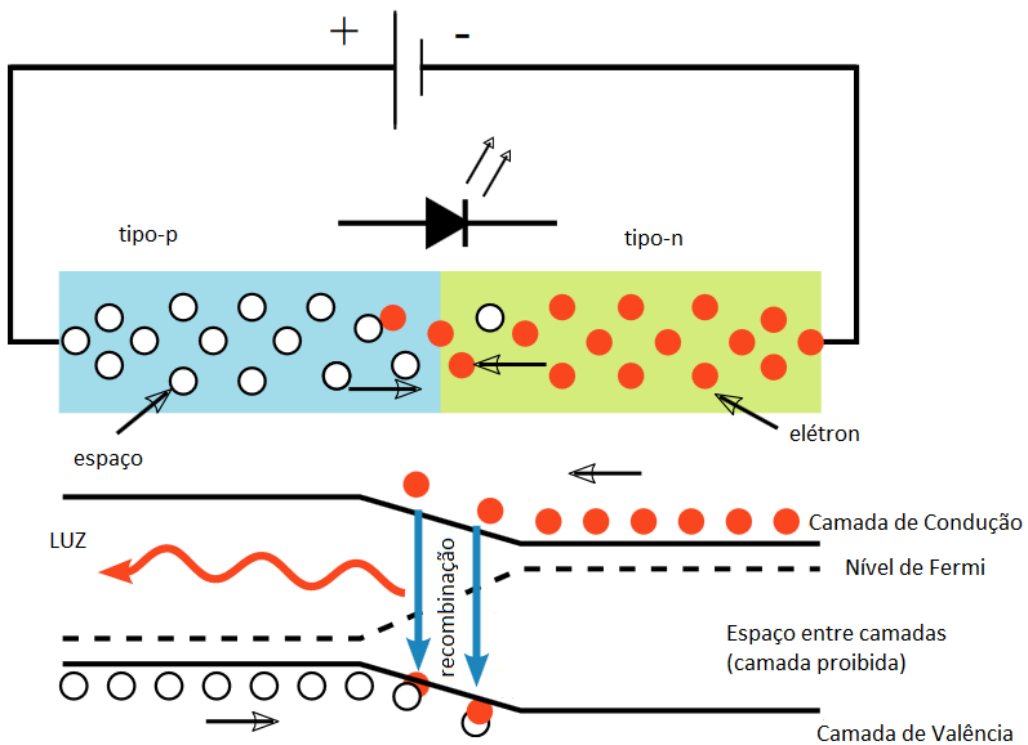


Figura 18 - LED: Princípio de Funcionamento[19].

Como a energia liberada pelos elétrons durante a recombinação depende tanto do material quanto do nível de tensão ao que estão submetidos, é possível se obter as mais variadas possibilidades de cores (como apresentado na Tabela 50, no apêndice 9.4).

Para a iluminação por LED, podemos analisar as seguintes características:

- **Enorme Vida Útil:** Como são compostos de componentes robustos e que apresentam pouquíssimos desgastes, um LED começa a apresentar perdas nas suas propriedades a partir de 50.000 horas, porém estima-se que seu tempo de vida ultrapasse as 100.000 horas (algo em torno de 11 anos ininterruptos).
- **Alta Eficiência:** Apesar de apresentar baixos valores de fluxo luminoso, devido ao pequeno gasto energético para seu funcionamento, pode-se dizer que as lâmpadas LED apresentam grande eficiência luminosa.

### 4.3. Acessórios e equipamentos auxiliares

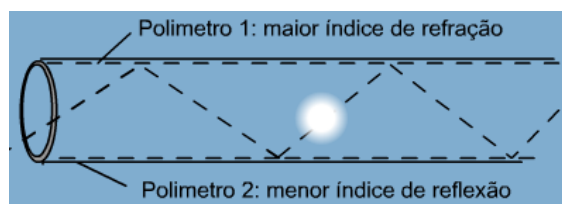
#### 4.3.1. Fibra Ótica

A utilização da fibra ótica para projetos de iluminação representa uma nova maneira de se aproveitar a luz gerada por uma fonte externa (natural ou artificial).

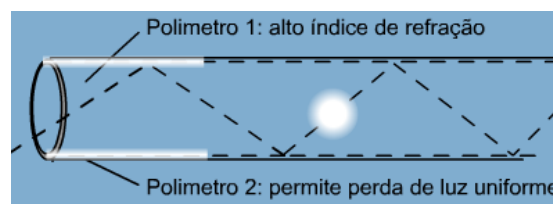
Uma maneira simplificada de se entender a fibra ótica é analisá-la como um simples condutor. Sua função pode ser tanto transportar a informação luminosa a certo destino pontual (representando baixíssimas perdas ao longo do caminho), como também pode ser deixar essa informação extravasar ao longo de um caminho, gerando um efeito como de uma mangueira de luz.

O princípio de funcionamento da fibra ótica é basicamente a diferença dos índices de refração entre dois materiais. Normalmente a fibra ótica é formada por dois polímeros: o do núcleo que apresenta maior índice de refração e o do revestimento que apresenta menor índice; com isso, dependendo o ângulo de incidência da luz, quando esta incide na ponta da fibra ótica a percorre de uma extremidade a outra ou sendo refletida por completo para o interior do núcleo (“Luz Pontual” – Figura 19) ou tendo uma parte refletida e outra liberada para o ambiente (“Luz Lateral” – Figura 20).





*Figura 19 - Fibra óptica de luz pontual[21].*



*Figura 20 - Fibra óptica de luz lateral[21].*

Como a fibra óptica transmite apenas a informação luminosa e não energia elétrica e/ou calor, tem-se nesta uma opção mais segura para iluminação de exteriores (sujeitos a ações do tempo) e também para piscinas e locais onde a instalação de lâmpadas com luminárias seria caro e envolveria riscos. Outra vantagem da fibra óptica é que com o uso de apenas uma fonte luminosa é possível levar luz para diversos lugares. Para fins explicativos, podemos pensar na fibra óptica como um caminho para o fluxo luminoso.

Dada as características da Fibra óptica, podemos destacar:

- **Segurança da Instalação:** De todas as formas de iluminação a fibra óptica é a única que não há radiação ultravioleta ou infravermelha na extremidade iluminada e que não precisa que a fonte de eletricidade esteja próxima.
- **Versátil:** A eficiência de um sistema de iluminação que utiliza a Fibra Óptica depende exclusivamente do tipo de fonte luminosa escolhida.

### 4.3.2. Sensor de Luminosidade

Sensores de luminosidade são equipamentos que restringem automaticamente a passagem de corrente para lâmpadas, inversamente proporcional à quantidade de luz recebida.

Existem diversos tipos de sensores de presença, porém o mais comum é o do tipo **LDR** (do inglês **R**esistor **D**ependente de **L**uz) que varia os valores de resistência conforme se altera a intensidade do fluxo luminoso ao qual está submetido.

### 4.3.3. Sensor de Presença

Sensores de presença são equipamentos normalmente instalados em locais onde o fluxo de pessoas não é constante ao longo do dia e, por isso mesmo não precisam estar sempre iluminados. Alguns exemplos de lugares onde é comum se instalar sensores de presença são: corredores de edifícios residenciais e comerciais, escadas e banheiros.

### 4.3.4. Luminárias

Luminárias são importantes equipamentos que têm por objetivo modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso de modo a concentrá-lo ou dispersá-lo dependendo do objetivo do projeto. Toda luminária é composta de, no mínimo:

- Receptáculo - lugar onde a fonte luminosa vai ser instalada.
- Dispositivos para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso.
- Carcaça e acessórios.

Dos dispositivos para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso (segundo ponto acima), podemos destacar dois tipos, Refratores e Refletores, a saber:

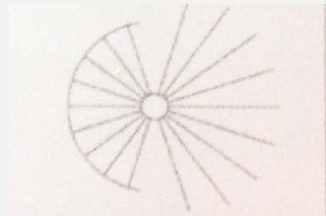
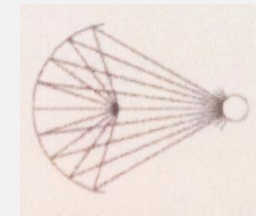
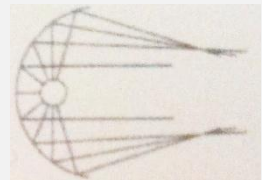
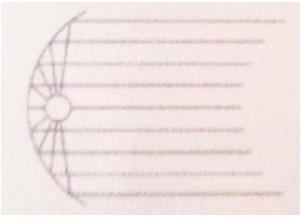
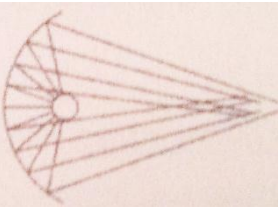
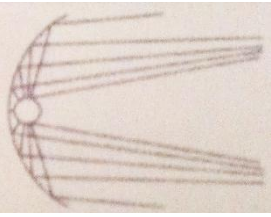
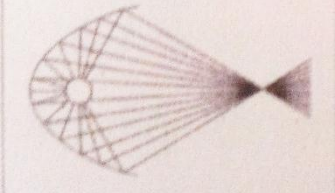
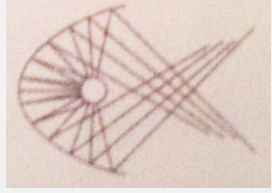
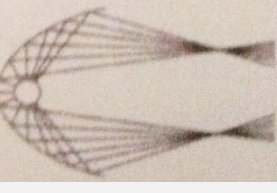
### A. Refratores

Refratores são dispositivos que têm por principal objetivo impedir o ingresso de poeira e sujeiras nas luminárias e que acabam por também direcionar o fluxo luminoso através do fenômeno da refletância.

### B. Refletores

São dispositivos normalmente parabólicos, elípticos ou circulares que ficam atrás da fonte luminosa e direcionam os raios refletidos de acordo com a localização da mesma em relação ao seu foco e de acordo com suas características construtivas (como será apresentado na Tabela 14).

**Tabela 14 - Refletores - Localização da fonte de Luz[11].**

Localização da Fonte de Luz			
Refletor	No Foco	Adiante do Foco	Atrás do Foco
Circular			
Parabólico			
Elíptico			

#### 4.4. Comparação

Apenas para que seja mais fácil a identificação das principais características de cada lâmpada, segue abaixo uma tabela comparativa calculada com os valores relativos à lâmpada incandescente.

**Tabela 15 - Comparativos entre tipos de lâmpadas**

Tipo de Lâmpada		Eficiência Luminosa	Vida Útil	Preço	Características
Incandescente		1	1	1	A
Fluorescente	Compacta	4	7,5	7	B-D
	Tubular	<b>5,37</b>	<b>25</b>	12	B-C-D
Vapor de alta pressão	Mercúrio	3,37	<b>22,5</b>	15	B-C-D-E-G
	Sódio	<b>8</b>	<b>22,5</b>	20	D-E-G
	Metálico	<b>4,67</b>	12,5	30	B-C-D-E
LED		<b>4,67</b>	<b>125</b>	50	F

**Tabela 16 - Legenda de características de lâmpadas**

Legenda das Características das Lâmpadas:	
A.	Aquecimento
B.	Possui metais pesados em sua composição.
C.	Necessidade de alteração na instalação / Instalação de Acessórios
D.	Diminuição da vida útil com o apagar e acender constante
E.	Longo período até o acendimento completo
F.	Elevado investimento Inicial
G.	Baixo IRC

Uma vez apresentadas as tecnologias e os fatores que influenciam um projeto, é possível a partir desse momento analisar a atual estrutura com um olhar mais crítico e, a partir disso propor substituições e melhorias.

## 5. Dados do projeto atual

### 5.1. Informações Estruturais

Serão analisadas as seguintes partes/locais:

**Tabela 17 - Locais a serem analisados (prédio principal)**

Prédio	Local	Partes	Área Total (m <sup>2</sup> )
Prédio Principal	1º Pavimento	Secretaria	20,00
		Sala	15,20
		Depósito 1	7,50
		Depósito 2	7,50
		Entrada	5,00
		Recepção	20,74
		Pilotis	428,80
		Elevador	2,70
		Deposito 3	5,25
		Depósito 4	5,25
		Hall	10,27
		Saída de Emergência	4,10
		Sala de Catequese	31,50
		Acesso Anexo	28,00
		Banheiro Masc.	5,20
		Banheiro Fem.	6,90
		Depósito Limpeza	13,95
		Passagem	8,15
		Acesso Anexo	28,00
	Brechó	35,20	
	2º Pavimento	Sala de Música	6,03
		Coral	21,63
		Igreja	484,00
		Hall	10,27
		Sacristia	26,55
		Elevador	2,70
		Pia Batismal	7,79
Antigo Confessionário		4,08	
Sala de Armários		3,72	
Sala de Imagens		10,80	
Capela	42,90		
Escada + Patamar	35,10		

**Tabela 18 - Locais a serem analisados (prédio anexo)**

<b>Prédio</b>	<b>Local</b>	<b>Partes</b>	<b>Área Total (m2)</b>
Prédio Anexo	1º Pavimento	Jardim	19,66
		Passagem	69,30
		Dormitório	13,09
		Sala	14,56
		Estoque	10,90
		Cozinha	7,84
		Banho	3,30
		Área Livre	20,87
		Sanitário Masc.	9,38
		Sanitário Fem.	9,38
		Escada	18,30
		Cantina	19,12
		Despensa	12,25
		Salão Coberto	106,50
		Jardim Interno	90,42
	2º Pavimento	Banheiro Masc.	9,38
		Banheiro Fem.	9,38
		Sala 201	98,15
		Deposito (sala 202)	2,22
		Sala 203	18,00
		Sala 204	26,27
		Sala 205	22,79
		Sala 206	21,53
		Corredor	44,68
		Corredor salas	6,59
		Escada	18,30
	3º Pavimento	Banheiro Masc.	9,38
		Banheiro Fem.	9,38
		Sala 301	98,15
		Deposito (sala 302)	2,22
		Sala 303	18,00
		Sala 304	26,27
		Sala 305	22,79
		Sala 306	21,53
		Corredor	44,68
		Corredor salas	6,59
Escada	18,30		

## 5.2. Cálculo da Iluminação necessária, segundo normas nacionais.

Segundo a norma NBR-5410[3], seção 4.2.1.2.2 o cálculo de previsão de carga de iluminação para potência deverá ser feito levando em consideração a área do cômodo seguindo as seguintes regras:

- Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a  $6m^2$  deve ser prevista uma carga mínima de iluminação de 100VA.
- Em cômodos ou dependências com área superior a  $6m^2$ , deve ser prevista uma carga mínima de 100VA para os primeiros  $6m^2$ , acrescida de 60VA para cada aumento de  $4m^2$  inteiros.

Observando-se as recomendações e conhecendo-se a estrutura do local a ser estudado (seção 4.1.1) é possível calcular a estimativa de potência elétrica necessária e, relacionando os parâmetros encontrados na seção 5.3 da norma NBR5413[4], chega-se aos resultados apresentados nas tabelas a seguir.

**Tabela 19 - Carga de Iluminação e iluminância para o primeiro pavimento do prédio principal**

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 1º PAVIMENTO</b>	<b>Ponto de luz (VA)</b>	<b>Valor de Referência (lx = lm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total (lm)</b>
Secretaria	280	500	10000
Sala	220	500	7600
Deposito 1	100	150	1125
Deposito 2	100	150	1125
Entrada	100	100	500
Recepção	280	300	6345
Pilotis (iluminação de fundo)	6400	75	32160
Pilotis (Uso)	6400	300	128640
Deposito 3	100	150	787,5
Escada/Deposito 3	100	150	787,5
Depósito 4	100	150	787,5
Hall	160	100	1027
Saída de Emergência	100	300	1230
Sala de Catequese	460	300	9450
Acesso Anexo	400	100	2800
Banheiro Masc.	100	150	780
Banheiro Fem.	100	150	1035
Depósito Limpeza	160	150	2092,5
Escada/Deposito Limpeza	160	150	2092,5
Passagem	100	100	815
Brechó	520	500	17600

**Tabela 20 - Carga de Iluminação e iluminância para o segundo pavimento do prédio principal**

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 2º PAVIMENTO</b>	<b>Ponto de luz (VA)</b>	<b>Valor de Referência (lx = lm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total (lm)</b>
Sala de Música (depósito)	100	150	904,5
Coral	280	300	6489
Nave Central s/ ofício	7240	50	24200
Nave Central c/ ofício	7240	300	145200
Nave Central - Altar	280	500	10750
Hall	160	100	1027
Sacristia	400	200	5310
Pia Batismal	100	150	1168,5
Antigo Confessionário	100	100	408
Sala de Armários de Vestes	100	200	744
Sala de Imagens	160	150	1620
Capela s/ ofício	640	50	2145
Capela c/ ofício	640	300	12870
Escada + Patamar	520	150	5265

**Tabela 21 - Carga de Iluminação e iluminância para o primeiro pavimento do prédio anexo**

<b>PRÉDIO ANEXO 1º PAVIMENTO</b>	<b>Ponto de luz (VA)</b>	<b>Valor de Referência (lx = lm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total (lm)</b>
Jardim	280	100	1966
Passagem	1000	100	6930
Dormitório	160	150	1963,5
Sala	220	150	2184
Almoxarifado	160	150	1635
Cozinha	100	150	1176
Banho	100	100	330
Área Livre	280	100	2087
Sanitário Masc.	100	100	938
Sanitário Fem.	100	100	938
Escada	280	150	2745
Cantina	280	200	3824
Despensa	160	150	1837,5
Salão Coberto	1600	200	21300
Churrasqueira	580	150	6075
Bar	280	100	2030



**Tabela 22 - Carga de Iluminação e iluminância para o segundo pavimento do prédio anexo**

<b>PRÉDIO ANEXO 2º PAVIMENTO</b>	<b>Ponto de luz (VA)</b>	<b>Valor de Referência (lx = lm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total (lm)</b>
Banheiro Masc.	100	100	938
Banheiro Fem.	100	100	938
Sala 201 (Plateia)	940	150	9810
Sala 201 (Quadro)	460	500	16350
Deposito (sala 202)	100	150	333
Sala 203	280	300	5400
Sala 204	400	300	7881
Sala 205	340	300	6837
Sala 206	280	300	6459
Corredor	640	150	6702
Corredor salas	100	150	988,5
Escada	280	150	2745

**Tabela 23 - Carga de Iluminação e iluminância para o terceiro pavimento do prédio anexo**

<b>PRÉDIO ANEXO 3º PAVIMENTO</b>	<b>Ponto de luz (VA)</b>	<b>Valor de Referência (lx = lm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total (lm)</b>
Banheiro Masc.	100	100	938
Banheiro Fem.	100	100	938
Sala 301	940	150	9810
Sala 301 (Quadro)	460	500	16350
Deposito (sala 302)	100	150	333
Sala 303	280	300	5400
Sala 304	400	300	7881
Sala 305	340	300	6837
Sala 306	280	300	6459
Corredor	640	150	6702
Corredor salas	100	150	988,5
Escada	280	150	2745

### **5.3. Cálculo e adequação do fluxo luminoso do local**

Muitas vezes, por falha de projeto ou simplesmente devido à evolução na eficiência luminosa das lâmpadas, é possível encontrar ambientes que apresentam fluxo luminoso muito maior do que recomendado pela ABNT, causando incômodo e gasto excessivo. Por outro lado também é possível encontrar, devido principalmente a falhas na manutenção e operação (troca por lâmpadas de menor potência, por exemplo), locais com fluxo luminoso abaixo do recomendado pelas normas nacionais.

Para ambos os casos, é necessário que se verifique a instalação atual e se confronte os resultados com os valores encontrados na seção 5.2.6, o resultado está sendo apresentado nas tabelas da seção 6.3.

### **5.4. Classificação - PROCEL Edifica**

Por se tratar de um programa com forte cunho educacional, apesar do SELO Procel Edifica não contemplar em suas subdivisões templos e igrejas, é possível aproveitar seus pontos de interesse de modo a analisar a estrutura da Paróquia conforme as características de seus locais.

Apenas para fins ilustrativos, foi realizada então uma simulação da classificação da Paróquia seguindo os critérios previstos para uma construção comercial, porém, para que fosse realizada uma análise mais completa (ainda que adaptada), existe uma série de documentos que precisariam ser entregues e questões que deveriam ser respondidas, conforme apresentado no Apêndice 9.5.

A análise da Paróquia foi feita através do preenchimento da Tabela 8 como apresentado abaixo; as fotos do local são apresentadas no Apêndice 9.6.

**Tabela 24 – Parâmetros para classificação da Paróquia Sangue de Cristo**

<b>Objeto da Análise:</b>	<b>Paróquia Sangue de Cristo</b>	
<b>Pré-requisito Geral Atendido</b>	Área total útil mínima de 500m <sup>2</sup>	
<b>Resumo</b>	<b>Divisão</b>	<b>Nível</b>
	Envoltória	D
	Iluminação artificial	C
	Sistema de Condicionamento de Ar	D
<b>Pré-Requisito Específico</b>	<b>Envoltória</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apesar de grandes aberturas disponíveis no local, as mesmas não são bem aproveitadas por estarem cobertas por persianas e vitrais escuros.</li> </ul>
	<b>Iluminação Artificial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todo ambiente fechado possui controle independente manual.</li> <li>✗ Controle de grande quantidade de luz ao mesmo tempo. Não existe controle individualizado para luzes próximas as aberturas.</li> <li>✗ Não existe nenhum tipo de controle automático para desligamento de luzes.</li> </ul>
	<b>Condicionamento de Ar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Unidades condensadoras expostas ao tempo.</li> <li>✗ Tubulação dos sistemas de refrigeração expostas ao ambiente.</li> <li>✗ Unidades de refrigeração antigas e pouco eficientes.</li> </ul>
<b>Bonificação</b>	Sistemas ou fontes renováveis de energia	0,0 de 0,1
	Sistema de Cogeração	0,0 de 0,3
	Uso racional de Água	0,2 de 0,4

**Equação Geral:**

$$P_{cc} = (30\% * DPI) + (40\% * CA) + (30\% * Env) + Bonificações$$

Onde:

DPI	3	CA	2	Env	2
-----	---	----	---	-----	---

Substituindo-se, temos:

$$P_{cc} = (30\% * 3) + (40\% * 2) + (30\% * 2) + Bonificações$$

$$P_{cc} = 0,9 + 0,8 + 0,6 + 0,2 = \mathbf{2,5}$$

Logo, o nível de Eficiência Energética da Paróquia como um todo está entre C e D (como explicado no final da seção 3.3.6.2).

## 6. Projeto Executivo

### 6.1. Propostas:

Uma vez confrontadas a situação atual e a situação ideal e verificada a classificação de eficiência energética da Paróquia, são apresentadas algumas propostas de melhorias gerais e pontuais. Também podem ser encontradas no Apêndice 9.6 fotos do local e imagens com os novos modelos que estão sendo propostos.

Para cada proposta será feita uma breve apresentação explicando objetivo, vantagens e desvantagens; em seguida, para aquelas que necessitarem, serão apresentadas na seção 6.3 os cálculos comparativos entre a situação atual e a situação futura prevista. Na seção 6.4 estão apresentados os cálculos de gasto atual e gasto futuro (já com a proposta aplicada).

### **6.1.1. Limpeza e Substituição de Luminárias (P1)**

Apesar do fator de depreciação garantir que os níveis mínimos de iluminância sejam sempre mantidos independente do tempo da instalação, uma rotina de limpeza das luminárias pode representar grande melhoria na iluminância do ambiente.

Também como descrito na seção 4.3.4, usar luminárias adequadas pode representar grande economia devido a um melhor direcionamento do fluxo luminoso sobre o plano de trabalho; em muitos casos, a simples troca das luminárias pode reduzir o número de lâmpadas necessárias para que se alcance certo nível de iluminância em um ambiente (Figura 29 e Figura 30).

### **6.1.2. Pintura das paredes e teto com cores claras (P2)**

Uma vez observada a tabela referente ao Fator de Utilização (Tabela 10), percebe-se o quanto a refletância de pisos, paredes e tetos influenciam no cálculo de iluminância e, conseqüentemente no projeto de iluminação para certo ambiente.

A proposta de pintar tetos e paredes com cores mais claras, além de fornecer um maior bem estar aos frequentadores do local (dando a impressão de lugar mais limpo, mais aberto e mais ventilado), também acaba garantindo um menor gasto com iluminação (Figura 31).

### **6.1.3. Melhoria na utilização de luz solar para iluminação (P3)**

Muitas vezes, a utilização da luz solar envolve principalmente pequenas mudanças de hábitos, como deixar janelas e persianas abertas ao longo do dia; em outros casos, são necessárias mudanças maiores como a substituição de vitrais escuros por janelas transparentes e troca de cortinas e persianas de cores mais escuras por modelos que permitam maior entrada de luz natural, por exemplo.

Para os locais que já utilizam a luz solar como forma de iluminação, a instalação de sensores de luminosidade representa uma forma inteligente de tirar o máximo proveito dessa fonte natural de energia luminosa complementando-a com luz artificial quando e quanto se fizer necessário de modo a manter sempre o nível mínimo de iluminância utilizando sempre a menor quantidade de luz artificial possível.

#### **6.1.4. Substituição de Lâmpadas (P4)**

Para a proposta de substituição das lâmpadas, apresentam-se as seguintes possibilidades:

- Substituição de lâmpadas incandescentes ou fluorescentes compactas por lâmpadas LED com conexão E27
- Substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares pelo conjunto: lâmpada fluorescente compacta + fibra ótica.
- Substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas de vapor metálico (para iluminação de grandes áreas).

Para a primeira possibilidade serão utilizadas modernas lâmpadas que trazem um conjunto de LED e que funcionam como as fluorescentes compactas, i.e. trazem junto a si todos os equipamentos auxiliares e conexões necessárias para que a substituição seja feita como uma simples troca de lâmpadas.

Para a segunda possibilidade será usada fibra ótica de iluminação lateral e para a terceira, considera-se usar pontos de luz atualmente com lâmpadas incandescentes.

#### **6.1.5. Instalação de Sensor de Presença (P5)**

A instalação de sensores de presença em escadas e corredores pode representar grande economia, uma vez que são ambientes apenas de passagem e não necessitam de iluminação constante. A instalação desses sensores também evita que luzes sejam esquecidas acessas por longos períodos, além de representar segurança às pessoas que não precisam procurar por interruptores para acionar a iluminação do local.

## 6.2. Ferramenta de simulação

Para que fosse mais simples a simulação do cálculo para substituição das formas de iluminação atuais, foi criada a partir da planilha usada na seção 5.2 uma outra planilha contendo as seguintes colunas, significados e lógicas:

**Tabela 25 – Parâmetros da Planilha de Simulação**

Coluna	Identificação	Valor/ Lógica	Função
A	Local	Retirado da Planta	Identificação
B	Área	Retirado da Planta	Informação Estrutural
C	Potência Luminosa	Se $B > 6$ ; $C = 100 + ((B - 6) / 4) * 100$ Se $B < 6$ ; $C = 100$	Calcula o valor de potência luminosa a partir das regras na norma NBR5410.
D	Valor de Referência	Retirado da NBR5413	Valor de referência para a Iluminância local.
E	Total 1	Produto de $B * D$	Valor de referência para o fluxo luminoso total.
F	Tipo de Lâmpada	Observado no Local**	Parâmetro para identificação da Eficiência
G	Eficiência Média da Lâmpada	A partir do tipo selecionado acima, retira o valor correspondente na Tabela 15.	Parâmetro para cálculo do fluxo luminoso local.
H	Luminárias	Nº de luminárias observadas no local.	Parâmetro para cálculo do fluxo luminoso local.
I	Lâmpadas por Luminária	Nº de lâmpadas por luminárias observadas no local	Parâmetro para cálculo do fluxo luminoso local.
J	Potência	Potência de cada lâmpada observada no local.	Parâmetro para cálculo do fluxo luminoso local.
K	Total 2	Produto entre $G * H * I * J$	Valor do fluxo luminoso observado no local.

Coluna	Identificação	Valor/ Lógica	Função
L	Diferença	Diferença entre Total 1 e 2	Comparativo entre o valor de referência e o valor instalado.
M	Tempo de Uso	Observado no local o tempo de uso ao longo de um mês.	Parâmetro para o cálculo do Gasto Total
N	Potência Total Gasta	Produto entre $H*I*J*M$	Potência (Wh) total gasta com a situação simulada.
O	Valor Gasto	Produto de $N*"\$"$	Valor gasto ao final de um mês, o parâmetro “\$” (R\$/kWh) pode ser obtida em qualquer conta de luz.

**\*\* Para efeito de cálculo, deverá ser digitado na coluna “F” apenas o Identificador do tipo de lâmpada conforme a Tabela 26. Os outros tipos de lâmpada apresentadas na Tabela 15 não receberam nenhum identificador porque não foram indicadas em nenhuma das propostas de modificação.**

**Tabela 26 – Parâmetros da Planilha de Simulação: Tipos de Lâmpada**

Tipo	Identificador
<i>Incandescente</i>	<i>A</i>
<i>Fluorescente Tubular</i>	<i>B</i>
<i>Fluorescente Compacta</i>	<i>C</i>
<i>Vapor Metálico</i>	<i>D</i>
<i>LED</i>	<i>E</i>

### 6.3.Comparativo de Fluxo Luminoso

Uma vez apresentada a ferramenta usada para a simulação foram feitos os cálculos comparativos entre os valores de referência e os encontrados no local. As tabelas 27 a 31 mostram os resultados numa exibição resumida da “Planilha de Simulação”, separados por prédio e por pavimento:



**Tabela 27 – Cálculo comparativo para situação atual do primeiro pavimento do prédio principal**

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 1º PAVIMENTO</b>	<b>Total 1 (lm)</b>	<b>Tipo de Lâmpada</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada (lm/W)</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Total 2 (lm)</b>	<b>Diferença (lm)</b>
Secretaria	10000	B	80	2	3	20	9600	-400
Sala	7600	B	80	2	3	20	9600	2000
Deposito 1	1125	A	13	1	1	60	780	-345
Deposito 2	1125	A	13	1	1	60	780	-345
Entrada	500	C	60	1	1	15	900	400
Recepção	6345	A	13	2	1	20	520	-5825
Pilotis iluminação de fundo	32160	A	13	11	4	60	34320	2160
Pilotis Uso	128640	B	80	11	4	20	70400	-58240
Deposito 3	787,5	A	13	1	1	60	780	-7,5
Escada/Deposito 3	787,5	B	80	1	2	20	3200	2412,5
Depósito 4	787,5	A	13	1	1	60	780	-7,5
Escada/Deposito 4	787,5	B	80	1	2	20	3200	2412,5
Hall	1027	B	80	1	2	20	3200	2173
Saída de Emergência	1230	C	60	1	1	15	900	-330
Sala de Catequese	9450	B	80	2	2	20	6400	-3050
Acesso Anexo	2800	B	80	2	2	20	6400	3600
Banheiro Masc.	780	C	60	2	1	15	1800	1020
Banheiro Fem.	1035	C	60	2	1	15	1800	765
Depósito Limpeza	2092,5	A	13	1	1	60	780	-1312,5
Escada/Deposito Limpeza	2092,5	B	80	1	2	20	3200	1107,5
Passagem	815	A	13	2	1	60	1560	745
Brechó	17600	B	80	2	3	20	9600	-8000

**Tabela 28 – Cálculo comparativo para situação atual do segundo pavimento do prédio principal**

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 2º PAVIMENTO</b>	<b>Total 1 (lm)</b>	<b>Tipo de Lâmpada</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada (lm/W)</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Total 2 (lm)</b>	<b>Diferença (lm)</b>
Sala de Música (depósito)	904,5	C	60	1	1	15	900	-4,5
Coral	6489	B	80	1	1	20	1600	-4889
Nave Central s/ ofício	24200	A	13	16	1	100	20800	-3400
Nave Central c/ ofício	145200	B	80	19	2	20	60800	-84400
Nave Central - Altar	10750	A	13	4	1	100	14800	4050
		B	80	6	1	20		
Hall	1027	B	80	1	2	20	3200	2173
Sacristia	5310	B	80	2	2	20	6400	1090
Pia Batismal	1168,5	B	80	1	2	20	3200	2031,5
Antigo Confessionário	408	A	13	1	1	60	780	372
Sala de Armários de Vestes	744	C	60	1	1	15	900	156
Sala de Imagens	1620	B	80	1	2	20	3200	1580
Capela s/ ofício	2145	A	13	2	1	60	1560	-585
Capela c/ ofício	12870	B	80	3	2	20	9600	-3270
Escada + Patamar	5265	B	80	1	2	20	3200	-2065

**Tabela 29 – Cálculo comparativo para situação atual do primeiro pavimento do prédio anexo**

<b>PRÉDIO ANEXO 1º PAVIMENTO</b>	<b>Total 1 (lm)</b>	<b>Tipo de Lâmpada</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada (lm/W)</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Total 2 (lm)</b>	<b>Diferença (lm)</b>
Jardim	1966	B	80	1	1	20	1600	-366
Passagem	6930	B	80	4	3	20	19200	12270
Dormitório	1963,5	A	13	1	1	60	780	-1183,5
Sala	2184	A	13	1	2	60	1560	-624
Almoxarifado	1635	A	13	1	1	40	520	-1115
Cozinha	1176	A	13	1	1	60	780	-396
Banho	330	B	80	1	1	40	3200	2870
Área Livre	2087	A	13	2	1	40	1040	-1047
Sanitário Masc.	938	B	80	1	2	20	3200	2262
Sanitário Fem.	938	B	80	1	2	20	3200	2262
Escada	2745	B	80	2	2	20	6400	3655
Cantina	3824	A	13	2	1	60	1560	-2264
Despensa	1837,5	B	80	1	3	20	4800	2962,5
Salão Coberto	21300	B	80	10	3	20	48000	26700
Churrasqueira	6075	A	13	2	1	100	15400	9325
		B	80	4	1	40		
Bar	2030	B	80	4	1	40	12800	10770

**Tabela 30 – Cálculo comparativo para situação atual do segundo pavimento do prédio anexo**

<b>PRÉDIO ANEXO 2º PAVIMENTO</b>	<b>Total 1 (lm)</b>	<b>Tipo de Lâmpada</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada (lm/W)</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Total 2 (lm)</b>	<b>Diferença (lm)</b>
Banheiro Masc.	938	B	80	1	2	20	3200	2262
Banheiro Fem.	938	B	80	1	2	20	3200	2262
Sala 201 (Plateia)	9810	B	80	6	3	20	28800	18990
Sala 201 (Quadro)	16350	B	80	3	3	20	14400	-1950
Deposito (sala 202)	333	A	13	1	1	60	780	447
Sala 203	5400	B	80	4	3	20	19200	13800
Sala 204	7881	B	80	6	3	20	28800	20919
Sala 205	6837	B	80	4	3	20	19200	12363
Sala 206	6459	B	80	4	3	20	19200	12741
Corredor	6702	B	80	5	3	20	24000	17298
Corredor salas	988,5	B	80	1	3	20	4800	3811,5
Escada	2745	B	80	2	2	20	6400	3655

**Tabela 31 – Cálculo comparativo para situação atual do terceiro pavimento do prédio anexo.**

<b>PRÉDIO ANEXO 3º PAVIMENTO</b>	<b>Total 1 (lm)</b>	<b>Tipo de Lâmpada</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada (lm/W)</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Total 2 (lm)</b>	<b>Diferença (lm)</b>
Banheiro Masc.	938	B	80	1	2	20	3200	2262
Banheiro Fem.	938	B	80	1	2	20	3200	2262
Sala 301	9810	B	80	8	3	20	38400	28590
Sala 301 (Quadro)	16350	B	80	2	3	20	9600	-6750
Deposito (sala 302)	333	A	13	1	1	60	780	447
Sala 303	5400	B	80	4	3	20	19200	13800
Sala 304	7881	B	80	6	3	20	28800	20919
Sala 305	6837	B	80	4	3	20	19200	12363
Sala 306	6459	B	80	4	3	20	19200	12741
Corredor	6702	B	80	5	3	20	24000	17298
Corredor salas	988,5	B	80	1	3	20	4800	3811,5
Escada	2745	B	80	2	2	20	6400	3655

## 6.4. Memória de Cálculo

Aplicando-se à mesma “Planilha de Simulação” os valores referentes ao tempo de utilização de cada lâmpada, temos a seguir os cálculos com a estimativa de gastos atual e na sequência o cálculo contemplando uma possibilidade de modificação.

Para valores de horas mais próximos ao real, foram levantadas junto à paróquia informações sobre seu funcionamento bem como a ocupação das salas, a partir disso, foi possível completar a coluna **M** e calcular a coluna **N** da Planilha de Simulação, conforme indicado na seção 6.2.

Para fins de relevância, só serão propostas modificações nos casos em que foi possível observar “Potência Total Gasta no mês” maior que 2.000 Wh (o que representa para um valor de R\$0,44/kWh menos de R\$1,00 por mês).

O critério acima também foi usado como parâmetro para os limites de alteração. As modificações propostas estão indicadas na tabela conforme os códigos apresentados na Seção 6.1, a saber:

*Tabela 32 - Códigos de identificação das propostas*

<b>Código</b>	<b>Seção</b>	<b>Proposta</b>
P1.	6.1.1	Limpeza e Substituição de Luminárias
P2.	6.1.2	Pintura de Paredes e Teto c/ cores mais claras
P3.	6.1.3	Melhoria no aproveitamento da luz natural
P4.	6.1.4	Substituição do tipo de lâmpadas
P5.	6.1.5	Instalação de Sensor de Presença

Novamente, para garantir uma apresentação mais clara os locais estão separados por prédio e por pavimento.

**Tabela 33 - Memória de Cálculo do primeiro pavimento do prédio principal**

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 1º PAVIMENTO</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada (lm/W)</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Tempo de Uso (h)</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Proposta</b>
Secretaria	B	80	2	3	20	200	24000	P3
	B	80	2	3	20	10	1200	
Sala	B	80	2	3	20	104	12480	P1
	B	80	2	2	20	104	8320	
Entrada	C	60	1	1	15	200	3000	P4
	E	70	1	1	7	200	1400	
Recepção	A	15	2	1	60	104	12480	P1 / P4
	B	80	2	2	20	104	8320	
Pilotis iluminação de fundo	A	15	11	4	60	10	26400	P4
	E	70	11	4	11	10	4840	
Escada/Deposito 4	B	80	1	2	20	104	4160	P1
	B	80	1	1	20	104	2080	
Hall	B	80	1	2	20	104	4160	P1
	B	80	1	1	20	104	2080	
Acesso Anexo	B	80	2	2	20	360	28800	P1 / P5
	B	80	2	1	20	24	960	
Banheiro Masc.	C	60	2	1	15	104	3120	P5
	C	60	2	1	15	24	720	
Banheiro Fem.	C	60	2	1	15	104	3120	P5
	C	60	2	1	15	24	720	
Escada/Deposito Limpeza	B	80	1	2	20	104	4160	P1
	B	80	1	1	20	104	2080	
Passagem	A	15	2	1	60	104	12480	P5
	C	60	2	1	15	24	720	

**Tabela 34 - Memória de Cálculo do segundo pavimento do prédio principal**

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 2º PAVIMENTO</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Tempo de Uso</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Proposta</b>
Nave Central (luz de fundo)	A	15	16	1	100	24	38400	P4
	B	80	16	1	20	24	7680	
Nave Central c/ Ofício	B	80	19	2	20	48	36480	P4
	D	70	6	1	15	48	4320	
Nave Central - Altar	A	15	4	1	100	48	24960	P4
	B	80	6	1	20			
	E	70	4	1	15	48	5760	P4
	B	80	3	1	20			
Nave Central - Imagens	B	80	12	1	20	48	11520	P4 (fibra ótica)
	C	60	4	1	15	48	2880	
Hall	B	80	1	2	20	72	2880	P1
	B	80	1	1	20	72	1440	
Sacristia	B	80	2	2	20	72	5760	P5
	B	80	2	2	20	52	4160	
Capela s/ ofício	A	15	2	1	60	48	5760	P4
	E	70	2	1	15	48	1440	
Capela c/ ofício	B	80	3	2	20	24	2880	P4
	C	60	1	2	80	24	3840	
Escada + Patamar	B	80	1	2	20	72	2880	P5
	B	80	1	1	20	50	1000	



**Tabela 35 - Memória de Cálculo do primeiro pavimento do prédio anexo.**

<b>PRÉDIO ANEXO 1º PAVIMENTO</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Tempo de Uso</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Proposta</b>
Passagem	B	80	4	3	20	104	24960	P1 / P5
	B	80	4	1	20	24	1920	
Sanitário Masc.	B	80	1	2	20	104	4160	P1 / P5
	B	80	1	1	20	24	480	
Sanitário Fem.	B	80	1	2	20	104	4160	P1 / P5
	B	80	1	1	20	24	480	
Escada	B	80	2	2	20	104	8320	P1 / P5
	B	80	2	1	20	24	960	
Salão Coberto	B	80	10	3	20	104	62400	P1 / P5
	B	80	10	2	20	24	9600	
Churrasqueira	A	15	2	1	100	104	37440	P1 / P4 / P5
	B	80	4	1	40			
	E	70	2	1	15	24	1680	
	B	80	2	1	20			
Bar	B	80	4	1	40	104	16640	P1 / P4 / P5
	B	80	2	1	20	24	960	

**Tabela 36 - Memória de Cálculo do segundo pavimento do prédio anexo.**

<b>PRÉDIO ANEXO 2º PAVIMENTO</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Tempo de Uso</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Proposta</b>
Banheiro Masc.	B	80	1	2	20	104	4160	P1 / P2 / P5
	B	80	1	1	20	24	480	
Banheiro Fem.	B	80	1	2	20	104	4160	P1 / P2 / P5
	B	80	1	1	20	24	480	
Sala 201 (Plateia)	B	80	6	3	20	48	17280	P1
	B	80	6	1	20	48	5760	
Sala 201 (Quadro)	B	80	3	3	20	48	8640	P1
	B	80	3	2	20	48	5760	
Sala 203	B	80	4	3	20	112	26880	P1 / P5
	B	80	4	1	20	70	5600	
Sala 204	B	80	6	3	20	48	17280	P1
	B	80	6	1	20	48	5760	
Sala 205	B	80	4	3	20	48	11520	P1
	B	80	4	1	20	48	3840	
Sala 206	B	80	4	3	20	112	26880	P1 / P5
	B	80	4	1	20	70	5600	
Corredor	B	80	5	3	20	104	31200	P1 / P2 / P5
	B	80	5	1	20	24	2400	
Corredor salas	B	80	1	3	20	48	2880	P1 / P2 / P5
	B	80	1	1	20	12	240	
Escada	B	80	2	2	20	104	8320	P1 / P2 / P5
	B	80	2	1	20	48	1920	

**Tabela 37 - Memória de Cálculo do terceiro pavimento do prédio anexo.**

<b>PRÉDIO ANEXO 3º PAVIMENTO</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficiência Média da Lâmpada</b>	<b>Luminárias</b>	<b>Lâmpadas por Luminária</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Tempo de Uso</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Proposta</b>
Banheiro Masc.	B	80	1	2	20	104	4160	P1 / P2 / P5
	B	80	1	1	20	24	480	
Banheiro Fem.	B	80	1	2	20	104	4160	P1 / P2 / P5
	B	80	1	1	20	24	480	
Sala 301	B	80	8	3	20	32	15360	P1
	B	80	8	1	20	32	5120	
Sala 301 (Quadro)	B	80	2	3	20	32	3840	P1
	B	80	2	2	20	32	2560	
Sala 303	B	80	4	3	20	48	11520	P1
	B	80	4	1	20	48	3840	
Sala 304	B	80	6	3	20	10	3600	P1
	B	80	6	1	20	10	1200	
Sala 305	B	80	4	3	20	10	2400	P1
	B	80	4	1	20	10	800	
Sala 306	B	80	4	3	20	10	2400	P1
	B	80	4	1	20	10	800	
Corredor	B	80	5	3	20	48	14400	P1 / P2 / P5
	B	80	5	3	20	24	7200	
Escada	B	80	2	2	20	48	3840	P1 / P2 / P5
	B	80	2	2	20	24	1920	

## 6.5. Melhorias Observadas

Considerando-se que todas as propostas de melhoria apresentadas sejam efetivamente implementadas, além do conforto proporcionado por ambientes que atendem às recomendações das normas nacionais, seria possível observar os já conhecidos benefícios que uma maior utilização da luz natural traz a saúde das pessoas. Além disso, também é possível se calcular o quanto essa diminuição de potência desperdiçada representaria em valores numéricos e, conseqüentemente em termos financeiros.

Abaixo são apresentadas tabelas com os resultados de potência para a situação atual e para a situação modificada (marcada com um “\*”), a diferença de potência entre as duas e o valor efetivamente economizado considerando-se o preço do kWh informado na conta de luz do local (cerca de R\$0,44).

**Tabela 38 - Economia - primeiro pavimento do prédio principal**

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 1º PAVIMENTO</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Diferença (Wh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Secretaria	24000	22800	10,032
Secretaria*	1200		
Sala	12480	4160	1,8304
Sala*	8320		
Entrada	3000	1600	0,704
Entrada*	1400		
Recepção	12480	4160	1,8304
Recepção*	8320		
Pilotis iluminação de fundo	26400	21560	9,4864
Pilotis iluminação de fundo*	4840		
Escada/Deposito 4	4160	2080	0,9152
Escada/Deposito 4*	2080		
Hall	4160	2080	0,9152
Hall*	2080		
Sala de Catequese	1440	-1440	-0,6336
Sala de Catequese*	2880		
Acesso Anexo	28800	27840	12,2496
Acesso Anexo*	960		
Banheiro Masc.	3120	2400	1,056
Banheiro Masc.*	720		
Banheiro Fem.	3120	2400	1,056
Banheiro Fem.*	720		

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 1º PAVIMENTO</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Diferença (Wh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Escada/Deposito Limpeza	4160	2080	0,9152
Escada/Deposito Limpeza*	2080		
Passagem	12480	11760	5,1744
Passagem*	720		
<b>SUBTOTAL 1</b>		<b>103.480 Wh</b>	<b>R\$ 45,53</b>

**Tabela 39 - Economia - segundo pavimento do prédio principal**

<b>PRÉDIO PRINCIPAL 2º PAVIMENTO</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Diferença (Wh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Nave Central (luz de fundo)	38400	30720	13,5168
Nave Central (luz de fundo)*	7680		
Nave Central c/ oficio	36480	32160	14,1504
Nave Central c/ oficio*	4320		
Nave Central – Altar	24960	19200	8,448
Nave Central – Altar*	5760		
Nave Central - Imagens	11520	8640	3,8016
Nave Central – Imagens*	2880		
Hall	2880	1440	0,6336
Hall*	1440		
Sacristia	5760	1600	0,704
Sacristia*	4160		
Capela s/ oficio	5760	4320	1,9008
Capela s/ oficio*	1440		
Capela c/ oficio	2880	-960	-0,4224
Capela c/ oficio*	3840		
Escada + Patamar	2880	1880	0,8272
Escada + Patamar*	1000		
<b>SUBTOTAL 2</b>		<b>99.000 Wh</b>	<b>R\$43,56</b>

**Tabela 40 - Economia - primeiro pavimento do prédio anexo**

<b>PRÉDIO ANEXO 1º PAVIMENTO</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Diferença (Wh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Passagem	24960	23040	10,1376
Passagem*	1920		
Sanitário Masc.	4160	3680	1,6192
Sanitário Masc.*	480		
Sanitário Fem.	4160	3680	1,6192
Sanitário Fem.*	480		
Escada	8320	7360	3,2384
Escada*	960		
Salão Coberto	62400	52800	23,232
Salão Coberto*	9600		
Churrasqueira	37440	35760	15,7344
Churrasqueira*	1680		
Bar	16640	15680	6,8992
Bar*	960		
<b>SUBTOTAL 3</b>		<b>142.000 Wh</b>	<b>R\$62,48</b>

**Tabela 41 - Economia - segundo pavimento do prédio anexo**

<b>PRÉDIO ANEXO 2º PAVIMENTO</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Diferença (Wh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Banheiro Masc.	4160	3680	1,6192
Banheiro Masc.*	480		
Banheiro Fem.	4160	3680	1,6192
Banheiro Fem.*	480		
Sala 201 (Plateia)	17280	11520	5,0688
Sala 201 (Plateia)*	5760		
Sala 201 (Quadro)	8640	2880	1,2672
Sala 201 (Quadro)*	5760		
Sala 203	26880	21280	9,3632
Sala 203*	5600		
Sala 204	17280	11520	5,0688
Sala 204*	5760		
Sala 205	11520	7680	3,3792
Sala 205*	3840		
Sala 206	26880	21280	9,3632
Sala 206*	5600		
Corredor	31200	28800	12,672
Corredor*	2400		

<b>PRÉDIO ANEXO 2º PAVIMENTO</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Diferença (Wh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Corredor salas	2880	2640	1,1616
Corredor salas*	240		
Escada	8320	6400	2,816
Escada*	1920		
<b>SUBTOTAL 4</b>		<b>121.360 Wh</b>	<b>R\$53,40</b>

**Tabela 42 - Economia - terceiro pavimento do prédio anexo**

<b>PRÉDIO ANEXO 3º PAVIMENTO</b>	<b>Potência Total Gasta (Wh)</b>	<b>Diferença (Wh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Banheiro Masc.	4160	3680	1,6192
Banheiro Masc.*	480		
Banheiro Fem.	4160	3680	1,6192
Banheiro Fem.*	480		
Sala 301	15360	10240	4,5056
Sala 301*	5120		
Sala 301 (Quadro)	3840	1280	0,5632
Sala 301 (Quadro)*	2560		
Sala 303	11520	7680	3,3792
Sala 303*	3840		
Sala 304	3600	2400	1,056
Sala 304*	1200		
Sala 305	2400	1600	0,704
Sala 305*	800		
Sala 306	2400	1600	0,704
Sala 306*	800		
Corredor	14400	7200	3,168
Corredor*	7200		
Escada	3840	1920	0,8448
Escada*	1920		
<b>SUBTOTAL 5</b>		<b>41.280 Wh</b>	<b>R\$18,16</b>

### 6.5.1. Resumo

A Tabela 43 apresenta todas as parcelas economizadas.

*Tabela 43 - Parcela Economizada*

Prédio	Local	Identificador	Potência	Valor
PRINCIPAL	1º PAVIMENTO	<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>103.480 Wh</b>	<b>R\$ 45,53</b>
	2º PAVIMENTO	<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>99.000 Wh</b>	<b>R\$43,56</b>
ANEXO	1º PAVIMENTO	<b>SUBTOTAL 3</b>	<b>142.000 Wh</b>	<b>R\$62,48</b>
	2º PAVIMENTO	<b>SUBTOTAL 4</b>	<b>121.360 Wh</b>	<b>R\$53,40</b>
	3º PAVIMENTO	<b>SUBTOTAL 5</b>	<b>41.280 Wh</b>	<b>R\$18,16</b>
<b>TOTAL</b>			<b>507.120</b>	<b>R\$223,13</b>

Percebe-se que, com algumas simples medidas conseguiu-se economizar o total de **507.120Wh**, valor que representa **65%** do total de toda energia gasta na construção.

### 6.6. Nova Classificação – Procel Edifica.

Executando as modificações propostas também é possível calcular o novo valor de índice de eficiência energética da Paróquia, seguindo para isso os mesmos parâmetros apresentados na seção 5.4. Vale ressaltar que apenas as modificações concernentes à iluminação e envoltória estão sendo consideradas; o resultado está apresentado na Tabela 44.

*Tabela 44 - Nova simulação de classificação.*

Objeto da Análise:	Paróquia Sangue de Cristo	
Resumo	Divisão	Nível
	Envoltória	A
	Iluminação artificial	B
	Sistema de Condicionamento de Ar	D



Objeto da Análise:	Paróquia Sangue de Cristo	
Pré-Requisito Específico	Envoltória	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apesar de grandes aberturas disponíveis no local, as mesmas não são bem aproveitadas por estarem cobertas persianas e vitrais escuros.</li> </ul>
	Iluminação Artificial	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todo ambiente fechado possui controle independente manual.</li> <li>✗ Controle de grande quantidade de luzes ao mesmo tempo. Não existe controle individualizado para luzes próximas as aberturas.</li> <li>✓ Não existe nenhum tipo de controle automático para desligamento de luzes.</li> </ul>
	Condicionamento de Ar	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Unidades condensadoras expostas ao tempo.</li> <li>✗ Tubulação dos sistemas de refrigeração expostas ao ambiente.</li> <li>✗ Unidades de refrigeração antigas e pouco eficientes.</li> </ul>
Bonificação	Sistemas ou fontes renováveis de energia	0,0 de 0,1
	Sistema de Cogeração	0,0 de 0,3
	Uso racional de Água	0,2 de 0,4

Equação Geral:

$$P_{cc} = (30\% * DPI) + (40\% * CA) + (30\% * Env) + Bonificações$$

Onde:	DPI	4	CA	2	Env	5
-------	-----	---	----	---	-----	---

Substituindo, temos então:

$$P_{cc} = (30\% * 4) + (40\% * 2) + (30\% * 5) + Bonificações$$

$$P_{cc} = 1,2 + 0,8 + 1,5 + 0,2 = 3,7$$

Logo, o nível de Eficiência Energética da Paróquia passou para um valor próximo a B.

## 7. Conclusão

O objetivo desse trabalho foi primeiro definir o conceito de eficiência, mais especificamente eficiência energética, e entender como essa se relaciona com todas as atividades do homem mesmo que não seja percebida sua importância.

Num segundo momento buscou-se esclarecer os diferentes motivos que levaram a criação de órgãos e programas de governo que garantissem um melhor aproveitamento da energia elétrica e, junto a isso, foram apresentadas duas maneiras diferentes de se garantir que fossem criadas edificações cada vez mais eficientes.

Ainda sobre os métodos de divulgação de “melhores práticas”, foi feita uma breve apresentação da certificação mais usada no mundo (BREEAM) e em seguida, um estudo mais aprofundado da proposta brasileira de certificação de níveis de eficiência predial (PROCEL EDIFICA), que aproveita a experiência de sucesso obtida ao longo dos anos com outros tipos de certificação para tentar gerar uma mudança cultural na maneira de se projetar, construir e operar edificações.

Em seguida, com o objetivo de ilustrar de que maneira o programa PROCEL Edifica poderia guiar as modificações em projetos já existentes para um melhor nível de eficiência energético, foi proposto um estudo de caso para a Paróquia Sangue de Cristo.

O estudo foi dividido em 4 etapas: visita técnica ao local (levantamento de informações como área, janelas e incidência de luz solar, tipos de lâmpadas, luminárias e tempo de uso de cada ambiente); simulação de uma avaliação do nível de eficiência atual usando como base o selo de certificação predial vigente; cálculo e comparação entre os valores de fluxo luminoso indicado na norma nacional e o encontrado no local e propostas de melhorias.

No final do trabalho, foram calculadas também as diferenças de potência entre a situação atual e a situação com a aplicação das melhorias propostas bem como o retorno financeiro e a nova classificação PROCEL da construção.

## 8. Bibliografia

- [1] Creder, H. – Instalações Elétricas, LTC, 2007.
- [2] Lamberts, R; Dutra, L. V; Duda, F. P – Eficiência Energética na Arquitetura, PW, 2007
- [3] NBR-5410/ABNT – “Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Procedimentos”.
- [4] NBR-5413/ABNT – “Iluminação de Interiores – Especificação”.
- [5] INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial {<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas>} – Acessado em Maio de 2011.
- [6] PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética – {<http://www.eletronbras.com>} - Acessado em Maio de 2011.
- [7] EPA – Agência Norte Americana de Proteção Ambiental {<http://www.epa.gov/greenbuilding/>} – Acessado em Abril de 2011.
- [8] José Luiz G. Miglievich Leduc - Eficiência Energética em Edificações - Ações Desenvolvidas; PROCEL EDIFICA, ELETROBRAS, Junho de 2008.
- [9] Perrone, F. P. D. - Eficiência Energética em Edificações no Brasil; PROCEL EDIFICA, ELETROBRAS, Setembro de 2011.
- [10] Apostila de Laboratório de Circuitos Elétricos II – EEE473; URFJ – Depart. de Eletrotécnica.
- [11] Manual de Iluminação Eficiente – Eletrobrás; 1ª Edição – Julho 2002.
- [12] BREEAM: The world's leading design and assessment method for sustainable buildings. {<http://www.breeam.org/>} – Acessado em Abril de 2011.
- [13] EUA - UNITED STATES PATENT OFFICE – INCANDESC INCANDESCENT ELECTRIC LAMP. – EDISON, THOMAS ALVA et al. - Nº 865367 – 10 de Abril de 1883.
- [14] EUA - UNITED STATES PATENT OFFICE – FLUORESCENT ELECTRIC LAMP – EDISON, THOMAS ALVA et al. - Nº 275613 – 10 de Setembro de 1907.
- [15] Costa, Gilberto José Corrêa da - Iluminação econômica: cálculo e avaliação; 4. ed. - Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.
- [16] Curso de Iluminação: Conceitos e Projetos – OSRAM; Abril de 2009.
- [17] ABILUMIN – Associação Brasileira dos Importadores de Produtos de Iluminação. {<http://www.abilumi.org.br>} – Acessado em Setembro de 2011.
- [18] Pereira, F. O. R.; Souza, M. B. - Apostila de Conforto Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, SC; 2005.
- [19] Repositório Mundial de arquivos de domínios públicos {<http://commons.wikimedia.org>} – Acessado em de Abril de 2011.
- [20] English Article: Light Emitting Diode – {[http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting\\_diode](http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode)} – Acessado em Setembro de 2011.
- [21] FASA Fibra Ótica – {<http://www.fibraotica.com.br/>} – Acessado em Julho de 2011.
- [22] LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC - {[www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br)} – Acessado em Fevereiro de 2011.

## 9. Apêndices

### 9.1.CIA World Factbooks.

A agência norte americana de inteligência (CIA) mantém registro de comunicações, transporte, política, energia entre outras informações histórica de grande parte dos países do mundo.

Dela foi retirada a informação sobre a matriz energética mundial predominante nos países correspondentes as 8 maiores economias mundiais e aos países que compõem o BRIC (Brasil, Rússia, Índia, China), como mostrada na planilha abaixo e nos gráficos que seguem.

País	Combustíveis Fósseis	Nuclear	Biomassa, Outros	Renováveis (hídricos, vento, solar).	Total	Rank
Brasil	59	14	20	370	463	9
Rússia	708	163	2,5	167	1040,5	4
Índia	685	15	2	128	830	5
China	2788	68	2,4	598	3456,4	2
EUA	3101	838	73	357	4369	1
Japão	711	258	22	91	1082	3
México	202	9,8	0,8	47	259,6	14
Alemanha	388	148	29	72	637	7
França	55	439	5,9	75	574,9	8
Reino Unido	310	52	11	16	389	11
Itália	253	-	8,6	58	319,6	12
Espanha	190	59	4,3	61	314,3	13
Canadá	162	94	8,5	386	650,5	6
Total Mundial	13675	2731	271	3584	20261	-
Proporção	68%	13%	1,30%	18%	100%	-

**Tabela 45 - Matrizes Energéticas das Maiores Economias Mundiais**

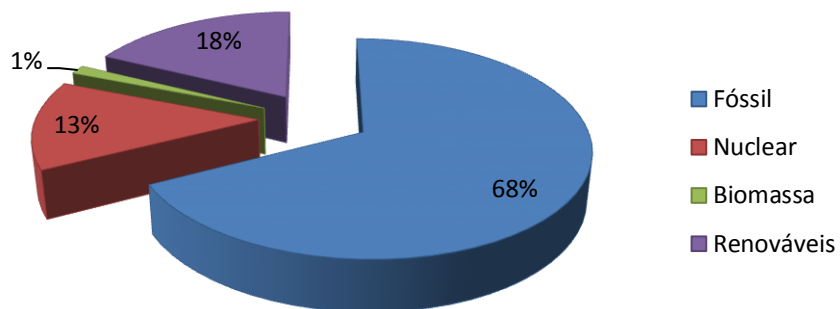


Figura 21 - Matriz Energética Mundial

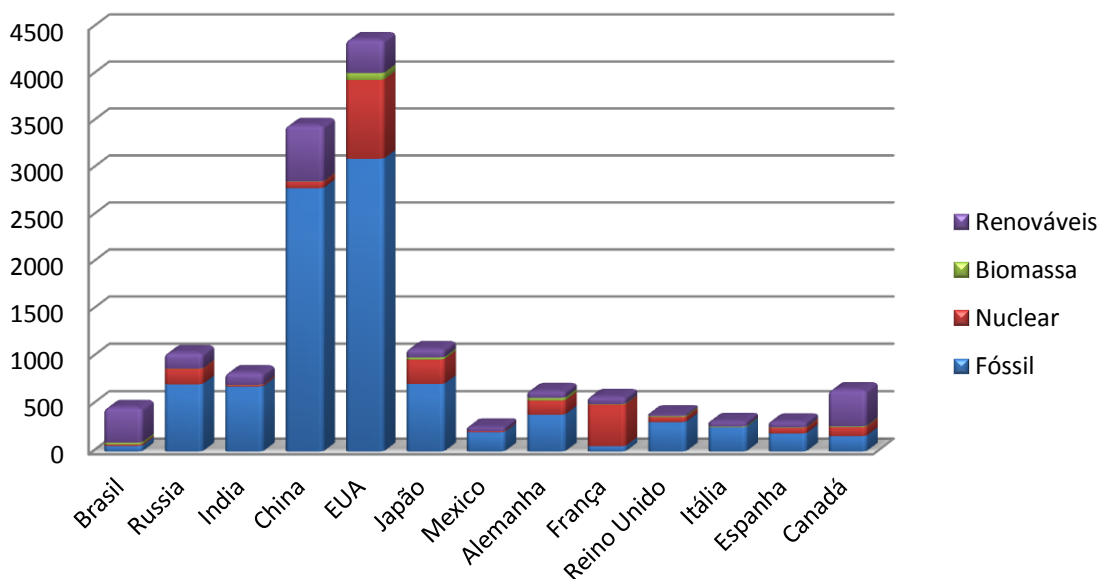


Figura 22 - Comparativo de Matrizes Energéticas Mundiais – 2008

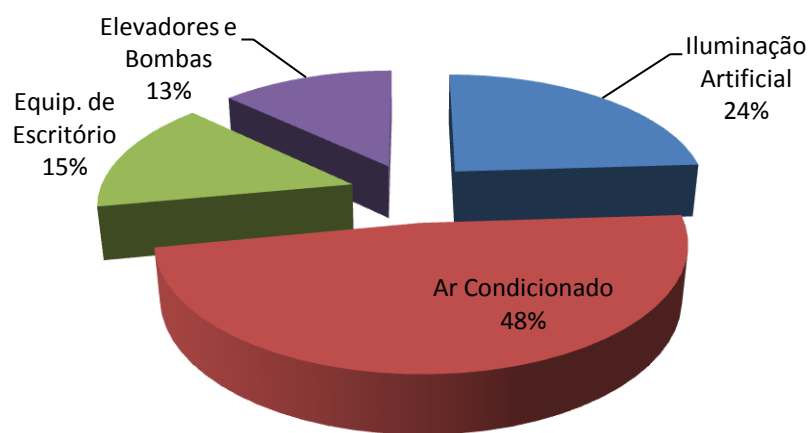
## 9.2. Valores de Referência de Demanda [8].

Tipo	Gastos	
	Iluminação (%)	Ar-Condicionado(%)
Escritórios	50	34
Lojas do Varejo	76	12
Oficinas	56	4
Bancos	52	34
Restaurantes	20	7
Posto de Gasolina	43	-
Mercearias	25	2
Serviços Pessoais	9	3
Shopping Centers	49	34

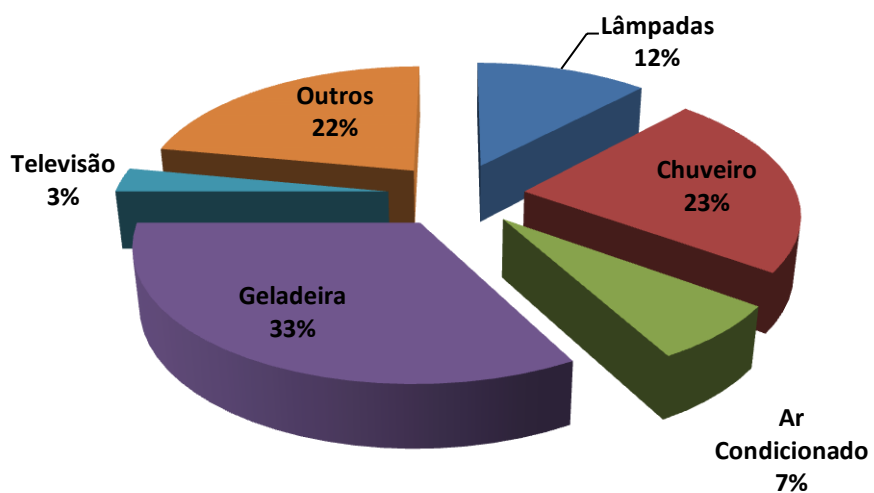
**Tabela 46 - Gastos por tipo de atividade**

Local	Tipo de Gasto	Parcela (%)
Edifício Comercial	Iluminação Artificial	24
	Ar Condicionado	48
	Equipamentos de Escritório	15
	Elevadores e Bombas	13
Residencial	Lâmpadas	12
	Chuveiro	23
	Ar Condicionado	7
	Geladeira	33
	Televisão	3
	Outros	22

**Tabela 47 - Gastos discriminados para os setores comercial e residencial.**



*Figura 23 - Consumo num edifício comercial*



*Figura 24 - Consumo no setor residencial*

### 9.3.Exemplos de valores de Refletância

Complementando a seção 4.1.5, são apresentadas abaixo duas tabelas com alguns exemplos de valores de refletância.

<b>Materiais</b>	<b>%</b>
Rocha	60
Tijolos	5..25
Cimento	15..40
Madeira clara	40
Esmalte branco	65..75
Vidro transparente	6..8
Madeira aglomerada	50..60
Azulejos brancos	60..75
Madeira escura	15..20
Gesso	80

**Tabela 48 – Exemplo de refletância para certos materiais.**

<b>Cores</b>	<b>%</b>
Branco	70..80
Creme claro	70..80
Amarelo claro	55..65
Rosa	45..50
Verde claro	45..50
Azul celeste	40..45
Cinza claro	40..45
Bege	25..35
Amarelo escuro	25..35
Marron claro	25..35
Verde Oliva	25..35
Laranja	20..25
Vermelho	20..35
Cinza Médio	20..35
Verde Escuro	10..15
Azul Escuro	10..15
Vermelho Escuro	10..15
Cinza Escuro	10..15
Azul Marinho	5..10
Preto	5..10

**Tabela 49 - Exemplo de refletância para certas cores.**



## 9.4. Características dos tipos de LED

Color	Comprimento de Onda [nm]	Tensão [V]	Material Semicondutor
Infravermelho	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.9$	Arsenieto de Gálio (GaAs) Arsenieto de Gálio Alumínio (AlGaAs)
Vermelho	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	Arsenieto de Gálio Alumínio (AlGaAs) Fosfeto de Arsenieto de Gálio (GaAsP) Alumínio Gálio Fosfeto de Índio (AlGaInP) Gálio(III) Fosfeto (GaP)
Laranja	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$	Fosfeto de Arsenieto de Gálio (GaAsP) Alumínio Gálio Fosfeto de Índio (AlGaInP) Gálio(III) Fosfeto (GaP)
Amarelo	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$	Fosfeto de Arsenieto de Gálio (GaAsP) Alumínio Gálio Fosfeto de Índio (AlGaInP) Gálio(III) Fosfeto (GaP)
Verde	$500 < \lambda < 570$	$1.9 < \Delta V < 4.0$	Índio Gálio Nitreto (InGaN) / Gálio(III) Nitreto (GaN) Gálio(III) Fosfeto (GaP) Alumínio Gálio Fosfeto de Índio (AlGaInP) Alumínio Fosfeto de Gálio (AlGaP)
Azul	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Seleneto de Zinco (ZnSe) Nitreto de Índio Gálio (InGaN) Silício Carboneto (SiC) Silício (Si) - em desenvolvimento.
Violeta	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$	Índio Gálio Nitreto (InGaN)
Roxo	Múltiplos Tipos	$2.48 < \Delta V < 3.7$	LED duplo azul/vermelho Azul c/ fósforo vermelho ou branco com plástico roxo.
Ultravioleta	$\lambda < 400$	$3.1 < \Delta V < 4.4$	Diamante (235 nm) Nitreto de Boro (215 nm) Nitreto Alumínio (AlN) (210 nm) Alumínio Nitreto de Gálio (AlGaN) Alumínio Gálio Nitreto de Índio (AlGaInN)
Branco	Amplo espectro	$\Delta V = 3.5$	Diodo Azul/UV diodo c/ fósforo amarelo

**Tabela 50 - Características dos tipos de LED.**

## **9.5.Documentos necessários para Certificação de um local[22].**

Seguem os documentos e principais questões para que seja feito um levantamento de dados de certa edificação a ser classificada segundo o selo PROCEL Edifica.

### **1. PLANTA BAIXA, LAYOUT, CORTES e outras informações “AS BUILT”.**

### **2. MEMORIAL DESCRITIVO**

### **3. HÁBITOS DE CONSUMO DE ÁGUA**

- Frequência do uso da água para tarefas como:
  - Limpeza de vidros, fachadas, calçadas
  - Limpeza de carros, escritórios
  - Rega de Jardins etc.
- Forma de utilização da água para as tarefas citadas:
  - Baldes
  - Mangueira
  - Bombas Hidrojato, etc..
- Levantamento do volume aproximado da água gasto por atividade ao longo de um mês

### **4. PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS**

### **5. FATURAS DE ÁGUA (PERÍODO DE 2 ANOS )**

### **6. DADOS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS DA ESTAÇÃO MAIS PRÓXIMA DO EDIFÍCIO (PERÍODO MÍNIMO DE 10 ANOS).**

### **7. DEMANDA DE ÁGUA QUENTE\***

**1)** Há demanda para uso do sistema de água quente?

**2)** Caso afirmativo, como é feito:

**a)** é utilizado aquecimento solar da água?

**b)** utiliza bomba de calor ou aquecimento por reuso de calor?

*c)* utiliza aquecedores a gás individuais com classificação A segundo regulamento específico do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE?

*d)* outro sistema (identificar qual)

## **8. INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA**

Existem indicadores de consumo de água a partir do cadastramento dos pontos, área atendida, número de usuários e dados de consumo?

## **9. PESQUISA SOBRE CONFORTO DOS USUÁRIOS\***

Foi realizada alguma pesquisa sobre conforto dos usuários recentemente? Caso afirmativo, disponibilizar os resultados da pesquisa.

## **10. PONTOS DE DESCONFORTO LOCALIZADOS\***

Identificar os pontos de desconforto térmico e visual (áreas muito frias ou muito quentes, com níveis de iluminação baixos ou muito altos).

## **11. PADRÕES REFERENCIAIS DE QUALIDADE DO AR INTERNO**

Disponibilizar os relatórios das análises dos padrões referenciais de qualidade do ar interno em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo

## **12. ESTAÇÃO METEOROLÓGICA**

Identificar a estação meteorológica mais próxima e obter seus dados

## **13. EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR\***

Descrição do sistema de condicionamento do ar e parecer do engenheiro mecânico ou responsável pelo sistema quanto ao enquadramento do mesmo nos requisitos de eficiência determinados na “Regulamentação para Etiquetagem de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos”, versão 12 (páginas 35 a 51).

## **14. PROJETO LUMINOTÉCNICO**

## **15. NÍVEIS DE ILUMINAMENTO**

## **16. FATURAS DE ENERGIA**

Mínimo de 1 ano; ideal de 5 anos

## **17. MEMÓRIA DE MASSA\***

A cada 15 minutos - disponibilizado em arquivo digital desagregado pela concessionária ou pelo próprio condomínio caso tenha automação que mede o consumo de energia nas diversas horas. Período mínimo de um mês de inverno e um mês de verão.

## **18. CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Os circuitos estão ligados por usos finais (condicionamento de ar, iluminação, outros)?

## **19. BOMBAS DE ÁGUA CENTRÍFUGAS\***

As bombas de água centrífugas fazem parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE/INMETRO)?

## **20. REDUÇÃO DA DEMANDA ENERGÉTICA NO HORÁRIO DE PONTA**

Foi instalado algum sistema para reduzir a demanda energética no horário de ponta? Caso afirmativo, a geração é a diesel?

## **21. AUTOMAÇÃO DO EDIFÍCIO\***

Fornecimento de dados adicionais, sobre automação da parte elétrica e do sistema de condicionamento de ar.

## **22. QUESTIONÁRIO SOBRE QUALIDADE DO AMBIENTE INTERNO**

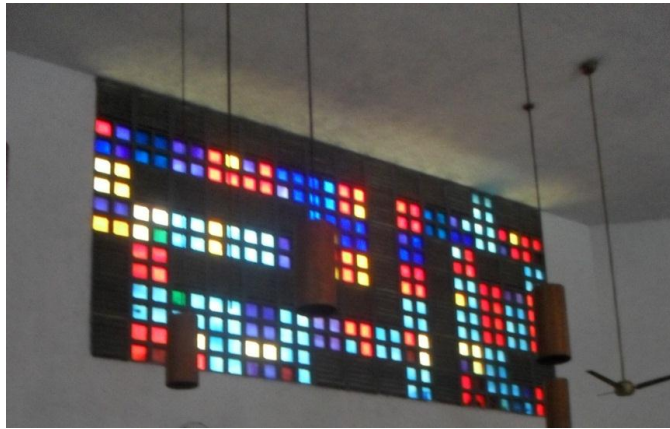
## **23. INFORMAÇÕES ADICIONAIS**

- a. Número de usuário permanentes do edifício (funcionários que trabalham diariamente no edifício, ao longo do ano e no período de férias).

- b.** Número de usuário flutuantes do edifício (funcionários que trabalham eventualmente no edifício, ao longo do ano e no período de férias).
- c.** Número total de funcionários do edifício, ao longo do ano e no período de férias.
- d.** Número de funcionários por atividade.
- e.** Número médio de visitantes por mês.
- f.** O edifício possui auditório? Caso afirmativo, quantos eventos em média são realizados por mês? Qual o número de pessoas externas em cada evento (não considerar os usuários do edifício)?
- g.** O edifício possui restaurante? Caso afirmativo, quantas refeições são servidas diariamente?

Os itens marcados com \* devem ser aplicados conforme a necessidade.

## 9.6.Fotos do Local:



*Figura 25 - Vitrail escuro prejudicando a entrada de luz solar*



*Figura 26 – Unidades condensadoras antigas, pouco eficientes e expostas ao tempo.*



*Figura 27 – Tubulação dos sistemas de refrigeração expostas ao ambiente*



*Figura 28 – Lâmpada LED proposta*



*Figura 29 – Modelo de luminária encontrado no local*



*Figura 30 – Modelo de luminária eficiente proposto para substituição*



*Figura 31 – Chão e parede de cores escuras – baixa refletância.*