

**INSTITUTO CEUB DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB**

**PROGRAMA DE MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO – CIDADE E HABITAÇÃO
LINHA DE PESQUISA - CIDADE, INFRAESTRUTURA URBANA, TECNOLOGIA E
PROJETO**

LETÍCIA PIRES FERREIRA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS
Estudo de Caso de um Edifício Público em Brasília**

**Brasília
2020**

LETÍCIA PIRES FERREIRA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS
Estudo de Caso de um Edifício Público em Brasília

Dissertação apresentada como requisito para banca de Mestrado do Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro Universitário de Brasília.
Orientador: Prof. Gustavo Cantuária.

Brasília
2020

Ferreira, Letícia P.

Eficiência energética nas instalações prediais - Estudo de caso de um edifício público em Brasília, 2020. Letícia Pires Ferreira.
Brasília, 2020.

XV, 149 f., il., 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário de Brasília, Campus Asa Norte, Brasília, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Cantuária.

Defesa: 19.02.2020.

Assunto. Centro Universitário de Brasília

LETÍCIA PIRES FERREIRA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS
Estudo de Caso de um Edifício Público em Brasília

Dissertação apresentada como requisito para banca de Mestrado do Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Brasília.

Orientador: Prof. Gustavo Cantuária.

Brasília, 19 de fevereiro de 2020.

Banca Examinadora

Prof. Gustavo Alexandre Cardoso Cantuária, Dr.
Orientador

Prof^a. Eliete de Pinho Araujo, Dra.
Membro Interno

Prof. Leonardo de Oliveira Pinto, Dr.
Membro Interno

Prof. Manuel de Arriaga Brito Correia Guedes, Dr.
Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Pensei em pular essa parte por achar um pouco *piegas*, mas depois de refletir sobre a “estrada” que percorri desde que iniciei o mestrado, cheguei a conclusão de que era importante deixar registrada a minha gratidão.

Então vamos lá! Primeiramente, como católica apostólica romana, agradeço a Deus, todo poderoso, que me dá forças para lutar, seguir meu caminho com dignidade e que me presenteou com pessoas tão valiosas na minha vida.

Agradeço ao meu pai, Odailton, meu primeiro e grande incentivador, que me cobra muito até hoje, porém me faz crescer.

Aos meus filhos, Mateus e Vitor, meus amores, sempre compreensivos, estão sempre procurando me ajudar, com um olhar de admiração que me encoraja.

À uma pessoa especial, Dr. João Vicente, que mesmo sem tempo, se dispôs a me ajudar, me ofereceu para cuidar da minha mãe para que eu pudesse estudar, em um momento difícil.

Aos meus colegas do Tribunal de Contas do Distrito Federal, que me disponibilizaram informações importantes para a elaboração desta pesquisa.

Aos professores e colegas do mestrado que tornaram este processo ainda mais interessante. Especialmente ao professor Gustavo Cantuária pelo profissionalismo e pela orientação. Ao Arq. Thiago Góes, por me ajudar nas simulações computacionais e na análise dos resultados.

E claro, aos membros da banca, pela importante contribuição e pela disponibilidade em avaliar o trabalho.

“... Eu defino regras para permitir àqueles que as estudarem ter conhecimento da qualidade tanto de edifícios existentes como dos que se irão construir”...
in “Dez Livros de Architectura”, Marcus Vitruvius Pollio [45]

RESUMO

Palavras-chave: Eficiência Energética. Edifícios Públicos. *Retrofit*

Desde a crise energética em meados de 1970, vem sendo buscado soluções para redução do consumo de energia. Apesar de existirem instrumentos legais em vigor, que preconizam a implementação de soluções que minimizem o gasto energético, ainda é inexpressiva a quantidade de edifícios públicos energeticamente eficientes. Tendo em vista a importância da eficiência energética no cenário atual, a responsabilidade dos órgãos públicos, principalmente dos órgãos fiscalizadores quanto ao cumprimento da legislação e a contribuição para a economia de energia no país, esta pesquisa teve como objetivo realizar uma avaliação do desempenho energético do edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal, propondo estratégias que pudessem proporcionar economia de energia. Para um maior embasamento teórico foram realizados amplos estudos a respeito da eficiência energética, da legislação pertinente em vigor no país, das certificações ambientais de maior destaque no âmbito nacional, dos critérios estabelecidos para etiquetagem de edificações públicas, das características climáticas e as estratégias bioclimáticas de projetos indicadas para a cidade de Brasília e sobre *retrofit*. Por fim, tendo como parâmetro as estratégias de projeto bioclimático adequadas ao clima local, foi feito um estudo paramétrico, com o emprego de simulação termoenergética, avaliando diversas alternativas tanto para a readequação do edifício, que foi objeto do estudo de caso e que faz parte do conjunto urbanístico tombado de Brasília e que tem um grande valor arquitetônico, porém possui limitações, impostas pelo tombamento, quanto a respeito das possibilidades de projeto que pudessem ter proporcionado um melhor desempenho energético no momento de sua implantação. E assim, foram propostas intervenções e implementação de estratégias, por meio de cenários, dentro deste contexto, para realização de um *retrofit*, onde verificou-se a possibilidade de se obter até 38,5% de economia de energia.

ABSTRACT

Keywords: Energy efficiency. Public Buildings. *Retrofit*

Since the energy crisis in the mid-1970s, solutions to reduce energy consumption have been sought. Although there are legal instruments in force, which advocate the implementation of solutions that minimize energy expenditure, the number of energy-efficient public buildings is still insignificant. Bearing in mind the importance of energy efficiency in the current scenario, the responsibility of public bodies, especially inspection bodies regarding compliance with legislation and the contribution to energy savings in the country, this research aimed to carry out an evaluation of the energy performance of the Headquarters building of the Federal District Court of Accounts, proposing strategies that could provide energy savings. For a greater theoretical basis, extensive studies were carried out regarding energy efficiency, the pertinent legislation in force in the country, the most important environmental certifications in the national scope, the criteria established for the labeling of public buildings, the climatic characteristics and the bioclimatic strategies of projects indicated for the city of Brasília and on retrofit. Finally, taking as a parameter the bioclimatic design strategies appropriate to the local climate, a parametric study was carried out, with the use of thermoenergetic simulation, evaluating several alternatives both for the readjustment of the building, which was the object of the case study and which is part of Brasília's listed urban development and which has great architectural value, but has limitations, imposed by the listing, regarding the design possibilities that could have provided a better energy performance at the time of its implementation. And so, interventions and implementation of strategies were proposed, through scenarios, within this context, to carry out a retrofit, where the possibility of obtaining up to 38.5% of energy savings was verified.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 - Consumo de energia elétrica por setor em 2018. | 5 |
| Figura 2 - Exigência mínima para certificação no Processo AQUA..... | 14 |
| Figura 3 - Classificações LEED..... | 18 |
| Figura 4 - Modelo de etiqueta PBE Edifica..... | 23 |
| Figura 5 - Etiqueta para Edifícios Públicos..... | 24 |
| Figura 6 - Participação das fontes na capacidade instalada. | 40 |
| Figura 7 - Oferta Interna de Energia..... | 40 |
| Figura 8 - Participação de Energias Renováveis na Matriz Energética..... | 41 |
| Figura 9 - Participação de Lixívia e Outras Renováveis na Matriz Energética | 41 |
| Figura 10 - Fluxo Energético | 42 |
| Figura 11 - Carta Solar de Brasília | 49 |
| Figura 12 - Mapa Zoneamento Bioclimático | 59 |
| Figura 13 - Localização do Tribunal de Contas do Distrito Federal no Plano Piloto.. | 70 |
| Figura 14 - Vista aérea Tribunal de Contas do Distrito Federal..... | 71 |
| Figura 15 - Fachada do Ed. Sede do TCDF..... | 72 |
| Figura 16 - Placa da obra do Ed. Sede do TCDF..... | 73 |
| Figura 17 - Planta do 1º pavimento do Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal. | 73 |
| Figura 18 - Planta do 2º pavimento do Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal. | 74 |
| Figura 19 - Corte longitudinal do Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal..... | 74 |
| Figura 20 - Corte transversal do Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal..... | 74 |
| Figura 21 - Simulação do Sistema Fotovoltaico | 79 |
| Figura 22 - Simulação do Sistema Fotovoltaico | 79 |
| Figura 23 - Simulação do Sistema Fotovoltaico | 80 |
| Figura 24 - Consumo anual..... | 84 |
| Figura 25 - Zoneamento das diferentes atividades para o piso superior..... | 89 |
| Figura 26 - Perspectiva do modelo com os edificios do complexo. | 90 |
| Figura 27 - Perspectiva do modelo com os edificios do complexo. | 96 |
| Figura 28 - Perspectiva do modelo com os edificios do complexo. | 96 |
| Figura 29 - Perspectiva do modelo com os edificios do complexo. | 97 |
| Figura 30 - Perspectiva do modelo com os edificios do complexo. | 97 |
| Figura 31 - Consumo elétrico por cenário e da redução do consumo em comparação com o cenário inicial..... | 98 |
| Figura 32 - Gabinete com divisórias em DryWall | 100 |
| Figura 33 - Caracterização física da persiana..... | 101 |
| Figura 34 - Planta de iluminação 1º andar | 106 |
| Figura 35 - Planta de iluminação 2º andar | 106 |
| Figura 36 - Gabinete com iluminação em painéis de LED | 106 |
| Figura 37 - Consumo elétrico e redução do consumo para cada cenário | 111 |

| | |
|---|-----|
| Figura 38 - Consumo elétrico e redução do consumo para cada cenário | 112 |
| Figura 39 - Consumo elétrico por uso final..... | 112 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Certificações mais conhecidas no Brasil. | 10 |
| Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens das certificações..... | 13 |
| Tabela 3 - Pontuação LEED..... | 20 |
| Tabela 4 - Participação do Setor Público. | 43 |
| Tabela 5 - Classificações da ENCE | 56 |
| Tabela 6 - Pré-requisitos da envoltória..... | 56 |
| Tabela 7 - Custo/benefício energia fotovoltaica | 81 |
| Tabela 8 - Consumo em m3 anual | 83 |
| Tabela 9 - Densidades para cada tipo de atividade | 90 |
| Tabela 10 - Caracterização da resistência térmica dos sistemas..... | 92 |
| Tabela 11 - Características físicas do vidro laminado | 92 |
| Tabela 12 - Estudos de intervenção | 93 |
| Tabela 13 - Características físicas do vidro laminado seletivo | 102 |
| Tabela 14 - Novos DPLs propostos..... | 105 |
| Tabela 15 - Resultado do estudo paramétrico..... | 113 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

AQUA - Alta Qualidade Ambiental

ASHRAE- *American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers*

BEN - Balanço Energético Nacional

CBECS - *Commercial Building Energy Consumption Survey*

COP - *Coefficient of performance* ou Coeficiente de desempenho

COP-21 - Conferência das Partes

DPI - Densidade de potência instalada

DPIRF - Densidade de potência de iluminação final

DPIRL - Densidade de potência de iluminação relativa limite

EA - *Energy and Atmosphere*

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

EQ - *Environmental Quality*

EqNum - Equivalente numérico

EqNumAC - Equivalente numérico de condicionamento de ar

EqNumDPI - Equivalente numérico de iluminação

EqNumEnv - Equivalente numérico para envoltória

GBC - *Green Building Council*

GBC-BRASIL- *Green Building Council-Brasil*

ID - Innovation and Design

INMETRO- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Iphan - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

K - Ambiente

LABEEE- Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC)

LEED -*Leadership in Energy & Environmental Design*

LEED-EB_OM - LEED Existing Buildings Operation and Maintenance

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MME- Ministério das Minas e Energia

NBR – Norma Brasileira

OIE - Oferta interna de energia

ONG - Organização Não Governamental

PAZ - Percentual de Abertura Zenital

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética

PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima

PROCEL- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

QAE - Qualidade Ambiental do Edifício

RC - *Regional Credits*

RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

SGE - Sistema de Gestão do Empreendimento

SMACNA - Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association

SS - Sustainable Sites

Swera - Solar and Wind Energy Resource Assessment

TBS – Temperatura de Bulbo Seco (oC)

TBU- Temperatura de Bulbo Úmido (oC)

TCDF - Tribunal de Contas do Distrito Federal

TCU - Tribunal de Contas da União

Ucob - Transmitância térmica da cobertura

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UNFCCC - Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

USGBC - *U.S. Green Building Council*

USP - Universidade de São Paulo

WE - *Water Efficiency*

WEC - *World energy council*

WWF-Brasil - *World Wide Fund for Nature-Brasil*

WWF - *World Wide Fund for Nature*

ZB - Zona Bioclimática

ZEB - *Zero Energy Building*

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.1. Objetivo geral | 3 |
| 2.2. Objetivos específicos | 3 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 4 |
| 3.1. Legislação | 4 |
| 3.2. Construções sustentáveis: | 6 |
| 3.3. Certificações ambientais: | 10 |
| 3.3.1. Certificação AQUA..... | 13 |
| 3.3.2. Certificação LEED..... | 16 |
| 3.3.3. Etiqueta PBE EDIFICA..... | 22 |
| 3.4. A Importância do Projeto Bioclimático..... | 27 |
| 3.4.1. Estratégias bioclimáticas de projeto:..... | 30 |
| 3.4.2. Aquecimento solar passivo | 30 |
| 3.4.3. Inércia térmica para aquecimento ou para resfriamento | 31 |
| 3.4.4. Sombreamento | 31 |
| 3.4.5. Ventilação Natural..... | 32 |
| 3.4.6. Ventilação Híbrida..... | 32 |
| 3.4.7. Resfriamento Evaporativo..... | 33 |
| 3.5. Conforto Ambiental..... | 34 |
| 3.6. Eficiência energética no Brasil | 36 |
| 3.6.1. Energia – Consumo e Perspectivas..... | 38 |
| 3.7. Greenwashing | 44 |
| 3.8. Retrofit: readequação (ambiental) do edifício..... | 45 |
| 3.9. Brasília – suas peculiaridades..... | 47 |
| 3.9.1. Clima:..... | 48 |
| 3.9.2. Ventilação: | 49 |
| 3.9.3. Carta Solar de Brasília: | 49 |
| 3.9.4. Zoneamento Bioclimático..... | 50 |
| 3.10. Eficiência energética e metodologias..... | 51 |
| 4. REFERENCIAL METODOLÓGICO | 52 |
| 4.1. Método Prescritivo do RTQ-C | 52 |
| 4.1.1. Método prescritivo: envoltória | 56 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 4.1.1.1. | Pré-requisitos específicos da envoltória: | 59 |
| 4.1.1.1.1. | Transmitância térmica | 59 |
| 4.1.1.1.2. | Cores e absorvância de superfícies | 60 |
| 4.1.1.1.3. | Iluminação zenital | 60 |
| 4.1.2. | Método prescritivo: sistema de iluminação artificial | 61 |
| 4.1.2.1. | Divisão dos circuitos de iluminação | 62 |
| 4.1.2.2. | Contribuição da luz natural | 62 |
| 4.1.2.3. | Desligamento automático do sistema de iluminação | 62 |
| 4.1.3. | Procedimento de determinação da eficiência | 62 |
| 4.1.3.1. | Método da área do edifício | 64 |
| 4.1.3.2. | Método das atividades do edifício..... | 64 |
| 4.1.3.3. | Método prescritivo: sistema de condicionamento de ar | 64 |
| 4.2. | Edificações Energeticamente Eficientes | 65 |
| 5. | ESTUDO DE CASO..... | 68 |
| 5.1. | O objeto de estudo: Edifício Sede do TCDF | 69 |
| 5.2. | Intervenções projetuais para o Edifício Sede | 75 |
| 5.2.1. | Descrição dos sistemas prediais..... | 77 |
| 5.2.1.1. | Sistema de energia fotovoltaica..... | 78 |
| 5.2.1.1.1. | Estudos para implantação do sistema no TCDF..... | 79 |
| 5.2.1.2. | Sistema de esgoto à vácuo | 81 |
| 5.2.1.2.1. | A experiência do TCDF com o sistema de esgoto à vácuo | 83 |
| 5.2.1.3. | Sistema de condicionamento de ar..... | 85 |
| 5.2.1.4. | Sistema de iluminação..... | 86 |
| 5.3. | Estudo Paramétrico por Meio de Simulação do Desempenho Energético ... | 87 |
| 5.3.1. | Caracterização do Modelo Inicial | 88 |
| 5.3.2. | Caracterização das Intervenções Propostas..... | 93 |
| 5.3.2.1. | Cenário 1 – Substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha | 99 |
| 5.3.2.2. | Cenário 2 – Instalação de Persianas do tipo tela solar | 100 |
| 5.3.2.3. | Cenário 3 – Aumento do beiral | 101 |
| 5.3.2.4. | Cenário 4 – Cobertura A - laje | 101 |
| 5.3.2.5. | Cenário 5 – Cobertura B - laje + isolamento na cobertura..... | 102 |
| 5.3.2.6. | Cenário 6 – Tipo de vidro | 102 |
| 5.3.2.7. | Cenário 7 – Redução do PAF | 103 |
| 5.3.2.8. | Cenário 8 – Somente Ventilação Noturna (18%) | 103 |

| | |
|--|-----|
| 5.3.2.9. Cenário 9 – Somente Ventilação Noturna (40%) | 103 |
| 5.3.2.10. Cenário 10 – Ventilação Híbrida (18%) | 104 |
| 5.3.2.11. Cenário 11 – Ventilação Híbrida (40%) | 104 |
| 5.3.2.12. Cenário 12 – HVAC - Substituição do sistema de condicionamento de ar (etiqueta A) | 104 |
| 5.3.2.13. Cenário 13 - Iluminação - Substituição do sistema de iluminação artificial (etiqueta A) | 105 |
| 5.3.2.14. Cenário 14 – Ativos | 107 |
| 5.3.2.15. Cenário 15 – Combinação de estratégias ativas e passivas: | 107 |
| 5.3.2.16. Cenário 16 – Intervenções que estão sendo implementadas por meio da reforma que está sendo executada pela construtora Vila Rica: | 107 |
| 5.3.2.17. Cenário 17 – Combinação de Passivos | 107 |
| 5.3.2.18. Cenário 18 - Reforma + Cobertura B | 108 |
| 5.3.2.19. Cenário 19 - Reforma + Tipo de Vidro | 108 |
| 5.3.2.20. Cenário 20 - Combinação final (de vários elementos) | 108 |
| 5.4. Resultados das intervenções propostas..... | 108 |
| 6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS | 114 |
| 7. REFERÊNCIAS | 117 |

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da Revolução Industrial, a implantação de técnicas de produção e consumo predatórias vem provocando um grande impacto das atividades humanas sobre os sistemas naturais, que acarretaram sérios problemas ambientais. Dentre todos os problemas ambientais atuais, um dos mais preocupantes, é a emissão de gases poluentes. O Brasil está entre os dez países do mundo que mais emitem gases que causam o efeito estufa, de acordo com dados divulgados em 2015, durante a 21ª Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

Conforme dados divulgados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Brasil comprometeu-se, por meio do Acordo de Paris, proposto na COP-21, a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir 43% abaixo dos níveis de 2005, até 2030. Para chegar a esses índices, firmou-se um compromisso de alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética, assim como aumentar a participação de bioenergia sustentável para aproximadamente 18% até 2030.

Estas e outras preocupações ambientais com a saúde global têm motivado um número crescente de projetistas, construtores e usuários a buscarem estratégias ambientalmente mais sustentáveis de projeto e construção.

Tendo como ponto de partida estas questões, esta pesquisa tem início e se aprofunda buscando embasamento em diversas vertentes, soluções e áreas relativas ao tema, mais especificamente sobre eficiência energética e estratégias bioclimáticas, incluindo ainda estudos sobre a legislação pertinente, com o objetivo de desenvolver um estudo de caso, feito por meio da avaliação do desempenho energético de um edifício público, de estilo modernista, que compõe o conjunto tombado da cidade de Brasília.

Se fizermos uma comparação entre todos os emissores de gases poluentes, os edifícios são os mais os difíceis de serem avaliados, pois além de serem construções

grandes em escala, complexos em materiais e função, seu processo de produção geralmente não é padronizado, em função do caráter único de cada edifício.

E se tratando de obras públicas, realizadas com recursos públicos, que são planejadas e concebidas para serem executadas e concluídas dentro de um prazo estipulado, com um valor estimado e em conformidade com a legislação específica e ainda, com os parâmetros especificados nos Editais de licitação, devemos ressaltar que uma edificação pública deve ser exemplo e minimizar os impactos gerados ao meio ambiente e aos usuários, bem como ser projetada e construída visando uma vida útil prolongada a custos de execução e manutenção viáveis (MOTTA, 2005).

Neste estudo serão citados também, a título de informação e complementação sobre o assunto estudado, os modelos de certificações ambientais que têm sido adotados no Brasil, como: o *Leadership in Energy & Environmental Design (LEED)*, que é a ferramenta aplicada pelo *Green Building Council (GBC)*, na certificação dos chamados Edifícios Verdes. O Alta Qualidade Ambiental (AQUA), extraído do referencial francês de avaliação de sustentabilidade nas edificações e adaptado para a realidade climática brasileira pela Fundação Vanzolini da Universidade de São Paulo (USP), bem como o processo de etiquetagem, do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (Procel Edifica), modelo autenticamente brasileiro.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Tendo em vista a importância da eficiência energética no cenário atual, a responsabilidade dos órgãos públicos, principalmente dos órgãos fiscalizadores quanto ao cumprimento da legislação, esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar o desempenho energético do edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal, propondo alternativas de emprego de estratégias que proporcionem melhor eficiência energética.

2.2. Objetivos específicos

Selecionar e analisar os dados climáticos da cidade de Brasília (Plano Piloto) com o intuito de saber quais as estratégias bioclimáticas indicadas para o estudo de caso;

Investigar o desempenho energético do edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal, por meio de estudo paramétrico com o emprego de simulação termoenergética;

Avaliar as alternativas de *retrofit* para obtenção de uma melhor eficiência energética através do estudo de variáveis, propondo cenários com cada uma delas e por fim, com a combinação de diversas variáveis de projeto.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico trata dos temas relacionados ao estudo proposto, por meio do estudo bibliográfico, apresentando uma contextualização sobre legislação, construção sustentável, certificação, estratégias bioclimáticas, *retrofit* e características climáticas da cidade de Brasília.

3.1. Legislação

Buscando diminuir os impactos que as obras públicas podem potencializar, a Administração Pública vem procurando promover a institucionalização das ações de sustentabilidade. Uma das primeiras medidas foi a alteração do conteúdo da lei das licitações e contratos, Lei 8.666/1993, pela Lei 12.349/2010, cuja origem foi a Medida Provisória 495/2010, que passou a incluir como finalidade da licitação o desenvolvimento sustentável, alçando-o ao mesmo nível da observância do princípio da isonomia e da seleção da proposta mais vantajosa para a administração. Desse modo, passou-se a inserir os critérios de sustentabilidade nas licitações públicas.

Apesar de não haver definição legal de licitação sustentável, que é uma expressão cunhada doutrinariamente, há leis federais, decretos estaduais e, inclusive, Instrução Normativa do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão disciplinando sua aplicabilidade. A Lei 12.187/2009 acerca da Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC prevê critérios de preferência nas licitações públicas para propostas que propiciem maior economia de energia, água e outros recursos naturais.

Na esfera distrital, foi publicada, em 22 de fevereiro de 2012, a Lei Distrital Nº 4.770, que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens e na contratação de obras e serviços pelo Distrito Federal.

Desde a crise energética em meados de 1970, vem se buscando soluções para redução do consumo energético. Entretanto, de acordo com dados divulgados pelo BEN - Balanço Energético Nacional, as fontes renováveis correspondem apenas a 15,6% da geração de eletricidade, sendo que 70% é produzida por usinas hidrelétricas.

O setor público, conforme, também, o Balanço Energético Nacional, Ano base 2018 (BEN, 2019), representa aproximadamente 8% do consumo de eletricidade (Gráfico 1), o que simboliza uma parcela significativa no consumo de energia elétrica do país.

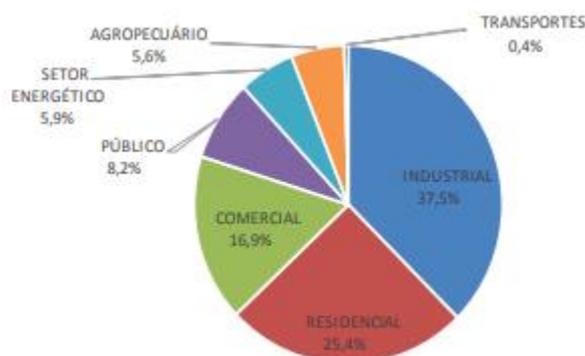


Figura 1 - Consumo de energia elétrica por setor em 2018.
Fonte: BEN, 2019.

Desde 1997, foi instituído, pela ELETROBRAS/PROCEL, o Programa Nacional de Eficiência Energética nos Prédios Públicos Procel EPP, a fim de promover ações de economia de energia nos edifícios públicos, nos níveis federal, estadual e municipal.

Em 2001, a crise de energia no Brasil levou à criação da Lei nº 10295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação de Energia (BRASIL, 2001a), esta lei refletiu o sinal de alerta que se acendeu quanto às questões relacionadas ao meio ambiente no nosso país.

Em 2006, durante um encontro em Brasília, a *World Wide Fund for Nature* (WWF) lançou um relatório chamado “Agenda Elétrica Sustentável 2020”, com a proposta de planejar o futuro elétrico do país de forma barata e inteligente, onde apontou economia de R\$ 33 bi, com adoção do cenário Elétrico Sustentável para os consumidores e ainda, a diminuição no desperdício de energia de até 38% da expectativa de demanda, geração de 8 milhões de empregos, estabilização nas emissões dos gases causadores do efeito estufa com a promessa de afastar os riscos de novos apagões, se o cenário Elétrico Sustentável fosse aplicado no Brasil até 2020.

Em 2009, como resultado do Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL-

EDIFICA), a Secretaria técnica de edificações, em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) a partir de convênio firmado com a Eletrobrás, criou o RTQ - C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

E a partir disso, os edifícios públicos novos ou reformados de acordo com os critérios estabelecidos pelo RTQ-C passariam a receber uma etiqueta chamada PBE Edifica. Em 04 de junho de 2014, foi publicada a Instrução normativa (IN) N°02, que “dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit”, fazendo com que a etiquetagem tornasse compulsória para edificações públicas federais desde essa data.

E através do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), ficou estabelecido no calendário, a obrigatoriedade da etiqueta PBE Edifica para prédios públicos federais, até 2020.

Apesar da ampla discussão e de alguns esforços iniciais, o Acórdão 1752/2011 do Tribunal de Contas da União (TCU), constatou um baixo grau de institucionalização das políticas públicas acerca do uso racional e sustentável dos recursos naturais, pois em sua análise, revelou haver vários órgãos públicos com iniciativas avançadas, em contraposição a outros com nenhuma iniciativa neste sentido. E até hoje esse panorama parece não ter evoluído muito.

3.2. Construções sustentáveis:

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu em 1987 com o “Relatório Brundtland”, ou “Nosso futuro comum”, na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, quando ficou estabelecido que “desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem

comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas próprias necessidades”.

De acordo com o Conselho Internacional da Construção, a construção civil é o campo que mais demanda energia e a utilização de recursos naturais, além da geração dos resíduos sólidos como produto de suas atividades, causando graves impactos ambientais.

A indústria da construção civil é responsável por cerca de 50% do consumo de materiais extraídos da natureza, quase a mesma proporção de produção de resíduos e consumo de energia, segundo Sattler (2008). E tem sido considerada a atividade menos sustentável do planeta, conforme Edwards (2004).

Entretanto, a indústria da construção é um setor vital da nossa sociedade e é visto em muitos segmentos da sociedade como um indicador de crescimento econômico e de prosperidade. A construção civil contribui com uma média de 10% do PIB, e mais da metade do investimento de capital em todos os países. Estima-se que o setor empregue 111 milhões de pessoas no mundo, sendo, portanto, o maior empregador industrial a nível global.

Cerca de 50% das terras do planeta foram transformadas por atividades humanas e atualmente em torno de 54% da população vive em cidades, com este percentual crescendo gradativamente. O impacto da indústria da construção no meio ambiente se estende para além da fase de construção, incluindo as questões da cadeia de fornecimento e os efeitos das atividades pós-construção: operação, manutenção e reuso do edifício. Assim reforça-se a importância de estabelecer critérios que abarquem a questão ambiental desde a sua concepção até o “fim” da sua vida útil.

O ciclo de vida de um edifício é considerado longo, de ao menos 50 anos, e a fase de construção representa apenas uma pequena parte deste ciclo. Isto torna muito complexas as análises dos seus impactos positivos e negativos e reforça a importância de pensar nas soluções a serem adotadas desde a sua concepção.

Para uma construção ser sustentável deve possuir saneamento básico; se adaptar ao máximo à topografia local, conservar as espécies nativas; ser acessível; deve adequar o projeto visando seu desempenho ambiental - térmico e iluminação, de forma que seus usuários possam aproveitar os recursos naturais para iluminação e ventilação, entre vários outros fatores.

Mas uma construção só é, de fato, sustentável quando minimiza os impactos ambientais em todo o ciclo de vida dos edifícios, abrangendo desde a concepção do projeto, a construção, seu uso e manutenção até, por fim, chegar a demolição.

Vale ressaltar que, uma edificação que pretende ser sustentável não apenas deve utilizar materiais ambientalmente corretos, reciclar os resíduos gerados na execução da sua construção, mas deve principalmente adotar princípios de conforto térmico e de iluminação, visando à eficiência energética e um ambiente salubre, como também o aproveitamento da água da chuva, a facilidade de manutenção, e mais ainda, que faça parte de um contexto global, levando em consideração as dimensões: ambiental, econômica e social.

Para se obter construções sustentáveis o Ministério do Meio Ambiente, recomenda:

“...mudança dos conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação para futuras mudanças de uso e atendimento de novas necessidades, reduzindo as demolições; busca de soluções que potencializem o uso racional de energia ou de energias renováveis; gestão ecológica da água; redução do uso de materiais com alto impacto ambiental; redução dos resíduos da construção com modulação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais..”

Lembrando que o conceito de construção sustentável é variável de acordo com as prioridades de cada país e está relacionado diretamente com as especificidades de seu clima, tradições construtivas, estágio de desenvolvimento industrial, cultural, natureza das edificações existentes e características dos diversos agentes envolvidos (DEGANI, 2010).

Assim, tendo em vista a atual conjuntura da sociedade, em termos de um desenvolvimento sustentável, podemos dizer que é de suma importância termos edificações públicas que cumpram com os objetivos: emprego consciente de materiais; facilidade de construção e manutenção; eficiência energética; conforto ambiental; uso racional da água e economicidade. Isso não apenas para edificações novas, mas também para as existentes, que podem ser readequadas de acordo com essas premissas.

A readequação de edificações para se tornarem sustentáveis, ainda é um tema pouco discutido, mas de grande relevância, visto que, sua aplicação ajudaria a

minimizar impactos ambientais da sociedade como um todo. Esse tema, entretanto, será tratado em um outro capítulo desta pesquisa.

No Brasil o setor de construção ainda está assimilando a aplicação, incorporação da cultura da sustentabilidade, o que faz com que estas iniciativas sejam vistas como onerosas. No país o custo direto (que incide durante a fase de construção) é muito valorizado, e por vezes cria barreiras à implantação dos conceitos. Estima-se investimento adicional de 1,5% a 3% em empreendimentos residenciais, e 5% a 7% em comerciais com a adoção de medidas sustentáveis, que variam de acordo com o porte do empreendimento, da tipologia adotada e da existência ou não de certificação. Entretanto, quando analisamos os custos indiretos (incorporação, manutenção e operação), o impacto é revertido.

Para auxiliar no desenvolvimento de projetos sustentáveis, existem muitas ferramentas, incluindo as que são utilizadas para análise de um modelo de desenho e projeto tridimensional por computador, o Building Information Modelling (BIM), tais como: opções da forma, orientação solar, materiais, ventilação, iluminação natural, consumo de energia, entre outros.

Varis Bokalders e Maria Block, no *The Whole Building Handbook* (Apud Heywood, pg. 194) “consideram a aplicabilidade de vários métodos de análise do ciclo de vida, que, quando utilizados em conjunto com o BIM, se tornarão em a norma para o desenvolvimento de projetos sustentáveis. ”

Frente a esse novo paradigma e ao contexto global para sustentabilidade na construção civil, surgiram, ainda, vários programas e iniciativas, no âmbito nacional e internacional, com o propósito de estabelecer critérios e meios para verificar se determinadas edificações podem ser consideradas de fato ambientalmente sustentáveis, como os programas de certificação ambiental, que serão descritos em um próximo tópico neste estudo.

Com o surgimento dos conceitos de construção sustentável começou o movimento pela implantação destes programas, visando melhorar as características ambientais das construções.

Inicialmente havia um consenso entre pesquisadores e agências governamentais de que a classificação de desempenho criava mecanismos eficientes de demonstração de melhoria contínua quando associadas a sistemas de certificação, assim foram sendo aplicados no Brasil alguns tipos de certificação de outros países.

Porém, apesar destes indicadores iniciais, posteriormente, pesquisas científicas indicaram que seus métodos, na verdade, são bastante questionáveis, apesar do mérito de terem alavancado a implantação de técnicas construtivas, em todo o mundo, inclusive no Brasil, que favorecem a economia de recursos e a eficiência energética, em todas as tipologias de edificações.

3.3. Certificações ambientais:

As principais certificações mais conhecidas no Brasil são listadas na tabela abaixo:

| CERTIFICADO | PAÍS | LANÇAMENTO |
|--------------------|-------------|-------------------|
| BREEAM | Reino Unido | 1990 |
| Procel Edifica | Brasil | 1990 |
| LEED | EUA | 1993 |
| AQUA – HQE | França | 2008 |
| Casa Azul | Brasil | 2010 |

Tabela 1 - Certificações mais conhecidas no Brasil.
Fonte: Conto et al, 2016.

Até a crise do petróleo em 1973, somente poucos países na Europa possuíam exigências quanto ao aspecto energético dos edifícios; geralmente estas exigências diziam respeito apenas ao isolamento térmico. Depois da crise, ampliou-se o uso destes instrumentos. Conforme Romero (1988, apud Araújo, 1999, p.13) essa crise motivou o surgimento de trabalhos que agregam a preocupação com a economia de energia à incorporação dos fatores ambientais aos desenhos dos projetos.

No contexto brasileiro, o “regulamento técnico” é tido como o instrumento que, fazendo referência ou não a alguma norma, estabelece requisitos técnicos obrigatórios de produtos, serviços ou processos, além de procedimentos para avaliação da conformidade, como certificação.

Sobre certificações, pode-se dizer que associações civis podem criá-las e concedê-las a partir de requisitos definidos por elas próprias, sem força legal.

Segundo Silva et al. (2003a, 2003b), os principais métodos independentes de avaliação de impacto ambiental de edifícios que estão vinculados a um esquema de certificação (BREAAAM, AQUA-HQE, LEED) consideram a questão energética como um indicador de sustentabilidade.

A Certificação é um mecanismo no qual uma organização independente executa avaliações de características de uma amostra de um produto, processo ou serviço. Pode ser compulsória ou voluntária, dependendo do risco que o item avaliado oferece à saúde e à segurança dos cidadãos.

Existe também a Etiquetagem, que é uma estratégia para informar ao consumidor uma característica identificada do produto. Se for associada a metas de desempenho, pode incentivar o aperfeiçoamento do produto.

Num processo de certificação ou etiquetagem necessita-se da criação de referenciais que irão estabelecer critérios para verificar se o empreendimento atingiu os requisitos estabelecidos pelo selo. Cada certificação utiliza processos de auditoria diferentes, que são classificadas em três grupos principais:

1. Análise estatística: que é um sistema baseado em comparação estatística. Os resultados de desempenho de empreendimentos similares são usados como referência para obter a classificação. Há necessidade de um grande número de dados para a produção da amostra;
2. Avaliação baseada em pontos: sistema baseado no atendimento à critérios, geralmente estabelecidos numa lista de verificação. Cada critério gera uma pontuação, e a soma destes pontos é utilizada para classificar o empreendimento;
3. Avaliação baseada em desempenho: Sistema baseado na avaliação da gestão e do processo. As categorias devem apresentar desempenho mínimo, ou o empreendimento não é certificado.

A avaliação contém itens com caráter de atendimento obrigatório e outros classificatórios, abordando questões sobre os impactos do edifício no meio ambiente, saúde e conforto do usuário e gestão de recursos. O atendimento dos itens obrigatórios e um número mínimo de itens classificatórios irão corresponder à classificação do edifício em um dos níveis de desempenho possíveis. Atualmente, dispõe-se de critérios para vários tipos de edifícios, como de escritórios, shopping centers, habitações térreas e edifícios multipavimentos, fábricas, e até para prisões.

Embora haja diferenças entre as tipologias, as categorias avaliadas são muito parecidas, pois já há muito conhecimento sobre os principais impactos.

Existem diferenças na forma como cada certificação comunica o resultado da avaliação, este resultado pode ser global (um certificado único, que avalie todas as fases do empreendimento) ou por fases. Os selos que avaliam por fase geralmente entregam um certificado após cada avaliação, de forma sequencial, buscando garantir que soluções propostas no projeto sejam realmente executadas, mas o risco de distorções existe se não houver gestão da aplicação destas soluções. Uma última característica que deve ser avaliada é a abrangência das certificações.

Todas as entidades certificadoras dizem que os selos para construção civil visam melhorar a qualidade ambiental do edifício, mas focam geralmente em soluções ambientais que gerem ganhos sociais ou econômicos. Entretanto, a análise é incompleta, o que leva a maioria das certificações a serem classificadas como de abrangência apenas ambiental (SILVA, 2003).

O *Green Build Council Brasil* (GBCB) indica que nos Estados Unidos as construções sustentáveis apresentaram melhoras significativas nos índices de controle ambiental, com redução de até 30% o consumo de energia, 50% o consumo de água, 35% a emissão de CO₂ e 90% o descarte de resíduos, além de garantir um ambiente interno saudável e produtivo.

Dentre as certificações e o processo de etiquetagem presente no Brasil podemos elencar algumas vantagens e desvantagens de cada método:

| Certificação | Vantagens | Desvantagens |
|---------------------|--|--|
| BREEAM | Reconhecimento internacional; adaptável ao local e clima. | Dificuldade de aplicação |
| AQUA | Exige desempenho satisfatório em todas as áreas e fases. | Ausência de critério específico para inovação. |
| LEED | Reconhecimento internacional; flexibilidade de critérios; formato de <i>checklist</i> ; critérios adequados a realidade bioclimática brasileira. | Possibilita desequilíbrio entre categorias; falta de embasamento científico para os critérios. |
| PBE Edifica | Criado para a realidade brasileira; modelos de acordo com o uso. | Avaliação restrita aos aspectos energéticos. |
| Casa Azul | Criado para a realidade brasileira. | Voltado apenas para habitações. |

Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens das certificações
Fonte: Conto et al, 2016.

Em seguida uma breve descrição dos três programas de certificação que tem sido mais aplicados no Brasil, no que tange a questão energética e o conforto térmico. E na sequência, as estratégias bioclimáticas adequadas a Brasília e o conceito de *retrofit* e suas possibilidades.

3.3.1. Certificação AQUA

O AQUA é um processo de certificação derivado do programa francês HQE, que foi adaptado à realidade brasileira pela Fundação Vanzolini. É um processo da gestão do projeto que visa obter a qualidade ambiental de um empreendimento de construção ou de reabilitação, tendo como benefícios: o menor consumo de energia e de água, redução da poluição, redução da produção de resíduos e da emissão de gases de efeito estufa, melhoria nas condições de saúde nas edificações, melhor aproveitamento da infraestrutura local, menor impacto à vizinhança, melhores condições de trabalho, entre outros. Para obter o desempenho ambiental requerido a construção deve envolver tanto uma vertente da gestão ambiental como uma de

natureza arquitetônica e técnica. Segundo a Fundação Vanzolini, ele pode ser definido “como sendo um processo de gestão de projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo uma reabilitação”.

O referencial técnico do AQUA é definido por dois padrões: Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). Para obter a certificação o empreendedor da construção deve estabelecer o controle total do projeto em todas as suas fases, classificadas como: Programa, Concepção e Realização.

Na fase inicial (Programa) são estudadas as características do local e do tipo de construção, para elaboração do programa de necessidades, quando se determina o perfil de desempenho desejado nas 14 (quatorze) categorias que constituem o processo. Na fase seguinte (Concepção) é elaborado o projeto arquitetônico. E desde que a obra se inicia até a sua conclusão é feita a última avaliação e certificação (Realização), quando é verificado se a construção foi realizada dentro do parâmetro projetado. Estas 14 categorias devem satisfazer as exigências relacionada ao controle de impactos sobre o ambiente externo e à criação de um ambiente interno confortável e saudável.

A certificação é concebida ou não ao empreendimento, não havendo níveis intermediários. O sistema é baseado em desempenho, sendo classificado em três níveis: Bom (base, praticas correntes, legislação), Superior (boas práticas) e Excelente (melhores práticas). Para se obter a certificação é exigido que um número mínimo de classificação Excelente e um número Máximo da classificação Bom. Uma peculiaridade do sistema é que o padrão mínimo de exigência remete ao que está normatizado e regulamentado. O Gráfico 2 ilustra estas exigências necessárias a concessão da certificação.



Figura 2 - Exigência mínima para certificação no Processo AQUA
Fonte: Fundação Vanzolini, 2011.

Em todas as etapas são realizadas auditorias pela Fundação Vanzolini, que concede a certificação ao final de cada uma delas, mediante verificação de atendimento ao referencial técnico nos níveis mínimos exigidos, dentro dos requisitos para o SGE e dos critérios de desempenho nas categorias da QAE, que representam cada um dos objetivos a serem alcançados, divididos em conjuntos de preocupações, que se agrupam em 4 “famílias”, que abordam: a eco-construção, a eco-gestão, o conforto e a saúde.

Na “eco-construção” são elencadas 3 (três) preocupações: a) a busca de uma boa relação do edifício com o seu entorno, levando em conta o impacto causado ao meio ambiente, a coletividade e os vizinhos; b) a escolha integrada de três elementos: produtos, sistemas e processos, que se inter-relacionam e se influenciam e que devem ser realizadas levando-se em consideração os principais desafios, como: a qualidade e desempenho técnico em uso, a qualidade técnica da construção, facilidade de conservação, o impacto ambiental e sanitário, a qualidade arquitetônica, os critérios econômicos e o caráter social; c) o canteiro de obras com baixo impacto ambiental, procurando minimizar os impactos causados nas várias fases que marcam a vida do edifício, como: a execução, a reabilitação, a modernização e a desconstrução.

A “eco-gestão” engloba questões como: a) gestão da energia, quando se prioriza o uso de elementos de arquitetura bioclimática e de sistemas que favoreçam a economia de energia, diminuam as emissões de poluentes atmosféricos e de resíduos radioativos gerados; b) gestão da água, visando gerenciar o seu uso de maneira consciente para evitar a escassez e reduzir os riscos de inundação e a poluição que causa danos aos recursos hídricos; c) gestão dos resíduos de uso e operação do edifício, com objetivo de limitar sua produção e de dar uma destinação final correta; e ainda, d) manutenção, categoria que tem por finalidade a conservação e manutenção dos sistemas de operação e funcionamento do edifício, para garantir os esforços realizados pelas outras categorias.

Quanto ao “conforto” as preocupações dizem respeito ao: a) conforto higrotérmico, que tem como objetivo obter ambientes agradáveis em diversas condições de temperatura, através de medidas arquitetônicas adequadas; b) conforto acústico, caracterizado pela quantidade e qualidade de energia emitida pelas fontes e

dos eventos sonoros percebidos pelos usuários, que podem gerar influências positivas ou negativas, de acordo com o histórico pessoal e com as expectativas individuais; c) conforto visual, que consiste em proporcionar quantidade de luz adequada às atividades desenvolvidas em cada ambiente da edificação, proporcionando mais e melhor produtividade aos usuários; e por fim, d) conforto olfativo, referente ao controle da qualidade do ar, através de uma ventilação eficaz e inspeção das fontes de odores desagradáveis.

A família “saúde” diz respeito à qualidade sanitária dos ambientes, do ar e da água, que através da aplicação de alguns recursos de projeto, buscam o controle de elementos que possam ser prejudiciais à saúde.

De acordo com Pereira (2010, p.89), o AQUA "além de ser mais abrangente e possuir ferramental de gestão, o fato de ser um sistema brasileiro permite que sua certificação seja mais barata e adaptada às condições nacionais, sobretudo quanto aos níveis exigidos." E na opinião de Fossati (2008, p.83), "dentre os modelos existentes no mercado atualmente, talvez este seja o que proporciona melhor avaliação e promove melhores resultados de desempenho de edificações mais sustentáveis".

3.3.2. Certificação LEED

O sistema *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) significa liderança em energia e design ambiental, é um método de classificação de edificações a partir de princípios de sustentabilidade ambiental, foi criado em 1993 e é certificado pela Organização Não Governamental (ONG) americana USGBC (*U.S. Green Building Council* ou Conselho de Edifícios Verdes dos Estados Unidos). Presente em 143 países, é um programa de adesão voluntária e visa avaliar o desempenho ambiental de um empreendimento. Leva em consideração o ciclo de vida e pode ser aplicado em qualquer tipo de empreendimento. O selo é uma confirmação de que os critérios de desempenho em termos de energia, água, redução de emissão de CO₂, qualidade do interior dos ambientes, uso de recursos naturais e impactos ambientais foram atendidos satisfatoriamente.

O LEED foi criado para atender os seguintes objetivos:

- a) definir *green building*, estabelecendo um padrão de medida comum;
- b) promover práticas de projeto que integrem o edifício como um todo;
- c) reconhecer líderes ambientais na indústria da construção;
- d) estimular a competição sustentável;
- e) aumentar consciência do público sobre os benefícios do *green building*;
- f) transformar o mercado de construções.

O seu sistema de avaliação é baseado no atendimento a uma série de critérios pré-estabelecidos, que formam um *checklist*. Estes critérios estão relacionados a ações que podem ser tomadas em relação a diferentes itens do projeto, construção e operação, que possam contribuir na busca de sustentabilidade da edificação.

O sistema LEED se baseia no conceito de que, ao se conseguir atingir um número mínimo de requisitos, é possível certificar uma edificação, com um determinado nível de sustentabilidade, ou seja, a certificação acontece em níveis que quantificam o grau de proteção ambiental obtido no empreendimento. Contudo há requisitos mínimos em cada critério de avaliação que devem ser atendidos, condições prévias que devem ser obrigatoriamente preenchidas (os pré-requisitos), que dão origem a subdivisões em áreas específicas pontuáveis, que determinam ou não a possibilidade do projeto ser certificado.

O certificado LEED se aplica a diferentes tipos de construção, sendo subdivididos em categorias que representam esta diversidade. Dado o caráter diverso das categorias/construções tem-se diferentes pontuações e pré-requisitos. Todas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações) que a medida que atendidos, garantem pontos à edificação. O nível da certificação é definido, conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos a 110 pontos.

De acordo com a pontuação recebida, o edifício poderá ser classificado em níveis de desempenho (figura 3) como *Certified* (Certificado), *Silver* (Prata), *Gold* (Ouro) e *Platinum* (Platina), sendo o Certificado o mais simples e o Platina o mais completo.



Figura 3 - Classificações LEED
Fonte: <https://www.gbcbrazil.org.br>

Existem várias tipologias de certificação LEED que variam em função do tipo de projeto e uso final da construção. Nesse estudo, a tipologia que nos interessa é o LEED Existing Buildings – Operation and Maintenance - LEED-EB_OM (LEED para Edifícios Existentes - Operação e Manutenção), criado em 2004, este selo é o que dá maior peso a dimensão de uso racional de água e o que dá menor peso a materiais e recursos.

LEED-EB (Existing Buildings) destina-se a edificações já existentes, baseando-se no desempenho de operações e em melhorias na manutenção da edificação, objetivando maximizar a eficiência operacional, reduzir custos e o impacto sobre o meio ambiente.

Segundo relato do diretor técnico do GBC Brasil, Marcos Casado, publicado em artigo no site AECweb, a certificação LEED para prédios existentes é uma das certificações que mais cresce no Brasil e no mundo, pois “o parque construído supera, e muito, o tamanho do parque em construção. ”

Outro fato importante a ser citado é que o Green Building Council Brasil (GBC Brasil), foi criado em março de 2007, com o intuito de auxiliar no desenvolvimento da indústria da construção sustentável no País, utilizando as forças de mercado para conduzir a adoção de práticas de “Prédios Verdes” em um processo integrado de concepção, construção e operação de edificações e espaços construídos.

Para conquistar o LEED, um projeto precisa passar por um sistema de notas (*rating system*) em vários critérios para certificar a sustentabilidade e a redução do impacto ambiental da construção comprovando que foram adotadas práticas que levaram o meio ambiente em consideração.

Segundo o GBC Brasil o LEED é um comitê dividido em subcomitês temáticos. Cada subcomitê aborda uma das cinco categorias de avaliação da ferramenta LEED, a saber:

- SS (Sustainable Sites): Implantação sustentável;
- WE (Water Efficiency): Eficiência hídrica;
- EA (Energy and Atmosphere): Energia e atmosfera;
- MR (Materials and Resources): Materiais e recursos e
- EQ (Environmental Quality): Conforto ambiental

Além dos cinco critérios citados acima, são estabelecidos mais dois critérios com o intuito de adaptar a certificação às realidades locais. São eles:

- ID (Innovation and Design): Inovação e projeto
- RC (Regional Credits): Créditos regionais.

Descrevendo o critério que está relacionado a este estudo:

- EA: *Energy & atmosphere* (Energia e Atmosfera) – Premia a eficiência energética do projeto por meio de estratégias como:
 - ✓ Otimização do desempenho no uso de energia com equipamentos e sistemas eficientes (geradores a gás, elevadores inteligentes, sensores de presença para iluminação);
 - ✓ Geração local de energia renovável (ex. aquecedores solares, iluminação de áreas abertas em conjunto com painéis fotovoltaicos);
 - ✓ Atenção com gases refrigerantes (não utilização de CFC's).

A tabela abaixo apresenta uma síntese dos tipos de selo e de dimensões LEED avaliadas, e suas pontuações:

| Dimensões avaliadas | Pontuação máxima nos tipos de selo LEED | | | | | | | |
|--------------------------------|---|----------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|---------|-----------|
| | Novas construções e grandes reformas | Edifícios existentes | Interiores comerciais | Envoltória e estrutura principal | Lojas de varejo NC | Lojas de varejo CI | Escolas | Hospitais |
| Espaço sustentável | 26 | 26 | 21 | 28 | 26 | 21 | 24 | 18 |
| Uso racional de água | 10 | 14 | 11 | 10 | 10 | 11 | 11 | 9 |
| Energia e atmosfera | 35 | 35 | 37 | 37 | 35 | 37 | 33 | 39 |
| Materiais e recursos | 14 | 10 | 14 | 13 | 14 | 14 | 13 | 16 |
| Qualidade ambiental interna | 15 | 15 | 17 | 12 | 15 | 17 | 19 | 18 |
| Inovação e processo do projeto | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Créditos regionais | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Total de pontuação do projeto | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |

Tabela 3 - Pontuação LEED.
Fonte: <https://www.gbcbrasil.org.br>

De acordo com Silva (2003) o LEED é provavelmente o método disponível mais amigável enquanto ferramenta de projeto, pois se fundamenta em uma racionalização de consumo, o que facilita a sua incorporação à prática profissional. O objetivo do LEED é acelerar a adoção das práticas dos Edifícios Verdes (GBC BRASIL, 2011).

Segundo o GBC Brasil, o edifício verde faz sentido econômico, já que o investimento para tal vem diminuindo e há redução dos custos de funcionamento e de manutenção.

As construções LEED, os chamados *Green Buildings*, conforme descrição, ainda, do GBG Brasil, devem possuir: eficiência energética e hídrica, qualidade ambiental interna e promover a conservação de materiais e recursos.

Entretanto, alguns estudos questionam como são avaliados e certificados os edifícios pelo sistema de classificação LEED, pois o consideram uma abordagem simples de “caça aos pontos”, como foi citado por Shaviv, na 25ª Conferência sobre Arquitetura Passiva e de Baixa Energia, que aconteceu em Dublin, em 2008, quando

levantou também a polêmica a respeito da possibilidade de se obter um selo LEED sem a necessidade de economizar energia, destacando que apenas para os selos LEED Gold ou Platinum é que se exige um melhor desempenho energético do edifício.

De acordo com o LEED, a eficiência energética pode ser atingida apenas melhorando os sistemas elétricos, mecânicos e de água quente. O método não exige que o projeto arquitetônico seja elaborado tendo como parâmetro os aspectos bioclimáticos e a implementação de técnicas passivas para conforto térmico.

O LEED, conforme Shaviv (2008), coloca todos os recursos de economia de energia em uma mesma cesta e define o seu padrão sem que haja necessidade de um bom projeto arquitetônico, o que resulta em projetos que na realidade não proporcionam eficiência energética. Shaviv ainda acrescenta que, para se obter um projeto consciente de energia, os sistemas mecânicos e de água quente devem ser tratados separadamente porque os edifícios são projetados para durarem 50 anos, enquanto que esses sistemas duram geralmente menos da metade deste tempo.

Um artigo publicado na Forbes, diz que o LEED não exige que os edifícios provem que estão à frente da curva de eficiência em energia e água e que não há nenhum acompanhamento do edifício depois de certificado. Alguns estudos, como os que foram elaborados pelo Instituto para Pesquisa em Construção em Ottawa, no Canadá, chegaram a conclusão que os edifícios com certificação LEED são frequentemente menos eficientes em termos energéticos do que os seus análogos não certificados, mesmo em Washington, D.C., o próprio quintal do Conselho de Edifícios Verdes dos EUA.

“Proprietários e usuários dos edifícios com certificação LEED, assim como o público em geral, vêm se tornando cada vez mais conscientes de que os edifícios certificados por esse sistema não representam o modelo de sustentabilidade ambiental que se acreditava ser e realizar.” (Gonçalves; Bode, 2015, p. 539)

Estudos realizados por Scofield (apud Gonçalves 2015) concluíram que não há evidências de que “a certificação LEED tenha coletivamente diminuído o consumo de energia dos edifícios estudados, seja ela a consumida durante a construção ou a operação dos edifícios.”

Além destas questões relacionadas a energia, que é o foco deste estudo, é importante também destacar que, uma construção, como já foi referido anteriormente,

só é de fato sustentável, quando minimiza os impactos ambientais em todo o ciclo de vida do edifício, abrangendo desde a concepção do projeto, a construção, seu uso e manutenção até, por fim, chegar a demolição.

3.3.3. Etiqueta PBE EDIFICA

O Inmetro e do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), lançou o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) em fevereiro de 2009, estabelecendo os parâmetros para a definição do nível de eficiência de um edifício e posterior fornecimento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Essa iniciativa veio atender à Lei nº 10.295, a primeira lei de eficiência energética no Brasil, que dispõem sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e que foi regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de outubro de 2001. Esse decreto estabeleceu a criação de “níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas”, assim como a necessidade de “indicadores técnicos e regulamentação específica”, para estabelecer a obrigatoriedade dos níveis de eficiência no país.

Visando a redução da demanda e do consumo dos sistemas elétricos das instalações prediais públicas, a Etiqueta PBE Edifica, outorgada pelo Inmetro, possibilita determinar o potencial de economia de energia de uma edificação, ou seja, o seu nível de eficiência energética. O programa visa a implementação de medidas de eficiência energética e a difusão da informação junto aos agentes envolvidos com a administração pública.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é obtida pela avaliação dos requisitos contidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C. A etiquetagem do edifício é voluntária e aplicável a edifícios com área útil superior a 500m² ou atendidos por alta tensão. Pode ser emitida uma etiqueta para o edifício completo ou para parte deste. Ela é dita parcial quando referente à envoltória ou

combinando a envoltória com um dos outros dois sistemas – iluminação ou condicionamento de ar.

O RTQ-C apresenta os critérios para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício através de classificações parciais da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar. A Etiqueta PBE Edifica (Figura 4) classifica o desempenho da eficiência energética dos edifícios de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).



Figura 4 - Modelo de etiqueta PBE Edifica.
Fonte: www.pbeedifica.com.br

O processo de etiquetagem é composto de duas etapas consecutivas: inspeção de projeto e inspeção da edificação construída. Ao fim das quais são emitidas a ENCE de projeto e a ENCE da Edificação Construída, respectivamente. Para as edificações existentes, o processo de etiquetagem é o mesmo, porém é permitida apenas a ENCE da Edificação Construída. A inspeção de projeto pode ser feita segundo dois métodos: prescritivo e simulação termoenergética, enquanto a inspeção da edificação construída deve ser feita através da inspeção *amostral in loco*.

O método prescritivo avalia os sistemas através de parâmetros pré-definidos ou que necessitam de cálculo para uma avaliação final da eficiência energética da edificação. Ele foi estabelecido a partir de um conjunto de regras gerais que se enquadram algumas tipologias mais usuais construídas no país.

O cálculo é feito através de equações e tabelas que limitam parâmetros da edificação de acordo com a classe de eficiência energética. Como segue essa

tipologia padrão, este método passa a ser mais generalista, e acaba tendo algumas limitações, principalmente referentes à volumetria. A outra opção seria o método de simulação que se baseia na simulação termoenergética de dois modelos computacionais representando duas edificações: um modelo da edificação real (edificação proposta em projeto) e um modelo de referência, este último baseado no método prescritivo. A classificação é obtida comparando-se o consumo anual de energia elétrica simulado para os dois modelos, sendo que o consumo do modelo do edifício real deve ser menor que do modelo de referência para a classe de eficiência pretendido.

Os dois métodos (prescritivo e simulação) também podem ser feitos de maneira combinada entre os sistemas avaliados: envoltória, sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar e as bonificações. Estas últimas são facultativas.

Os edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados quanto ao desempenho de sua envoltória, e de seus sistemas de iluminação e condicionamento de ar. Podendo receber uma etiqueta geral, quando os três itens são avaliados, ou parcial, quando a envoltória é avaliada separadamente ou combinada com um dos outros dois sistemas.



Figura 5 - Etiqueta para Edifícios Públicos
Fonte: www.pbeedifica.com.br

Opcionalmente é possível avaliar outros itens da edificação que contribuem para o seu desempenho energético, como uso racional de água e emprego de inovação tecnológica, e receber uma bonificação na classificação da ENCE.

Para obtenção da etiqueta são avaliados os seguintes aspectos:

A. Envoltória

Segundo o manual RTQ-C, a envoltória de uma edificação é definida como planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, trata do sistema construtivo, acima do nível do solo, como paredes, lajes e coberturas, onde são avaliadas as características dos materiais utilizados e sua localização na fachada. (ELETROBRAS/PROCEL, 2013). Basicamente, este tipo de avaliação está relacionado ao desempenho térmico da edificação, o que também depende da localização geográfica da mesma (zoneamento bioclimático).

B. Iluminação

O Sistema de Iluminação avalia a densidade de potência instalada de iluminação (DPI). A definição do nível de eficiência é feita com base em pré-requisitos e cálculos de densidade de potência utilizada no sistema de iluminação. Os pré-requisitos dizem respeito à divisão dos circuitos, o aproveitamento de luz natural e o desligamento automático.

C. Sistemas de Condicionamento de Ar

O sistema de condicionado de ar, segundo Araújo (2013): “é o conjunto de processos empregados para se obter, por meio de equipamentos em recintos fechados, condições específicas de conforto e de boa qualidade do ar, adequadas ao bem-estar dos ocupantes. ”

Sistemas de Condicionamento de Ar, quando composto por equipamentos avaliados pelo PBE, tem seu nível de eficiência determinados pela eficiência dos equipamentos.

Existem bonificações que são relativas ao uso de sistemas que aumentem a eficiência da edificação, tais como: uso de fontes renováveis de energia e aproveitamento de águas pluviais.

Segundo o RTQ-C, há avaliação de pré-requisitos para cada dimensão avaliada e bonificações, em função de estruturas e ações que contribuam para o desempenho eficiente da edificação (ELETROBRAS/PROCEL, 2013).

O Selo Procel Edificações pode ser utilizado como caminho alternativo para a comprovação do atendimento ao pré-requisito de desempenho energético mínimo no processo de obtenção da certificação internacional de construções sustentáveis LEED - Leadership in Energy and Environmental Design. O critério de equivalência é válido para edificações comerciais, públicas e de serviços localizadas em todo o território nacional, exceto as destinadas à assistência médica, data centers, instalações industriais, armazéns e laboratórios.

A Etiquetagem de Edificações - PBE Edifica - é utilizada como referência, pela Certificação AQUA, para avaliação das edificações residenciais e não residenciais, onde é possível utilizar critérios do PBE Edifica para avaliação AQUA.

Os regulamentos RTQ-R e RTQ-C são utilizados como parâmetro para alguns requisitos a serem atendidos para os níveis de eficiência energética de edificações do AQUA conforme cada tipologia avaliada. Para as edificações comerciais, de serviços e públicas, a equivalência pode ser encontrada nas categorias “Gestão de Energia” e “Conforto Higrotérmico” do referencial QAE. Assim, se o empreendimento atender aos requisitos destas categorias exigidas pela certificação AQUA, conseqüentemente estará atendendo aos requisitos do RTQ-C.

Quanto à energia, que diz respeito principalmente ao desempenho dos equipamentos energéticos e ao desempenho do sistema de regulação instalado, as exigências são:

1. Conhecer o consumo de energia primária devido ao aquecimento, ao resfriamento, à iluminação, ao aquecimento da água, à ventilação e aos equipamentos auxiliares;
2. Conhecer o consumo de energia dos aparelhos não levados em conta na exigência anterior, como: equipamentos eletromecânicos, dos equipamentos de produção de calor e/ou frio para os processos e da iluminação;
3. Garantir que o recurso às energias renováveis locais foi estudado e eventualmente aplicado, se verificada sua viabilidade.
4. Conhecer a influência do sistema de regulação instalado no desempenho energético do edifício.

Quanto ao conforto higrotérmico, que visa principalmente otimizar os diferentes parâmetros que condicionam um conforto agradável para os ocupantes: temperatura, higrometria, velocidade do ar e máximo de horas de desconforto nos espaços não climatizados, são exigidos:

1. Disposições arquitetônicas visando a otimizar o conforto higrotérmico, no inverno e no verão;
2. Criação de condições de conforto higrotérmico no inverno;
3. Criação de condições de conforto higrotérmico no verão em áreas que não disponham de sistema de resfriamento;
4. Criação de condições de conforto higrotérmico no verão em áreas que disponham de sistema de resfriamento.

Vale destacar que, o processo de etiquetagem e as certificações ambientais indicam procedimentos, baseados em boas práticas e em dados a respeito da degradação que uma construção pode gerar, o que os tornam capazes de direcionar as ações dos agentes envolvidos que geram um ganho ambiental, um grande passo na direção do desenvolvimento sustentável. Entretanto, esses modelos, apesar de ter suas vantagens, são na maioria das vezes, caros, demorados e não avaliam as edificações de uma forma geral.

E levando em consideração as características bioclimáticas de cada região, algumas vezes o desempenho esperado em termos de conforto térmico e eficiência energética fica comprometido. Por isso, é tão importante que os arquitetos e todos os envolvidos no processo de projeto, desde o planejamento, se atentem para as estratégias bioclimáticas ideais e indicadas para cada local, para cada projeto.

3.4. A Importância do Projeto Bioclimático

Durante algum tempo a evolução da tecnologia, com novos sistemas artificiais de iluminação e condicionamento de ar, e a disponibilidade de energia barata, permitiu ao arquiteto que ignorasse as características climáticas de cada região. A crise de energia da década de setenta e o abrupto impacto ambiental que o homem vem

causando à natureza ao longo dos anos trouxeram a necessidade de uma mudança de atitude por parte dos profissionais de projeto.

“Uma parte significativa do uso de energia em edificações está associada ao condicionamento de ar e à iluminação.” (Araújo, 1999, p.48).

A partir da década de 1970, o tema da arquitetura sustentável passou por um processo gradual de transformação, passando a englobar diversos aspectos do impacto ambiental da construção, como os derivados dos processos de industrialização dos materiais, a manutenção predial atrelada a busca por sistemas prediais mais eficientes.

Foi, também, na década de setenta que surgiu pela primeira vez o termo “projeto bioclimático” abordado pelos irmãos OLGYAY (1973), que estenderam a aplicação da climatologia aplicada à arquitetura às condições de conforto térmico humano.

É na fase de projeto da edificação que as decisões mais importantes ligadas ao consumo futuro da edificação são tomadas” (Araújo, 1999, p.48).

A incorporação dos princípios bioclimáticos ao processo de projeto desde sua concepção permite a implantação de sistemas passivos, procurando exaurir todas as possibilidades que esses sistemas oferecem. Os sistemas passivos de resfriamento, segundo GIVONI (1994), consistem em técnicas simples para a diminuição da temperatura interna através do uso de fontes de energia naturais.

A incorporação desses princípios de uma forma compreensível e completa é expressa por uma arquitetura que, segundo TOMBAZIS (1995), é sensível ao local, a sustentabilidade, ao clima, às lições da simplicidade e beleza aprendidas com as lições do senso comum do vernacular, e às necessidades e aspirações dos seres humanos.

Pode-se dizer que é unânime o pensamento de que está na hora do arquiteto ampliar seus horizontes, “...permitindo que as especificidades de cada local aflorem como condicionantes a serem respeitados em uma linguagem arquitetônica adequada, e enriquecendo a arquitetura brasileira com tipologias diferenciadas e próprias” (LAMBERTS et al, 2004).

Uma arquitetura para ser eficiente deve combinar as estratégias passivas e ativas para a obtenção de um melhor conforto ambiental. Estratégias passivas, como ventilação natural, iluminação natural, resfriamento evaporativo etc, não utilizam energia elétrica para obtenção de conforto. Estratégias ativas, ar-condicionado, iluminação natural, boilers, aquecedores diversos etc, por outro lado, necessitam de energia elétrica para gerar conforto (LAMBERTS, 2014).

A arquitetura deve assumir o papel que sempre teve, que é o de minimizar os efeitos climáticos e não de intensificá-los e agravá-los, como vem acontecendo em tão larga escala na arquitetura contemporânea. Entendendo melhor o clima da região é possível evitar, ou pelo menos minimizar aspectos ambientais indesejáveis, como ventos fortes, altas temperaturas, poluição do ar e outros. Para tanto, é necessária a compreensão das variáveis que compõem o clima e do grau de influência de cada uma delas sobre o ambiente construído.

Segundo Araújo (1999, p.23) “Adequar a arquitetura ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto. À arquitetura cabe amenizar as sensações de desconforto impostas pelos diversos climas.”

Desde a antiguidade, o clima tem se mostrado, como um dos elementos-chave, para proporcionar conforto e economia de energia, no projeto e na construção da habitação do homem, conforme Mascaró, que ainda destaca que até poucos anos atrás a luz natural era o meio econômico de iluminar os edifícios, além de sugerir o uso de elementos de decoração, como as persianas e venezianas, que de acordo com a necessidade, podem controlar a entrada de ar quente, permitir a ventilação e a iluminação (Máscaró, 1986, apud Araújo, 1999, p. 12).

Romero (apud Araújo, 1999, p.13) “diz que para cada região climática existem princípios de desenho que favorecem o conforto e o desempenho dos espaços construídos.”

Os processos de interação do clima com a edificação podem ser explorados pelo arquiteto, através de estratégias bioclimáticas, proporcionando melhores condições de conforto térmico nos ambientes e menores gastos energéticos.

Edificações eficientes pressupõem estratégias bioclimáticas de baixo consumo energético e alto conforto térmico para o usuário.

Nos setores comerciais e públicos, a utilização de sistemas naturais de condicionamento é uma alternativa para a economia de energia. Como a geração interna de calor nos edifícios deste setor é geralmente muito grande (pessoas, iluminação, equipamentos), provavelmente o aproveitamento dos recursos naturais pode não atender integralmente às necessidades de conforto.

A adequação do projeto ao clima, balanceando os recursos naturais e os sistemas artificiais, minimiza a dependência dos equipamentos de climatização, contribuindo para eficiência energética. Haja visto que, grande parte da energia é consumida na obtenção de conforto ambiental, tanto nos sistemas de iluminação, que em torno de 20% a 35%, quanto nos sistemas de climatização, que consomem cerca de 40% a 55% do total de energia que é gasto por um edifício.

Porém, ainda existe um longo caminho a percorrer para que os princípios bioclimáticos sejam totalmente aceitos e incorporados ao projeto.

3.4.1. Estratégias bioclimáticas de projeto:

As estratégias bioclimáticas são soluções que podem ser aplicadas aos projetos arquitetônicos, por meio da escolha de alternativas que proporcionem melhores condições ambientais às edificações. Devem ser definidas no estudo preliminar do projeto, desde a concepção do partido arquitetônico, tendo como instrumento norteador o Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

3.4.2. Aquecimento solar passivo

Consiste na aplicação da radiação solar direta para aquecimento ambiental de uma edificação, que pode ser direto ou indireto.

O aquecimento solar direto ocorre através das aberturas ou superfícies envidraçadas, que recebem os raios solares. A radiação ao passar pelas superfícies envidraçadas é absorvida e refletida pelas superfícies internas na forma de onda longa, permanecendo no interior da edificação, causando o chamado efeito estufa.

Nas regiões mais frias, para manter esse aquecimento interno nas edificações é possível utilizar janelas de maior resistência térmica com vidros duplos, cortinas e ainda, isolamento térmico externo nas paredes.

Já o aquecimento solar indireto é usado juntamente com a estratégia de alta inércia térmica, onde são utilizados componentes de elevada capacidade térmica, que retêm o calor absorvido pela a exposição direta dos raios solares, liberando-o lentamente para o interior do ambiente quando as temperaturas internas tornam-se inferiores.

3.4.3. Inércia térmica para aquecimento ou para resfriamento

Componentes de alta inércia térmica são como um tipo de bateria térmica, absorvendo calor no verão para manter a edificação confortável e no inverno, quando adequadamente aplicados, armazenam o calor para liberá-lo no período noturno, com o objetivo de manter a edificação aquecida. A elevada inércia térmica proporciona a diminuição das amplitudes térmicas internas e um atraso térmico no fluxo de calor causado pela sua propriedade de armazenar calor, isso faz com que a temperatura interna nas edificações apresente uma diferença em relação a temperatura no ambiente externo.

Essa é uma estratégia muito positiva para as regiões de clima mais seco onde há uma grande amplitude térmica, ou seja, uma diferença muito grande (acima de 7 graus Celsius) de temperaturas diurnas e noturnas. Em lugares de climas quentes e úmidos, o resfriamento passivo costuma ser mais eficiente em edificações com pequena inércia térmica.

A inércia térmica total de uma edificação só é possível com o uso de materiais de elevada capacidade térmica, tais como o concreto e alvenaria cerâmica, que devem incorporar o projeto.

3.4.4. Sombreamento

O sombreamento é uma estratégia de proteção solar para evitar o aquecimento através do envelope da edificação, que deve ser projetada a fim de evitar os ganhos solares nas épocas e períodos mais quentes, porém sem impedir esses ganhos nos

períodos frios e sem atrapalhar a iluminação natural das aberturas, para que seja eficiente.

Para se obter um bom resultado com essa estratégia faz-se necessário realizar o estudo da insolação, por meio da geometria solar de verão e de inverno, levando-se em consideração o local de implantação do edifício.

3.4.5. Ventilação Natural

Os sistemas passivos de ventilação são baseados nas diferenças de pressão atmosférica, para que haja a movimentação do ar pelos ambientes da edificação, que podem ser provocadas pelo vento ou por diferenças de temperatura, que caracterizam os principais tipos de ventilação passiva, que são: a ventilação cruzada e a ventilação por efeito chaminé. Ambas podem ser utilizadas de forma conjunta nos projetos.

Na ventilação cruzada são utilizados os efeitos de pressão que o vento exerce na edificação, que pode ser positiva ou negativa. Este tipo de ventilação acelera as trocas de ar por convecção e eleva os níveis de evaporação, proporcionando, respectivamente, a retirada do calor interno dos ambientes e a melhoria da sensação térmica dos usuários.

No efeito chaminé, também, são explorados os tipos de pressão do ar. O ar mais frio é mais denso e exerce pressão positiva, o ar mais quente é menos denso, tendendo a subir por exercer baixa pressão, ocorrendo assim correntes de convecção.

Para obtenção de ambientes com conforto adequado, por meio da aplicação desta estratégia, deve-se levar em conta o padrão de uso da edificação, o clima local, os ventos e suas condições, tanto em função do relevo quanto com relação às obstruções que possam existir no entorno. E ainda, os espaços internos e o tamanho e posição das aberturas.

3.4.6. Ventilação Híbrida

Ventilação híbrida, também identificada como ventilação mista é uma estratégia mais recente, em que se aplica a alternância entre o uso da ventilação natural e do condicionamento artificial, ou seja, do uso de ventilação mecânica.

3.4.7. Resfriamento Evaporativo

O resfriamento evaporativo é baseado no processo de evaporação da água, que retira calor do ambiente onde a evaporação ocorre. A intensidade de resfriamento é proporcionada pela velocidade da evaporação, ou seja, quanto mais rápido acontece esse processo maior é a queda de temperatura. Em ambientes abertos, a taxa de evaporação tem velocidade diretamente proporcional a área superficial da água e a velocidade do ar, sendo mais rápida quanto maiores forem essas áreas e inversamente proporcional a umidade relativa do ar, que quanto menor for mais rápido ocorrerá a evaporação.

Essa é uma das estratégias mais antiga e eficiente para proporcionar conforto térmico, refrigerando passivamente um edifício em climas secos. O resfriamento passivo pode ser direto ou indireto.

No resfriamento direto o ar é umidificado ao mesmo tempo que sua velocidade é diminuída, para que ocorra a evaporação de maneira controlada no ambiente para conseguir a melhoria da qualidade do ar. Esse sistema deve ser aplicado juntamente com os sistemas de ventilação.

No sistema de resfriamento indireto, ao contrário do anterior, o ar não é umidificado, mas sim resfriado evaporativamente, ao passar por um trocador de calor resfriado e depois é inserido de forma mecânica no interior do edifício.

Para atender as necessidades de um projeto e se obter um melhor resultado, estas estratégias são utilizadas em conjunto, como por exemplo, a associação de: resfriamento evaporativo com inércia térmica para resfriamento; resfriamento evaporativo com inércia térmica para resfriamento e ventilação natural; entre outras.

Essas estratégias fazem parte do escopo de um tipo de arquitetura chamada de bioclimática, arquitetura esta, que adquiriu muita importância no conceito de sustentabilidade, devido a relação intrínseca com o conforto ambiental e o consumo de energia.

3.5. Conforto Ambiental

O conforto ambiental tem um papel de suma importância nas decisões de projeto, principalmente quando se trata de uma procura por diminuir o consumo de energia e gerar satisfação e produtividade aos usuários.

O conceito de conforto ambiental abarca vários outros: conforto térmico, conforto luminoso, conforto acústico.

O conforto térmico está ligado as sensações de calor ou frio, define-se como “a sensação do organismo quando perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo, sem recorrer a nenhum mecanismo termorregulador.” (Romero e Sales, p.241).

“Conforto térmico dentro de um espaço é a condição em que a maior quantidade de pessoas está satisfeita, não preferindo outro ambiente nem mais quente ou nem mais frio” (Araújo, 1999, p.16)

Sobre o conforto luminoso ou visual, diz-se que está relacionado à “existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e risco de acidentes.” (Lamberts, 1997, apud Romero, p. 254)

O conforto acústico ou sonoro diz respeito às sensações causadas pelo som, que deve ser objeto de preocupação e aplicação de soluções, em um projeto arquitetônico, para minimizar os efeitos negativos que este pode causar aos ocupantes do espaços.

O conforto ambiental e a eficiência energética estão diretamente relacionados à arquitetura sustentável. Dentro do contexto atual na sustentabilidade, o uso racional da energia e a qualidade ambiental de projeto são premissas indispensáveis.

“A Arquitetura sustentável é a continuidade mais natural da Bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que quer criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrando as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o

conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as próximas gerações.” Corbella e Yannas (2003, p. 17)

Podemos dizer que é unânime o entendimento de que os edifícios devem consumir cada vez menos energia, porém mantendo um nível adequado de qualidade e conforto ambiental aos usuários. E essa qualidade ambiental, como já descrito anteriormente, diz respeito ao atendimento aos padrões de conforto ambiental (térmico, luminoso e sonoro), que são estabelecidos por meio de normas e legislações.

Vários países no mundo possuem legislação e/ou normas para regular o consumo energético e o conforto ambiental dos edifícios. Estas normas e leis são ligadas à edificação e aos equipamentos responsáveis pelo uso final de energia e dependem de estratégias relacionadas a cada clima. Fernandes e Amorim (2016, p. 237)

No Brasil, temos algumas normas relacionadas ao conforto ambiental, que são: a NBR 15220, que trata do desempenho térmico de edificações; a NBR 15215, sobre iluminação natural; as normas NBR 12179 sobre tratamento acústico em recintos fechados e a NBR 15575 sobre desempenho de edificações habitacionais de até cinco pavimentos.

Vale destacar que, a arquitetura modernista brasileira, estilo predominante em Brasília e do edifício que é objeto deste estudo de caso, durante o período de 1930 a 1960, já apresentava características de arquitetura bioclimática, com a aplicação de estratégias de projeto para o conforto ambiental, tais como: uso de quebra-sóis e cobogós. Entre os arquitetos brasileiros que se destacaram nessa época, Lúcio Costa, autor do projeto urbanístico de Brasília, foi um dos que profissionais que há anos, já defendia a importância da compreensão das necessidades da arquitetura sustentável e empregava na concepção de seus projetos, estratégias e técnicas nesse sentido.

Considerando a importância do conforto e da eficiência energética dentro do conceito de sustentabilidade, autores como Gonçalves, J. C. S.; Duarte, D. H. S. (2006) descrevem que desde a fase conceitual, da definição do partido arquitetônico, os projetos devem incluir a análise dos seguintes pontos:

(a) orientação solar e aos ventos; (b) forma arquitetônica, arranjos espaciais, zoneamento dos usos internos do edifício e geometria dos espaços internos; (c) características, condicionantes ambientais (vegetação, corpos d'água, ruído, etc.) e tratamento do entorno imediato; (d) materiais da estrutura, das vedações internas e externas,

considerando desempenho térmico e cores; (e) tratamento das fachadas e coberturas, de acordo com a necessidade de proteção solar; (f) áreas envidraçadas e de abertura, considerando a proporção quanto à área de envoltória, o posicionamento na fachada e o tipo do fechamento, seja ele vazado, transparente ou translúcido; (g) detalhamento das proteções solares considerando tipo e dimensionamento; e (h) detalhamento das esquadrias.”

A aplicação de cada um ou de um conjunto destes pontos, estratégias, deve ser realizada por meio da avaliação das condições climáticas, das exigências do uso e ocupação e também dos parâmetros de desempenho, sempre tendo como prioridade as necessidades humanas.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997, apud Fernandes e Romero, 2016, p.283) a arquitetura deve ser vista como um produto em que há a necessidade de se ter eficiência energética. E o conceito de eficiência energética para estes autores é “a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia”, nesse caso, um edifício que proporcione as mesmas condições ambientais que outro com menor consumo de energia.

3.6. Eficiência energética no Brasil

Se tratando de eficiência energética, a aplicação de técnicas que contribuem para sua melhoria é muito importante, visto que, as edificações residenciais, comerciais e as destinadas ao poder público, que são objeto deste estudo, representam grande parte da parcela do consumo de energia elétrica no Brasil, cerca de 50,5%, segundo o Balanço Energético Nacional 2019 – ano base 2018, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética.

Dados publicados pela Eletrobrás-Procel em 2019, demonstram mais da metade da energia elétrica produzida no Brasil é consumida pelas edificações, principalmente nos sistemas artificiais, como iluminação, climatização e de aquecimento de água, que são utilizados para proporcionar conforto aos seus usuários.

Conforme Carlo (2008), a economia de energia esperada pode ser alcançada de duas maneiras: por meio das normas e regulamentações, que são obrigatórias e possuem um percentual mínimo de eficiência a ser atingido ou através de programas de certificação, que apesar de serem voluntários, buscam promover um alto desempenho.

Por outro lado, estima-se o potencial técnico de economia em edificações em torno de 35%, quando se considera a eficiência energética nas edificações desde a fase de projeto. De acordo com Viggiano (2012), é possível implantar os conceitos de construção sustentável nas obras públicas, desde que os projetos contemplem os requisitos de sustentabilidade e que os editais para as licitações públicas das obras sejam preparados de maneira correta, especificando os itens necessários.

Lamberts (2004) retrata que o desperdício de energia para obtenção de conforto ambiental, está relacionado às falhas nos projetos, que não incorporam os avanços ocorridos em termos de arquitetura bioclimática, materiais e tecnologias construtivas.

Para nortear os projetistas existem estratégias bioclimáticas de projetos, que estabelecem critérios e medidas fundamentadas nas condições climáticas de cada país ou região e que devem ser adotadas com o objetivo de atingir um patamar de eficiência em todos os níveis da construção, principalmente durante sua ocupação e manutenção.

A utilização racional de energia, chamada simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

O desenvolvimento tecnológico é preponderante no processo de mudanças radicais que ocorrem nas sociedades humanas. Com a continuidade do desenvolvimento econômico e tecnológico evidencia-se as incertezas em relação ao conhecimento dos impactos ambientais resultantes do crescimento econômico. São muito preocupantes os danos causados pela geração e uso de energia para operacionalidade complexa das cidades.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) estabeleceu a necessidade de reduzir o consumo de energia dos edifícios em 60% até 2050, em todo o mundo. A eficiência energética tornou-se fundamental na busca da redução do consumo de energia, com reflexos na sua geração e nos impactos causados ao meio ambiente.

Conforme dados divulgados no site do *WORLD ENERGY COUNCIL* – WEC, a principal motivação para a introdução das políticas de eficiência energética de longo prazo é o aquecimento global e, até certo ponto, a preocupação com a segurança energética decorrente do possível esgotamento das reservas de petróleo e gás entre 2030 e 2050.

Nessa direção, o estudo conduzido pelo *WORLD ENERGY COUNCIL* sobre políticas energéticas, em um cenário para 2050, conclui que, para responder à demanda de energia de todos os habitantes do Planeta, a oferta de energia deve dobrar até 2050.

Desta forma, o ritmo crescente da população e da demanda de energia tanto para manter o padrão de consumo e produção de países desenvolvidos, como para o crescimento econômico de países em desenvolvimento, a eficiência energética tornou-se uma preocupação mundial.

Vale ressaltar que a preocupação com o aumento da demanda por energia se deve não só ao uso intensivo dos recursos naturais e aos impactos associados à sua exploração, mas também aos custos econômicos e ambientais para gerar a energia necessária.

3.6.1. Energia – Consumo e Perspectivas

Na Administração Pública brasileira, o Ministério de Minas e Energia (MME) é a instituição responsável por formular os princípios básicos e definir as diretrizes da política energética nacional. Como subsídio, o MME promove, por meio de seus órgãos e empresas vinculadas, diversos estudos e análises orientadas para o planejamento do setor energético. Na sequência das mudanças institucionais ocorridas no setor energético ao longo dos últimos 15 anos, foi criada, em 2004, a Empresa de Pesquisa Energética – EPE vinculada ao MME.

A EPE é uma empresa pública, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, e do Decreto nº 5.184, de 16 de agosto de 2004. Sua finalidade é prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética,

dentre outras. A Lei nº 10.847, em seu Art. 4º, inciso II, estabelece entre as competências da EPE a de elaborar e publicar o Balanço Energético Nacional – BEN.

O relatório consolidado do Balanço Energético Nacional – BEN documenta e divulga, anualmente, extensa pesquisa e a contabilidade relativas à oferta e consumo de energia no Brasil, contemplando as atividades de extração de recursos energéticos primários, sua conversão em formas secundárias, a importação e exportação, a distribuição e o uso final da energia.

De acordo com Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018, ano-base 2017, publicado pela EPE, em 2017, após dois anos de queda, o consumo de eletricidade no país cresceu 1,2% em relação a 2016, alcançando 467 TWh, mantendo o Brasil entre os dez maiores consumidores do mundo.

As regiões Sul e Centro Oeste lideraram o crescimento, com taxas de 3,1% e 2,4%, mas a região Sudeste ainda segue sendo a região de maior participação no consumo do país, representando praticamente 50% do total.

O setor industrial é o maior consumidor, com quase 36% do total, seguido do setor residencial, com cerca de 29%. A capacidade instalada de geração no Brasil foi expandida em 4,5%, em mesma base de comparação, para a qual contribuiu majoritariamente a geração hidráulica.

Porém, a maior expansão proporcional ocorreu na geração solar, que fechou o ano de 2017 com uma potência instalada quase quarenta vezes superior à do ano anterior. No que diz respeito à eletricidade gerada, o crescimento foi de 1,6% entre 2016 e 2017, com as maiores altas na geração eólica (+26,5%) e à gás natural (+16,1%). A geração hidráulica, por outro lado, caiu 2,6%. Caíram também as emissões de gases de efeito estufa: -4,9% no Sistema Interligado Nacional e -5,1% na geração elétrica no país. De acordo com a interpretação dos dados publicados pela Empresa de Pesquisa Energética.

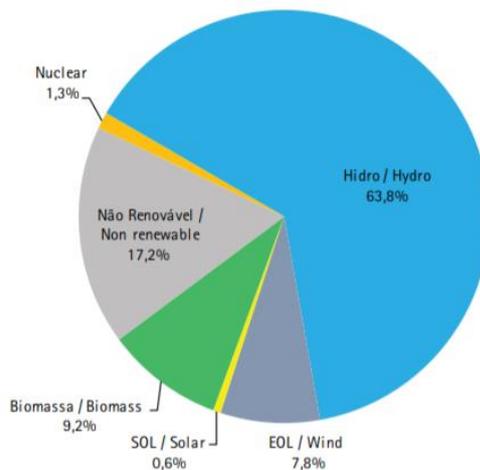


Figura 6 - Participação das fontes na capacidade instalada.
Fonte: BEN, 2018.

Na expansão da capacidade instalada, as centrais hidráulicas contribuíram com 3.350 MW ou seja 49,5% do total adicionado, enquanto as eólicas responderam por outros 2.159 MW equivalente à 31,9% da capacidade adicionada. Destaque para a evolução potência instalada da energia solar fotovoltaica que atingiu com 935 MW em 2017 contra 24 MW em 2016.

Oferta Interna por Energia:

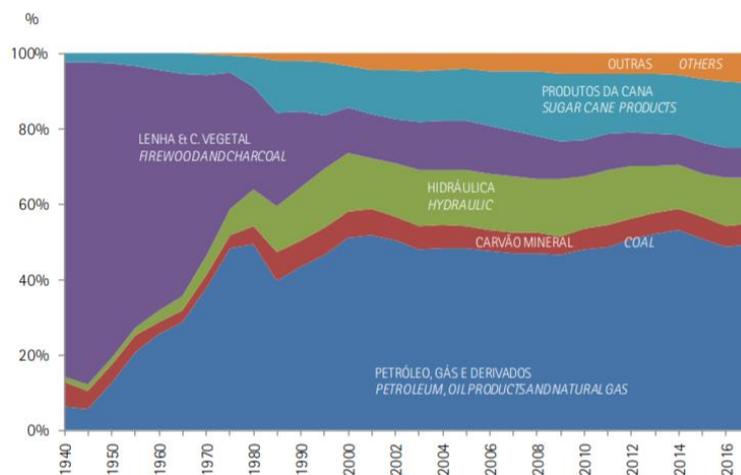


Figura 7 - Oferta Interna de Energia.
Fonte: BEN, 2018

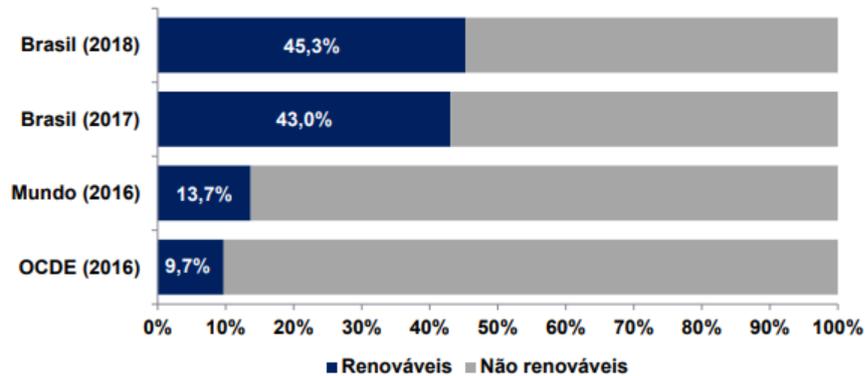


Figura 8 - Participação de Energias Renováveis na Matriz Energética
 Fonte: BEN 2019, Ano Base 2018.

A participação de energias renováveis na matriz energética no Brasil é percentualmente considerável, porém grande parte é obtida através da produção hidráulica, sendo que a produção por energia solar, que possui um grande potencial a ser explorado, ainda é insignificante. Considerando os dados divulgados no BEN 2019 (Ano base 2018) pela EPE, temos que 54,7% da oferta interna de energia – OIE advém de fontes não renováveis, sendo 34,4% de petróleo e derivados, 12,5 % de gás natural, 5,8% de carvão mineral, 1,4% de urânio e 0,6% de outras não renováveis. Enquanto a OIE a partir de fontes renováveis representa 45,3%, sendo 17,4% de biomassa de cana, 12,6% de usinas hidrelétricas (incluindo importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica), 8,4% de lenha e carvão vegetal e 6,9% de lixívia e outras renováveis.

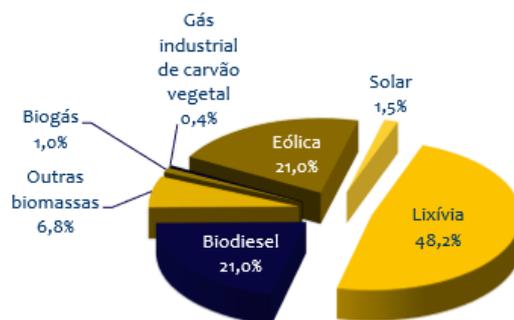


Figura 9 - Participação de Lixívia e Outras Renováveis na Matriz Energética
 Fonte: BEN 2019, Ano Base 2018

A lixívia negra (ou licor negro) que é usado como combustível é um fluido processual produzido à saída do digestor, um elemento que é responsável pela cozedura da madeira para retirar componentes indesejáveis, ou seja, é resultado da extração do processamento da madeira no processo de extração da celulose.

No gráfico acima, temos que a participação de “lixívia e outras renováveis” representa 6,9% na oferta interna de energia no Brasil, sendo que a produção de energia eólica é de 21%, a energia solar apenas 1,5% e a biomassa que participa com outras fontes, indica um percentual de 6,8%. Assim podemos perceber que há um grande potencial a ser explorado em termos de fontes de energia renováveis limpas no país. Apesar dos dados indicarem que houve um incremento na produção de energia através de fontes renováveis de 2009 até 2018, o valor ainda é pequeno perante ao potencial e a necessidade de exploração de energias limpas.

Fluxo de Energia Elétrica - BEN 2019 / ano base 2018

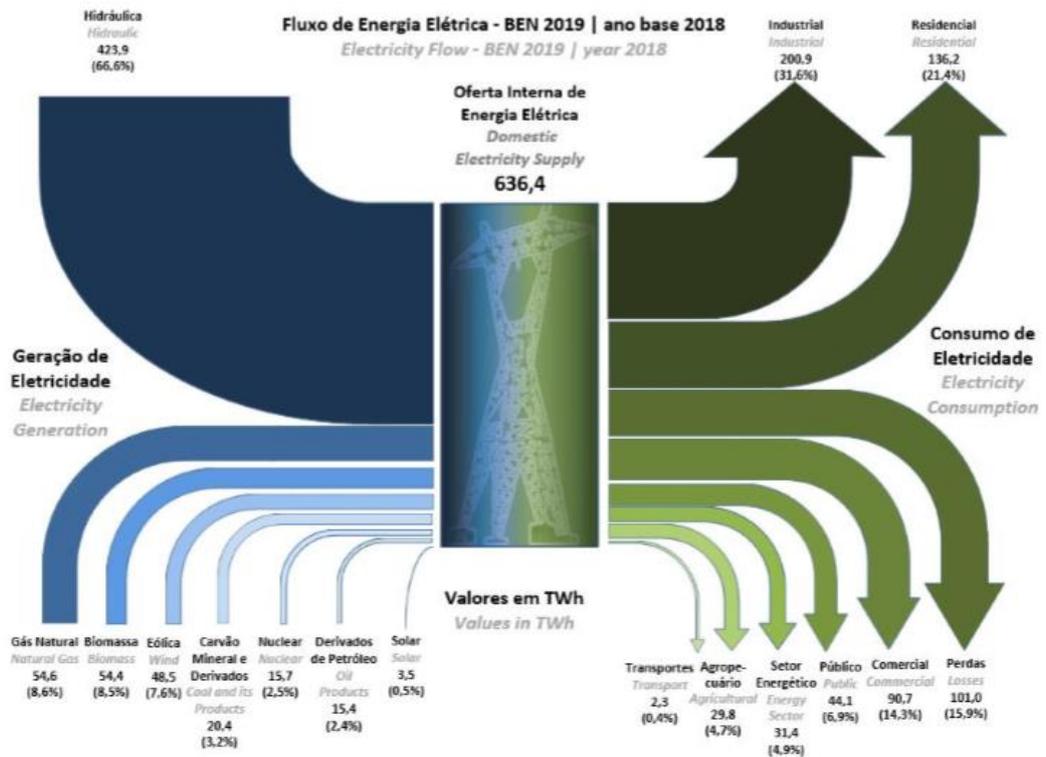


Figura 10 - Fluxo Energético
 Fonte: BEN 2019, Ano Base 2018

Participação do Setor Público no Consumo do Setor Energético:

| | | | | | | | | | | | % |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| FONTES | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | SOURCES |
| ÓLEO DIESEL | 2,7 | 2,7 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | DIESEL OIL |
| ÓLEO COMBUSTÍVEL | 2,4 | 2,4 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | FUEL OIL |
| ELETRICIDADE | 82,0 | 83,1 | 87,5 | 87,4 | 91,5 | 91,8 | 92,2 | 92,3 | 92,4 | 92,3 | ELECTRICITY |
| OUTRAS | 12,9 | 11,9 | 12,1 | 12,4 | 8,0 | 7,8 | 7,4 | 7,4 | 7,5 | 7,5 | OTHERS |
| TOTAL | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | TOTAL |

Tabela 4 - Participação do Setor Público.
Fonte: BEN, 2018.

Se observarmos os estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética do Ministério de Minas e Energia, podemos perceber que o no fluxo de energia elétrica, a energia hidráulica continua sendo a maior fonte e que os maiores consumidores são os setores: industrial e residencial. E apesar da participação do setor público não ser tão expressiva, o seu consumo de eletricidade tem aumentado nos últimos anos. E o Brasil, como país em desenvolvimento, deve se ater à essas questões e implementar políticas energéticas que contribuam para o desenvolvimento sustentável da sociedade.

De todas as opções de políticas energéticas, o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e a adoção da eficiência energética são, sem dúvida, os instrumentos mais afinados aos critérios do desenvolvimento sustentável.

De acordo com Sachs (1993), se desejarmos evitar o inevitável esgotamento do capital natural, tanto como fonte de recursos, quanto como sumidouro de resíduos, o processamento de energia e materiais deve ser contido. Há muitos anos que os estudos apontam que a eficiência energética, a energia renovável e o gás natural podem reduzir substancialmente as emissões de carbono, sem prejudicar economias ou estilos de vida.

Planejar o futuro elétrico do país de forma barata e inteligente é imprescindível. Em 14 de setembro de 2006, foi lançada em Brasília a proposta do relatório “Agenda Elétrica Sustentável 2020”. Foram apresentados três painéis: Brasil – energia elétrica e o desenvolvimento sustentável, Agenda elétrica sustentável – percepções e recomendações (visões governamentais) e Percepções e recomendações – visões do setor produtivo e da sociedade civil.

O estudo previa economia de R\$ 33 bilhões para os consumidores (WWF-Brasil), diminuição no desperdício de energia de até 38% da expectativa de demanda, geração de 8 milhões de empregos, estabilização nas emissões dos gases causadores do efeito estufa e a diminuição dos riscos de novos apagões, se o cenário Elétrico Sustentável fosse aplicado no Brasil até 2020. O trabalho foi desenvolvido por uma equipe de especialistas da Unicamp e balizado por uma coalizão de associações de produtores e comerciantes de energias limpas, grupos ambientais e de consumidores.

É notório que o tema sustentabilidade já foi muito discutido e em muitos momentos desacreditado, mas também é de conhecimento público que os recursos naturais estão se esgotando, que o excesso de poluição, de emissão de gases poluentes e de resíduos estão causando muitos danos que podem se tornar irreversíveis, assim, é sabido que a sustentabilidade ambiental tem se tornado uma premissa fundamental para a qualidade e a continuidade da vida humana.

3.7. Greenwashing

A partir das preocupações com o consumo de energia, que tiveram início na década de 1970, o tema da arquitetura sustentável evoluiu para outros aspectos do impacto ambiental, incluindo os impactos causados pelos processos de industrialização dos materiais, como já foi referido em outro capítulo desta pesquisa acadêmica.

Essas preocupações com os danos decorrentes dos processos de industrialização dos materiais fizeram surgir o chamado *Greenwashing*.

Greenwashing, é um termo em inglês, que pode ser traduzido como “lavagem verde”, é o nome que vem sendo utilizado para designar as estratégias de marketing, que estão sendo utilizadas por empreendedores e organizações com o objetivo de agregar valor aos seus produtos, promovendo uma imagem de serem ecologicamente/ambientalmente corretos, sustentáveis, *eco-friendly*, etc.

Entretanto, muitos desses produtos não atendem às premissas do conceito de sustentabilidade ambiental, não são fabricados da maneira correta, não cumprem com as normas, ou seja, utilizam o termo ecologicamente correto indevidamente, assim,

essa nova estratégia publicitária se tornou uma forma de maquiagem produtos, um jeito novo de se aproveitar de uma situação, levando a acreditar que o *greenwashing*, na verdade, é uma propaganda enganosa, que vem sendo aplicada não apenas para divulgar produtos, mas também para vender projetos e edifícios. Aqui, talvez, pudéssemos citar o Setor Noroeste, último setor habitacional que surgiu no Plano Piloto em Brasília, lançado há poucos anos e anunciado como um novo bairro totalmente sustentável, contudo, este seria um tema para uma nova pesquisa, que não cabe no escopo desta pesquisa, sendo citado apenas a título de exemplo.

Parece que tem sido habitual o vínculo entre a sustentabilidade e a publicidade de produtos, serviços, construções, que não tem nada de ambientalmente corretos, ou seja, fazem parte de uma manobra publicitária que se apropria inadequadamente do tema para ludibriando os consumidores.

Em termos de arquitetura e de sustentabilidade ambiental, o produto final deveria ser a síntese entre conceitos arquitetônicos, fundamentos do conforto ambiental, técnicas construtivas e a aclamada eficiência energética, tanto para um novo projeto quanto para a reabilitação de um edifício existente.

3.8. Retrofit: readequação (ambiental) do edifício

Retrofit, etimologicamente, significa movimentar-se para trás e ajustar-se. Em português, esse conceito pode ser pensado como “reconversão” ou “modernização” de uma construção, seja através de sua adaptação, atualização, customização ou requalificação.

É um termo atualmente em alta no mercado imobiliário e entre os profissionais envolvidos com arquitetura e engenharia, muito confundido com reforma, tem um significado mais amplo, consiste em promover melhorias nas edificações, uma requalificação tecnológica, adotando sistemas que proporcionem economia, que adequem ambientalmente o edifício.

Popularizado primeiro nos EUA e na Europa, esse tipo de intervenção é bastante associado à proteção do patrimônio histórico, que muitas vezes não permite mudanças em estruturas tombadas. O retrofit não só conserva a estrutura original da

construção, mas também adiciona modernidade em termos de matérias-primas ou equipamentos.

As alterações em edifícios existentes podem resultar em ganhos em termos de eficiência energética, redução do consumo de água, melhoria no conforto e na qualidade dos espaços em termos de iluminação, acústica, salubridade e bem-estar do usuário.

Esse tipo de intervenção é feito em edifícios para integrar melhorias e mudanças de uso que podem ser de naturezas muito variadas, como: a transformação completa da fachada, um novo projeto luminotécnico, atualização do sistema de ar-condicionado ou otimização de seu consumo, entre outros.

A norma de desempenho brasileira (NBR 15575-1) define retrofit como remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, pela incorporação de novas tecnologias e conceitos, o qual, normalmente visa valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e melhoria da eficiência operacional e energética.

Segundo o BEN - Balanço Energético Nacional, para a adequação arquitetônica o investimento exigido é de apenas 5% do total e proporciona uma das maiores economias de energia (23%). O rendimento é de 3 a 9 vezes superior ao dos outros investimentos, como a redução do desperdício, sistemas de controle e melhoria do rendimento de iluminação e ar condicionado.

Entre os profissionais envolvidos com eficiência energética, o termo *retrofit* é empregado para definir substituições, alterações em sistemas ligados ao consumo de energia elétrica visando a sua eficiência, seu melhor desempenho, com menor gasto, sem que haja perda de satisfação e conforto para o usuário.

Os *retrofits* energéticos geralmente se concentram na substituição de sistemas prediais que apresentam baixa eficiência energética, sejam por terem atingido o final da sua vida útil, ou por não atenderem mais a necessidade do programa arquitetônico, alterado em relação a concepção do projeto original.

O foco do *retrofit* está sempre em cumprir novos usos ou atender novas exigências técnicas e de normatizações. Com o viés, em muitas vezes, de revitalizar preservando os aspectos / componentes arquitetônicos e peças originais,

principalmente se tratando de edifícios tombados ou que fazem parte de um conjunto urbanístico e arquitetônico que seja patrimônio histórico, como é o caso do edifício que é objeto do estudo de caso.

3.9. Brasília – suas peculiaridades

A cidade de Brasília apresenta características bastante peculiares advindas do fato de ser uma cidade totalmente planejada inclusive no que diz respeito a sua localização. Uma das particularidades na escolha do local, foi a consideração das condições climáticas locais como critério de seleção. Em trecho do relatório elaborado pela missão Cruls relata-se “nutrimos, pois a convicção de que a zona demarcada apresenta a maior soma de condições favoráveis possíveis de se realizar, e próprias para nela edificar-se uma grande Capital, que gozará de um clima temperado e sadio, abastecida com águas potáveis abundantes,...” “...região situada no triângulo formado pelas três lagoas - Formosa, Feia e Mestra d’Armas, com chapadões elevados a mais de 1.000 metros, como nesta paragem requer, para a melhoria do clima a menor latitude, favorecidos com algumas serras mais altas da banda do norte, que não só os protegem de alguns ventos menos frescos deste lado, como lhes fornecerão, mediante a conveniente despesa, os necessários mananciais”. (COMISSÃO LUIS CRULS, 1998).

Quanto à questão arquitetônica foram privilegiados os critérios estéticos formais e não os aspectos funcionais e bioclimáticos. No relatório do Plano Piloto, COSTA (1995) argumenta ser necessário “conferir ao conjunto projetado o desejável caráter monumental”. Como consequência desta opção pela monumentalidade, os edifícios comerciais e públicos apresentam um resultado bastante plástico e escultural, porém deixando a desejar em alguns casos quanto às questões relacionadas as especificidades do clima local. Algumas características confirmam isso, como a predominância das fachadas de vidro e a orientação desfavorável, leste-oeste, da maioria dos edifícios públicos.

Para se obter um bom resultado arquitetônico é fundamental o estudo do clima local e a aplicação das estratégias bioclimáticas indicadas. Porém identifica-se em Brasília uma dificuldade na incorporação dos princípios bioclimáticos desde as etapas

iniciais de projeto e um dos obstáculos é a carência de dados climáticos atualizados voltados para o projeto bioclimático.

Os processos de interação do clima com a edificação podem ser explorados pelo projetista, através de estratégias bioclimáticas, proporcionando melhores condições de conforto térmico nos ambientes e menores gastos energéticos.

Aplicando corretamente estratégias passivas para o clima de Brasília, como ventilação, massa térmica ou resfriamento evaporativo, segundo GOULART et al (1997), é possível, em determinados casos, substituir o uso do ar condicionado.

Nos setores comerciais e públicos a utilização de sistemas naturais de condicionamento é uma alternativa para a economia de energia. Como a geração interna de calor nos edifícios deste setor é geralmente muito grande (pessoas, iluminação, equipamentos), provavelmente o aproveitamento dos recursos naturais pode não atender integralmente às necessidades de conforto. Mas a adequação do projeto ao clima, balanceando os recursos naturais e os sistemas artificiais, minimiza a dependência exclusiva destes últimos.

Entendendo melhor o clima da região é possível evitar, ou pelo menos minimizar aspectos ambientais indesejáveis, como ventos fortes, altas temperaturas, poluição do ar e outros. Para tanto, é necessária a compreensão das variáveis que compõem o clima e do grau de influência de cada uma delas sobre o ambiente construído.

3.9.1. Clima:

Segundo Goulart et al (1997) o clima de Brasília pode ser classificado como Tropical de Altitude, com a concentração da precipitação pluviométrica no Verão.

A estação chuvosa começa em outubro e termina em abril, representando 84% do total anual. O trimestre mais chuvoso é de novembro a janeiro, sendo dezembro o mês de maior precipitação do ano. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que, no trimestre mais seco (junho/julho/agosto), a precipitação representa somente 2% do total anual.

A temperatura média anual varia de 18° a 22°C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com médias superiores a 22°C. Considera-se o mês de julho o mais frio, com temperaturas médias que variam entre 16° e

18°C. As temperaturas absolutas mínimas de até 2° C e máximas de 33°C são registradas, respectivamente, no Inverno e no início do Verão.

A umidade relativa do ar cai de valores superiores a 70%, no início da seca, para menos de 20%, no final do período. Coincidindo com o período mais quente, nos meses de agosto e setembro, a umidade pode chegar a 12%, secura típica de deserto. Altitude do nível do mar: 1136 m.

3.9.2. Ventilação:

O vento predominante é o vento Leste durante quase todo o ano, a partir do mês de março até setembro, a velocidade média é baixa, entre 2 e 3 m/s. Durante a estação chuvosa a predominância dos ventos é do quadrante Norte, com variação Noroeste e Nordeste, no período os ventos mais fortes vêm de Noroeste. Nos meses de novembro, dezembro e janeiro a variação predominante é Noroeste. Em fevereiro e outubro é Nordeste. Durante o período de estiagem aumenta a incidência dos ventos de Sul e Sudeste. No mês de março ocorre o maior número de calmarias em relação ao ano.

3.9.3. Carta Solar de Brasília:

Latitude 15,47° Sul
Zona Climática 4

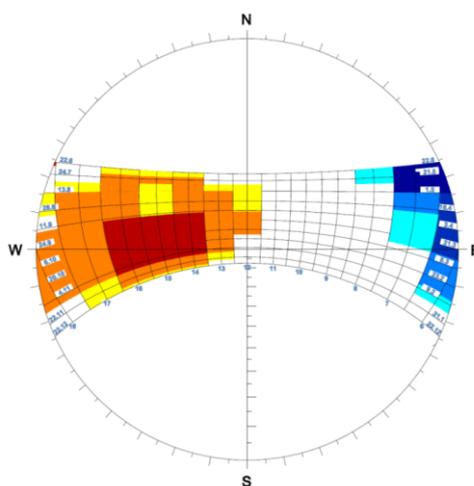


Figura 11 - Carta Solar de Brasília

Fonte: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Anexo1RTQ-R.pdf>

As cartas bioclimáticas são diagramas que relacionam as informações da umidade relativa, a razão de umidade, a temperatura de bulbo seco e a temperatura

de bulbo úmido, nas quais são lançados os dados climáticos diários do local estudado. O resultado da análise dos dados na carta possibilita a elaboração de estratégias de projeto, considerando as nove zonas de atuação:

- 1) Zona de conforto ambiental;
- 2) Zona de ventilação;
- 3) Zona de resfriamento evaporativo;
- 4) Zona de massa térmica para resfriamento;
- 5) Zona de ar-condicionado;
- 6) Zona de umidificação;
- 7) Zona de massa térmica para aquecimento;
- 8) Zona de aquecimento solar passivo; e
- 9) Zona de aquecimento artificial (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA F., 2004).

3.9.4. Zoneamento Bioclimático

Brasília está classificada no zoneamento bioclimático 4. Essas regiões, normalmente apresentam-se com um clima mais árido, onde a amplitude térmica varia mais durante o dia do que durante o ano, possuindo uma grande variação de temperatura entre o dia e a noite.

O conhecimento e avaliação das variáveis climáticas são importantes ferramentas no processo de projeto de uma edificação para obtenção de condições desejáveis de conforto, por meio da aplicação das estratégias bioclimáticas de conforto indicadas para cada situação.

É importante deixar claro que os dados aqui apresentados, são os que estão disponíveis e foram levantados há alguns anos, o ideal seria uma atualização dessas informações considerando toda a evolução climática em relação à evolução urbana pela qual a cidade passou nas últimas décadas devido ao aumento populacional.

Diante destes dados, as estratégias bioclimáticas de conforto que são indicadas para Brasília, segundo Goulart et al (1997) são iniciativas como:

- ✓ Resfriamento evaporativo e massa térmica de resfriamento;
- ✓ Ventilação seletiva (utilizada quando a temperatura interna ultrapassa a externa);
- ✓ Aquecimento solar da edificação;
- ✓ Vedações internas pesadas (devido a inercia térmica do material que retarda o ganho de calor da parede interna).

De acordo com o Projeteee - Projetando Edificações Energeticamente Eficiente, plataforma nacional que agrupa soluções para um projeto de edifício eficiente, as estratégias ideais para Brasília são:

- ✓ Inércia térmica para aquecimento;
- ✓ Sombreamento;
- ✓ Ventilação natural.

A Agência Internacional de Energia (2013) estabelece recomendações para uma envoltória mais eficiente, que buscam minimizar a necessidade de resfriamento e iluminação artificiais. Em relação às recomendações para o clima de Brasília, destacam-se além do sombreamento externo já citado acima, a importância do isolamento térmico da cobertura, vidros com baixo fator solar e o uso de materiais reflexivos na envoltória.

Em estudos de caso considerando o contexto climático de localidades com características climáticas similares a de Brasília, é recomendado um percentual de abertura na fachada (PAF) entre 30% e 50%. O termo Percentual de Abertura na Fachada compreende a razão entre área envidraçada e área opaca.

Na norma ABNT 15.220 sobre o desempenho térmico em edificações, há mais recomendações para o clima de Brasília, que inclui o uso da ventilação da massa térmica e da ventilação seletiva dos ambientes internos das edificações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Todas essas recomendações podemos dizer que são essenciais para o aumento da eficiência energética na arquitetura.

3.10. Eficiência energética e metodologias

Estima-se que uma edificação com um projeto eficiente tem potencial de economizar 50% de energia elétrica, enquanto que as edificações construídas que passem por um *retrofit* podem atingir 30% de economia, desde que haja a manutenção correta, de acordo com Roaf (2009).

Variações desde a especificação construtiva até o comportamento dos usuários são fatores de grande impacto no consumo energético final de um edifício.

A eficiência energética é uma questão de peso em todas as metodologias aplicadas no mundo, o uso contínuo de energia é provavelmente o maior impacto

ambiental específico de um edifício, e por isso o projeto energeticamente eficiente deve ser prioridade número um.

Há dois tipos de políticas que podem ser implementadas visando o uso racional da energia: políticas baseadas na limitação do nível de eficiência permitido mediante o estabelecimento de índices de desempenho mínimos; e as que estabelecem classificações por meio de programas de certificação.

A eficiência mínima é, em geral, obrigatória e tem caráter prescritivo, com limites de desempenho estabelecidos por indicadores. Já a certificação é um mecanismo de mercado que visa promover a eficiência energética de uma edificação de elevado desempenho ao compará-la ao mínimo obrigatório (CASALS, 2006). Além desses, atualmente fala-se em *rating*, cuja tradução pode ser relacionada à classificação em si, que estabelece a qualidade energética de um edifício.

Observando o desenvolvimento de normas e regulamentos em eficiência energética desenvolvidos em diversos países Pérez-Lombard *et al.* (2009) indicaram os sete passos que devem ser compreendidos para o estabelecimento de certificações energéticas, que podem ser entendidos como perguntas sobre o que deve ser avaliado, como avaliar, como estabelecer os limites para os níveis de eficiência, a que o edifício deve ser comparado, como estabelecer a classificação, que melhoramentos recomendar e que informações o certificado de eficiência energética deve conter.

Essas questões e outras mais específicas são discutidas com especial atenção às condições em que o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos é indicado, além de outras referências, como os demais métodos de certificação descritos anteriormente.

4. REFERENCIAL METODOLÓGICO

4.1. Método Prescritivo do RTQ-C

O método prescritivo é um método simplificado que avalia as edificações através de equações e tabelas. Consiste em uma série de parâmetros predefinidos ou a calcular, foi estabelecido para identificar a eficiência do edifício e aplica-se à grande

maioria de tipologias construídas atualmente no país. No entanto, ela não abrange todas as soluções possíveis de existir em um edifício.

Há três grupos principais de requisitos que estabelecem o nível de eficiência energética: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Estes são avaliados separadamente, obtendo-se níveis de eficiência parciais cuja combinação em uma equação resulta em uma pontuação que indica o nível de eficiência geral da edificação.

A classificação geral inclui todos os sistemas mais bonificações e referem-se ao edifício completo ou a uma parte deste. Nem sempre o edifício é comercializado contendo os sistemas de iluminação e condicionamento de ar instalados, por esse motivo, além da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence) para o edifício completo, o regulamento possibilita o uso de etiquetas parciais para avaliações posteriores dos sistemas de iluminação e condicionamento.

As classificações parciais permitem a etiquetagem parcial dos sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar), que podem referir-se ao edifício ou a parcelas do mesmo. As etiquetas parciais referem-se à eficiência dos sistemas separadamente, enquanto que a etiqueta geral é definida por uma equação que contém pesos para balancear a relação entre os sistemas. Destacando que mesmo que os sistemas sejam avaliados separadamente, a avaliação da Envoltória é obrigatória e esta deve ser feita para o edifício completo.

Para a classificação geral as avaliações parciais recebem pesos, distribuídos da seguinte forma: 30% para envoltória, 30% para o sistema de iluminação e 40% para envoltória, que são aplicados em equivalentes numéricos (EqNum) da eficiência de cada sistema: EqNumEnv para envoltória, EqNumCA para condicionamento de ar e EqNumDPI para o sistema de iluminação.

A classificação geral do edifício é calculada de acordo com a distribuição dos pesos através da Equação (Fonte: Manual A – RTQ-C):

$$PT = 0,30 \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,30 (EqNumDPI) + 0,40 \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b$$

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;
EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;
APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;
AC: área útil dos ambientes condicionados;
AU: área útil;
b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

Além desses sistemas, deve-se citar a ventilação natural e as bonificações. A ventilação natural é um parâmetro de correção do nível de para edifícios que oferecem condições adequadas de conforto sem precisar de condicionamento artificial. Ela está presente nas parcelas de condicionamento de ar e da envoltória sob a forma de um equivalente numérico (EqNumV). Quanto maior a área de ambientes naturalmente ventilados com conforto, menor é a participação do nível de eficiência do condicionamento de ar no equacionamento geral da eficiência do edifício, embora a eficiência desta última já tenha sido “transmitida” ao EqNumV (quanto melhor a envoltória, melhores são as condições de conforto no edifício). Mas o EqNumV só é obtido por meio de simulação.

A simulação é aplicável para qualquer tipo de edifício, sendo ou não passível de avaliação pelo método prescritivo. No entanto, o método prescritivo é menos oneroso, e recomenda-se a simulação quando a simplicidade do método prescritivo não descreve apropriadamente as características do edifício que participam da eficiência energética. Assim, além da ventilação natural, são casos indicados para simulação: proteções solares projetadas para algum caso específico, como proteções com aletas que reflitam a luz para dentro do ambiente, grandes áreas envidraçadas com vidros de elevado desempenho térmico e luminoso, sistemas de condicionamento não previstos como pisos radiantes e especificidades do projeto de condicionamento de ar, como opções de automação ou resfriamento evaporativo.

Já as bonificações consistem em um máximo de 1 ponto adicional ao nível de eficiência do edifício, que pode ser obtido através de economias comprovadas por cálculo ou simulação. Essas economias podem ser no consumo de água ou

eletricidade, sendo este último dividido em energias renováveis, cogeração ou qualquer tipo de inovação que promova a eficiência energética.

A pontuação adquirida através da implementação destas bonificações varia entre 0 e 1. Sendo: 0 quando não existe nenhum sistema complementar para o aumento da eficiência da edificação, e 1 quando uma das bonificações for implantada em sua totalidade, ou mais de uma bonificação for atendida parcialmente de forma complementar a alcançar 1 ponto. É possível a utilização de mais de um sistema implantados simultaneamente para se chegar a esta pontuação máxima.

Todas as bonificações listadas devem ser comprovadas através de dois memoriais de cálculo, onde um deve conter a análise da edificação sem a bonificação e outro considerando a bonificação. Os dois memoriais de cálculo são necessários para comprovar a pontuação da bonificação.

Os sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, tais como torneiras com arejadores e/ou temporizadores, sanitários com sensores, aproveitamento de água pluvial e de outras fontes alternativas de água, devem proporcionar uma economia mínima de 40% no consumo anual de água do edifício, considerando práticas correntes de dimensionamento. A comprovação de economia no consumo anual de água de uma edificação deve ser realizada através de comparação com o consumo anual de água típico considerando taxas de consumo por usuário em função do uso da edificação. A edificação alcançando 40% de economia se obtém um ponto, outras porcentagens são proporcionais a esse valor, sendo um ponto o valor máximo a ser alcançado.

Energia eólica ou painéis fotovoltaicos devem proporcionar economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício; Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas, tais como iluminação natural devem proporcionar uma economia mínima de 30% do consumo anual de energia; Além dos itens supracitados, edifícios com elevadores que atingirem nível A receberão 0,5 pontos. Caso exista mais de um elevador no edifício, todos devem obter classificação A para receber a bonificação.

A aplicação de iniciativas para bonificações visa incentivar a economia do consumo de energia elétrica através do emprego de inovações tecnológicas. Após justificativa e comprovação do aumento da eficiência da edificação, as bonificações podem aumentar em até um ponto na classificação geral. Pode-se utilizar mais de

uma estratégia visando alcançar um ponto de bonificação. Os sistemas podem ser utilizados simultaneamente em porcentagens menores que as citadas no RTQ-C, pois a pontuação será calculada de forma proporcional à economia comprovada e as bonificações de cada sistema serão somadas de forma a alcançar até no máximo um ponto.

O número de pontos obtidos na Equação 2.1 irá definir a classificação geral da edificação, de acordo com a tabela abaixo. As classificações final e parciais são apresentadas na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

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

Tabela 5 - Classificações da ENCE
 Fonte: Manual RTQ-C – versão 4, abril de 2017.

4.1.1. Método prescritivo: envoltória

A envoltória deve atender os pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência, quanto mais elevado o nível pretendido, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos. As equações da envoltória referem-se às aberturas verticais envidraçadas e estão relacionadas à volumetria do edifício. A tabela apresenta uma síntese dos pré-requisitos da envoltória exigidos por nível de eficiência. Além disso, alguns requisitos de transmitância térmica do nível A são mais rigorosos que do nível B que são mais rigorosos que dos níveis C e D.

| Nível de eficiência | Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores | Cores e absorvância de superfícies | Iluminação zenital |
|---------------------|---|------------------------------------|--------------------|
| A | X | X | X |
| B | X | X | X |
| C e D | X | | |

Tabela 6 - Pré-requisitos da envoltória
 Fonte: Manual RTQ-C – versão 4, abril de 2017.

A envoltória protege o interior da edificação, portanto quanto mais exposto o interior da edificação, maior a troca térmica permitida entre o interior e o exterior. Assim, envoltórias com maiores trocas térmicas implicam em elevados ganhos de calor em climas mais quentes (radiação solar, temperatura, etc.) ou maiores perdas de calor em climas frios (infiltração, diferenças de temperatura, etc.). O extenso território do Brasil abrange diferentes realidades climáticas que exigem estratégias distintas para alcançar condições de conforto térmico e da eficiência energética das edificações.

A envoltória é avaliada de acordo com a zona bioclimática em que a edificação se insere. Complementar ao regulamento RTQ-C para envoltória, que avalia estratégias para uma maior eficiência energética da edificação, existe na NBR15220 alternativas de conforto ambiental dentro de cada zona bioclimática.

Para efeitos do RTQ-C algumas zonas bioclimáticas foram agrupadas, pois as simulações não mostraram diferenças significativas entre os consumos de energia de edificações simuladas nas referidas zonas.

Zona Bioclimática 1 - pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Poços de Calda (MG), Curitiba (PR), Palmas (PR), Lages (SC), Caxias do Sul (RS). Por serem regiões mais frias, apresentam desconforto bioclimático principalmente devido ao frio.

Zona Bioclimática 2 - pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Machado (MG), Jaguariaiva (PR), Nova Friburgo (RJ), Alegrete (RS) e Araranguá (SC). Regiões mais ao Sul do país com clima variando de ameno a frio, com estações bem definidas. Apresenta, como estratégias bioclimáticas de conforto: ventilação cruzada, aquecimento solar da edificação e uso de paredes internas pesadas, que ajudam o interior a se manter aquecido.

Zona Bioclimática 3 - pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Belo Horizonte (MG), Juiz de Fora (MG), Foz do Iguaçu (PR), Petrópolis (RJ), Florianópolis (SC). Zona de clima mais ameno, com verão e inverno bem marcados. Apresentam como estratégias bioclimáticas de conforto: ventilação cruzada, aquecimento solar da edificação e vedação interna pesada.

Zona Bioclimática 4 - pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Sete Lagoas (MG), Brasília (DF), Luziânia (GO), Franca (SP), Ribeirão Preto (SP). Essas regiões, normalmente apresentam-se com um clima mais árido, onde a amplitude

térmica varia mais durante o dia do que durante o ano, possuindo uma grande variação de temperatura entre o dia e a noite. Para essas regiões são indicadas como estratégias bioclimáticas de conforto iniciativas como: resfriamento evaporativo e massa térmica de resfriamento, ventilação seletiva (utilizada quando a temperatura interna ultrapassa a externa), aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (devido a inercia térmica do material que retarda o ganho de calor da parede interna).

Zona Bioclimática 5 - pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Vitória da Conquista (BA), Pedra Azul (MG), Cidade Vera (MT), Niterói (RJ), São Francisco do Sul (SC). Zona de clima ameno, com verão e inverno bem marcados. Apresentam como estratégias bioclimáticas de conforto: ventilação cruzada e vedação interna pesada.

Zona Bioclimática 6 - pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Bom Jesus da Lapa (BA), Goiânia (GO), Campo Grande (MS), Meruri (MT), Andradina (SP). Regiões de baixas amplitudes anuais, normalmente localizadas no interior. Apresentam como estratégias bioclimáticas de conforto: resfriamento evaporativo e massa térmica de resfriamento, ventilação seletiva, aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas.

Zona Bioclimática 7 - pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Paratinga (BA), Sobral (CE), Goiás (GO), Caxias (MA), Bom Jesus do Piauí (PI). Caracterizam-se por clima quente, com pouca variação ao longo do ano, onde as estações são definidas como de seca e de chuva. Têm como estratégias bioclimáticas de conforto: resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva.

Zona Bioclimática 8 - pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Cruzeiro do Sul (AC), Maceió (AL), Manaus (AM), Linhares (ES), Belém (PA). Regiões marcadas pelo clima quente úmido, onde normalmente opta-se por alternativas que facilitem a ventilação cruzada e desumidifiquem o ambiente, para o conforto bioclimático. Nessas regiões são marcadas por possuírem graus-dia de aquecimentos nulos.



Figura 12 - Mapa Zoneamento Bioclimático
 Fonte: Manual de Diretrizes para Obtenção de Classificação Nível A para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (2014)

4.1.1.1. Pré-requisitos específicos da envoltória:

Para análise da envoltória, o RTQ-C exige que após o cálculo do nível de eficiência da envoltória seja verificado o atendimento aos pré-requisitos específicos: transmitâncias térmicas, cores e absorvância de superfícies, e iluminação zenital.

4.1.1.1.1. Transmitância térmica

Este pré-requisito refere-se à transmitância térmica, ele distingue coberturas e paredes exteriores ao exigir diferentes limites de propriedades térmicas para cada caso. A transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) de ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar os limites de acordo com sua Zona Bioclimática:

- a. Zona Bioclimática 1 e 2: $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, para ambientes condicionados artificialmente, e $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, para ambientes não condicionados;
- b. Zona Bioclimática 3 a 8: $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, para ambientes condicionados artificialmente, e $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, para ambientes não condicionados.

A transmitância é avaliada separadamente para cada tipo de condicionamento (com condicionamento ou sem condicionamento), e deve ser atendido para os dois

casos. Quando a avaliação for parcial apenas da envoltória, deve-se considerar os valores mais restritivos de transmitância térmica de cobertura.

4.1.1.1.2. Cores e absorvência de superfícies

A cor é utilizada como indicação da absorvência quando não há possibilidade de medição: cores mais claras têm absorvências mais baixas. O ideal é obter a especificação da absorvência solar como os fabricantes de tintas ou de revestimentos ou obter resultados de medições previamente realizadas.

Para garantir envoltórias mais eficientes, o RTQ-C determina uma absorvência máxima de 0,50 para os materiais de revestimento externo das paredes para as Zonas Bioclimáticas de 2 a 8.

Para coberturas, a absorvência solar máxima também é de 0,50, exceto para coberturas de teto-jardim ou de telhas cerâmicas não esmaltadas. Estas coberturas apresentam bom desempenho térmico independente da absorvência solar: o teto-jardim devido a efeitos como a evapo-transpiração e as telhas cerâmicas não esmaltadas devido à sua porosidade.

4.1.1.1.3. Iluminação zenital

Aberturas zenitais permitem que a luz natural penetre nos ambientes internos, possibilitando a redução no consumo de eletricidade em iluminação. No entanto, à primeira vista, o RTQ-C parece penalizar esta prática ao exigir percentuais reduzidos de aberturas zenitais para o nível A. Esta exigência garante que a entrada de luz natural no edifício não implique, simultaneamente, em uma elevação da carga térmica através radiação solar.

Um projeto de iluminação, com aberturas bem distribuídas e com especificações de vidros adequados tem condições de alcançar um bom percentual de horas de aproveitamento da luz natural ao longo do ano, proporcionando uma significativa economia de energia elétrica.

4.1.2. Método prescritivo: sistema de iluminação artificial

A iluminação artificial é essencial para o funcionamento dos edifícios comerciais permitindo o trabalho em locais distantes da fachada e em horários em que a luz natural não atinge os níveis de iluminação mínimos adequados. É vital garantir níveis corretos de iluminação dentro dos ambientes internos dos edifícios para permitir o desempenho das tarefas por seus usuários em condições de conforto e salubridade. Por esse motivo, a norma NBR 5413 define níveis mínimos de iluminância necessários para diferentes tipos de atividades. Um edifício com um sistema eficiente de iluminação fornece os níveis adequados de iluminâncias para cada tarefa consumindo o mínimo de energia. Os sistemas eficientes são definidos através da densidade de potência instalada (DPI) do sistema de iluminação.

Os critérios do sistema de iluminação foram baseados na Norma 90.1 da ASHRAE (2007), porém com adaptações para a realidade brasileira. A ASHRAE apresenta limites de densidade de potência de iluminação interna para o edifício completo e para os ambientes separadamente, de acordo com as atividades exercidas em ambos. Os limites usados na ASHRAE são definidos pelo *Commercial Building Energy Consumption Survey* (CBECS).

O Brasil teve seu primeiro levantamento nacional de uso da energia em edifícios comerciais iniciado em 2005 e publicado parcialmente em 2007 como uma pesquisa de mercado com o apoio do Procel (PROCEL 2008b). Na ausência de base de dados como a pesquisa de mercado ou o CBECS americano, os parâmetros para a definição dos níveis de eficiência do sistema de iluminação não podiam basear-se somente na densidade de potência de acordo com a atividade exercida no ambiente.

Um estudo de custo do ciclo de vida da iluminação artificial somou-se aos limites de iluminância de acordo com sua atividade presentes na NBR 5413 – Iluminância de Interiores, para a definição dos critérios-limite dos níveis de eficiência do sistema de iluminação. A densidade de potência de iluminação interna relativa à iluminância, com unidade em $W/m^2/100\text{ lx}$, tornou-se o parâmetro para limitar os níveis de eficiência. Essa unidade uniformiza o nível para qualquer ambiente, independentemente de sua iluminância, permitindo também que se comparem as eficiências de cada sistema.

Para classificação do sistema de iluminação, além dos limites de potência instalada estabelecidos, deverão ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação.

4.1.2.1. Divisão dos circuitos de iluminação

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado.

4.1.2.2. Contribuição da luz natural

Para reduzir a necessidade de uso da iluminação artificial quando há luz natural suficiente para prover a iluminância adequada no plano de trabalho, o RTQ-C determina que as luminárias próximas as janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema.

4.1.2.3. Desligamento automático do sistema de iluminação

Para evitar ambientes desocupados com iluminação artificial ativada, o RTQ-C determina a utilização de dispositivos que garantam o desligamento dos sistemas de iluminação quando ninguém se encontra presente.

4.1.3. Procedimento de determinação da eficiência

O nível de eficiência para o sistema de iluminação deve ser obtido mediante a comparação entre a densidade de potência de iluminação relativa limite (DPIRL), encontrada através do índice de ambiente (K), e a densidade de potência de iluminação final (DPIRF), obtida através do projeto luminotécnico. O procedimento descrito abaixo pretende alcançar o equivalente numérico de iluminação (EqNumDPI) que melhor descreva o sistema de iluminação do edifício após calculados sistemas em separado e após diversas ponderações:

(a) primeiramente, deve-se identificar todas as zonas de iluminação do ambiente e, em seguida, calcular um K para cada zona;

(b) deve-se encontrar uma DPIRL para cada zona de iluminação, de acordo com o índice de ambiente e com o nível de eficiência desejado. O regulamento apresenta uma tabela contendo algumas DPIRL, outras devem ser encontradas por interpolação do K e da DPIRL;

(c) com o projeto luminotécnico, deve-se obter as DPIRF;

(d) em seguida, deve-se garantir que cada DPIRF seja menor que a DPIRL para aquele nível de eficiência. Sendo menor, deve-se adotar o equivalente numérico daquele nível de eficiência para cada zona de iluminação; sendo maior, deve-se encontrar o nível de eficiência cuja DPIRF seja menor que a DPIRL;

(e) encontrados todos os EqNumDPI para cada zona de iluminação, deve-se ponderá-los pela área das zonas, encontrando os EqNumDPI de cada ambiente;

(f) aplicam-se os pré-requisitos para cada ambiente separadamente, o que pode gerar correções no EqNumDPI do ambiente caso este não atenda aos pré-requisitos de seu nível de eficiência. Dessa forma, obtêm-se os níveis de eficiência e os equivalentes numéricos de iluminação para cada ambiente; e

(g) o passo final é ponderar esses EqNumDPI pela área dos ambientes para se determinarem o equivalente numérico final do sistema de iluminação do edifício e, por conseguinte, seu nível de eficiência.

Além de determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação individualmente, o cálculo identifica o EqNumDPI que deve participar da equação geral (Equação 2.1 no Regulamento), para se determinar o nível de eficiência do edifício completo. A ponderação pela área gera números fracionários, que devem ser usados até o final dos cálculos, incluindo seu uso na equação geral para a determinação da eficiência do edifício (Equação 1 neste estudo e Equação 2.1 no Regulamento).

A avaliação do sistema de iluminação deve ser realizada através de um dos seguintes métodos:

- método da área do edifício, ou
- método das atividades do edifício.

4.1.3.1. Método da área do edifício

O método da área do edifício avalia de forma conjunta todos os ambientes do edifício e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. Os limites determinados pelo regulamento já consideram a existência de ambientes com funções secundárias, como copas, circulações, escadas e depósitos; desta forma utiliza-se apenas os valores das atividades principais da edificação. Este método deve ser utilizado para edifícios com até três atividades principais, ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício. Através do método da área, o edifício é avaliado como um todo, no entanto para o atendimento dos pré-requisitos os ambientes são avaliados separadamente.

4.1.3.2. Método das atividades do edifício

O método das atividades da edificação avalia através de limites de densidade de potência em iluminação para cada ambiente considerando as atividades desempenhadas no edifício, e deve ser utilizado para edifícios em que o método anterior não é aplicável. Os ambientes são avaliados separadamente tanto para obter o nível de eficiência energética quanto para analisar o atendimento dos pré-requisitos.

4.1.3.3. Método prescritivo: sistema de condicionamento de ar

O sistema de condicionamento de ar é o mais simples de se determinar o nível de eficiência energética, desde que sejam usados equipamentos etiquetados pelo Inmetro como aparelhos de janela e *splits high wall*. Como já são etiquetados, basta verificar o nível de eficiência de cada aparelho e relacioná-lo ao equivalente numérico do ar-condicionado, EqNumAC. Ambientes que possuem condicionadores com diferentes níveis de eficiência devem ter os EqNumAC dos condicionadores ponderados pela capacidade dos aparelhos. Em seguida, deve-se ponderar os EqNumAC de cada ambiente por sua área para encontrar o nível de eficiência final do sistema de condicionamento de ar. Este será o nível de eficiência presente na ENCE parcial do sistema de condicionamento de ar, e EqNum será usado na equação geral para a determinação da eficiência do edifício (Equação 1 neste estudo e Equação 2.1 no Regulamento).

A avaliação já é distinta para sistemas de condicionamento central. Inicialmente, todo edifício com carga térmica superior a 350 kW (99 TR) deve conter um sistema central, exceto se comprovado o uso mais eficiente do sistema de condicionamento por *splits* ou aparelhos de janela. A comprovação se faz por análise de simultaneidade e abrange casos como edifícios empresariais com unidades consumidoras independentes, onde cada escritório poderá funcionar em horários distintos, sem controle no uso geral do sistema de condicionamento de ar.

Para sistemas centrais, há limites de COP (*coefficient of performance*, ou coeficiente de desempenho) ou IPLV (*integrated part-load value*) para condicionadores, resfriadores de líquido e torres de resfriamento, de acordo com a capacidade do equipamento e do nível de eficiência que se pode (ou se pretende) alcançar. Esses limites são baseados na Norma 90.1 da ASHRAE nas versões para nível D (1989), para nível C (1999) e para níveis B e A (2004). O que diferencia os níveis B e A são exigências de projetos específicas para se atingir o nível A. Essas exigências abrangem a automação, isolamento de zonas térmicas, uso do ciclo economizador, existência de faixa de temperatura de controle (*deadband*), recuperadores de calor, entre outras.

4.2. Edificações Energeticamente Eficientes

A eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação, que represente seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia. Pode-se dizer que eficiência energética é a obtenção do máximo de benefício de um sistema, uma solução arquitetônica com o mínimo de gasto energético.

O consumo de energia é função de variáveis que utilizam diretamente a energia, como os sistemas de iluminação artificial, de equipamentos e de condicionamento de ar, e de variáveis que interferem nestes sistemas, como partes do envoltório da edificação e a forma de uso de tais sistemas consumidores de energia.

Uma edificação energeticamente eficiente depende inicialmente de um bom projeto arquitetônico, que inclua análises sobre seu desempenho energético, com decisões de projetos baseadas no conhecimento das variáveis e conceitos que

envolvam a eficiência energética e o conforto ambiental. Estes conceitos e análises devem ser incorporados no projeto desde o programa de necessidades para que a arquitetura produzida seja uma resposta adequada aos nossos climas e às necessidades de conforto dos usuários, proporcionando então economia de recursos e melhor desempenho.

De acordo com os dados de oferta e consumo de energia interna no país, podemos dizer que, além dos setores residenciais e comerciais, um dos setores em que é mais significativa a atuação do arquiteto para aumentar a eficiência energética dos edifícios é o público.

Os requisitos para projetar e ter uma edificação que proporcione conforto ao usuário, estão sendo estudados desde o período clássico, quando Vitruvius publicou o primeiro livro de arquitetura, que temos conhecimento, em que ele colocou que a arquitetura deveria equilibrar os aspectos estruturais, funcionais e formais (*firmitas, utilitas y venustas*). *Firmitas* relaciona-se à estrutura, ao que mantém a arquitetura íntegra. A economia e racionalização das soluções estruturais podem auxiliar na redução do consumo de energia aumentando sua eficiência desde essa etapa inicial da construção. *Utilitas* refere-se à funcionalidade arquitetônica, que inclui conforto térmico, visual e acústico. *Venustas* significa beleza, que deve englobar elementos que proporcione eficiência energética e sejam intrínsecos a sua forma e ambiência e sejam demonstrados através de seu envoltório.

As características do envoltório que podem aumentar ou minimizar os ganhos de calor são as cores do envoltório, as propriedades térmicas de materiais e componentes como vidros, paredes e coberturas, e a exposição ao ambiente externo, como a ausência de sombreamento ou o contato de grandes superfícies do edifício com o exterior. As características do envoltório são, em geral, comuns em todas as análises sobre eficiência energética de edificações, com pequenas variações de um estudo para outro.

Sabendo-se que uma edificação contribui para o consumo de energia devido as trocas térmicas entre os ambientes interno e o externo, por meio da escolha dos materiais, por várias questões relacionadas a decisões de projetos, tem-se a percepção da importância do conhecimento quanto à esses conteúdos e a dimensão da responsabilidade do arquiteto projetista para que se possa obter edificações energeticamente eficientes, que proporcionem conforto e contribuam com a

diminuição da emissão de gases de efeito estufa, com a diminuição na produção de resíduos, com o aumento da vida útil da edificação, entre outros benefícios que possam ser gerados ao usuário e ao meio ambiente.

O investimento em eficiência energética permite, um retorno de cerca de 20 a 25% dos recursos no curto prazo e pode possibilitar, no longo prazo, mais de 100% de retorno, sem contabilizar os ganhos ambientais. É importante destacar que a política de eficiência energética exige a consolidação de parcerias do setor público com o setor privado e a participação social para a melhoria da eficiência.

5. ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso, primeiramente, fez-se a seleção dos parâmetros e métodos de análise, através de pesquisa bibliográfica, consultas ao manual RTQ-C e aos laboratórios certificadores. Posteriormente, realizou-se um estudo paramétrico com o auxílio da ferramenta de simulação termoenergética *EnergyPlus* versão 8.9 por meio da interface gráfica *DesignBuilder* versão 6.1, para avaliação da edificação, quanto a questão de eficiência energética e para avaliação do desempenho energético, analisando diversas possibilidades de intervenções que pudessem ser implementadas para otimizar ao máximo a economia de energia, incluindo, ainda, estudos a respeito da implantação do edifício, com o intuito de aferir os ganhos que haveriam, em termos de eficiência energética, se o edifício tivesse sido implantado com uma orientação solar diferente.

Para a realização do estudo paramétrico, utilizou-se os dados climáticos de Brasília, a descrição arquitetônica do edifício em estudo, o seu padrão de uso e ocupação, a potência instalada em iluminação, os equipamentos e as características do sistema de ar condicionado.

Após o levantamento desses dados realizou-se simulações com as todas as variáveis para identificar as alternativas de melhoria de eficiência energética da edificação e estimativa de redução de consumo de energia, através da implementação de cada estratégia.

Ao todo foram avaliadas 4 (quatro) possibilidades de implantação do edifício com diferentes orientações solares e 19 (dezenove) propostas de intervenção, em que 13 (treze) são alterações pontuais de características da edificação, desde elementos da envoltória, sistemas ativos e passivos, como o emprego de ventilação natural. Os demais são propostas de combinação entre estas alternativas, tais como: implementação das estratégias ativas, somente as passivas, entre outras. E aproveitando a reforma que está sendo realizada, foi, também, feita a avaliação do que está especificado e sendo executado no projeto, tendo em vista a importância dessa modernização.

Vale complementar, que o *EnergyPlus* é uma ferramenta indicada tanto pela Norma de Desempenho de Habitações, NBR 15575, quanto pelos Regulamentos

Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R e RTQ-C).

E ainda que, o objeto de estudo de caso foi escolhido por sua importância como instituição pública, como órgão fiscalizador, que tem como missão “gerar benefícios para a sociedade por meio do aperfeiçoamento e controle da gestão dos recursos públicos do DF” (Plano Estratégico TCDF).

5.1. O objeto de estudo: Edifício Sede do TCDF

O objeto em estudo é o Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal - TCDF. O edifício está localizado na área central urbana de Brasília, na Praça do Buriti, na Asa Norte (15°46' Sul, 47°55' O, Zona Bioclimática 4). É um prédio de estilo modernista, que faz parte de um complexo tombado, foi construído em 1991, tendo sido projetado pelo Arquiteto Paraibano Hermano Gomes Montenegro, que integrou a equipe de arquitetos liderados por Oscar Niemeyer na nova capital e era funcionário da Companhia Urbanizadora da Nova Capital, Novacap.

Sobre o tombamento, apesar do edifício propriamente não ser tombado, ele faz parte do conjunto urbanístico tombado, integrando a escala monumental de Brasília, conforme os artigos 6º e 7º da portaria do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) nº 166, de 11 de maio de 2016, que complementa e detalha a portaria Iphan nº 314/1992, que instituiu as definições e critérios para intervenção no Conjunto Urbanístico de Brasília.

“Art. 6º A escala monumental confere à cidade a marca de efetiva capital do País e constitui-se nos espaços de caráter cívico e coletivo ao longo do Eixo Monumental, desde a Praça dos Três Poderes até a Praça do Buriti.

Art. 7º As características essenciais da escala monumental se configuram nos seguintes elementos: I. conjunto arquitetônico e urbanístico da Praça dos Três Poderes, incluindo os espaços livres, as edificações circundantes e os seus elementos construtivos, paisagísticos e escultóricos; II. conjunto arquitetônico e paisagístico do Congresso Nacional, incluindo jardins e espelhos d’água; III. conjunto arquitetônico e urbanístico da Esplanada dos Ministérios, incluindo Palácio do Itamaraty, Palácio da Justiça, edifícios ministeriais e a Catedral Metropolitana, e a configuração viária do Eixo Monumental, com o canteiro central como área livre pública, gramada, vegetação rarefeita e non aedificandi; IV. plena visibilidade do conjunto monumental da Esplanada dos Ministérios, desde a Rodoviária até o Congresso Nacional; V. Setor Cultural Norte e o Setor Cultural Sul; VI. Torre de TV, incluindo seus elementos construtivos, paisagísticos e

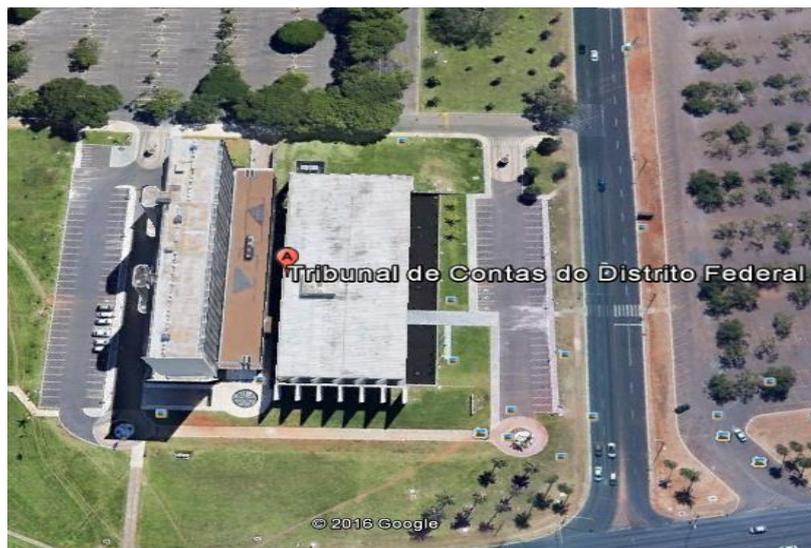


Figura 14 - Vista aérea Tribunal de Contas do Distrito Federal
Fonte: Google Maps

Na figura é possível identificar que o edifício tem forma retangular horizontal (área de cobertura/(área da envoltória + cobertura) = 0,00), e é constituído por três blocos interligados por uma circulação horizontal. Os blocos componentes são o Edifício Sede (objeto de estudo), Edifício Biblioteca e Edifício Anexo. O edifício Sede possui 3 pavimentos, a Biblioteca que fica entre os 2 edifícios possui 2 pavimentos e o Edifício Anexo possui 9 pavimentos.

O edifício possui área total de 3650 m², sendo 3 pavimentos e subsolo. Em 2009, o térreo e o subsolo passaram por uma reforma, cujo objetivo era otimizar e modernizar o espaço do plenário, criar o memorial do Tribunal de Contas do Distrito Federal e atender a outras demandas internas. Em 2019, foi iniciada a reforma do primeiro e o segundo pavimento, cuja área totaliza 2580 m², essas são as áreas destinadas aos gabinetes, setores ligados à presidência, salas de reunião, banheiros públicos e copas. Desde sua inauguração, há 29 anos, os dois pavimentos de gabinetes (escritórios) estão sendo reformados pela primeira vez.

Os objetivos principais da reforma são:

1. Adequar os ambientes e as áreas de uso coletivo à norma de acessibilidade;
2. Obter melhor desempenho em termos de conforto acústico e lumínico;
3. Promover economia de recursos naturais;

4. Substituir o sistema de ar-condicionado por uma solução mais eficiente, que gere conforto ao usuário e economia na conta de energia;
5. Complementar o sistema de incêndio para atender às alterações na norma;
6. Substituir o sistema de esgoto convencional pelo sistema à vacuo, visando obter os padrões de economia de água ocasionados pela troca realizada no sistema do Ed. Anexo desde sua reforma em 2011;
7. Instalar o sistema de energia fotovoltaico;
8. Proporcionar otimização dos espaços, a fim de evitar a construção de outro bloco para acomodar os servidores e atender à todas as necessidades de funcionamento do órgão.



Figura 15 - Fachada do Ed. Sede do TCDF.
Fonte: arquivo da autora

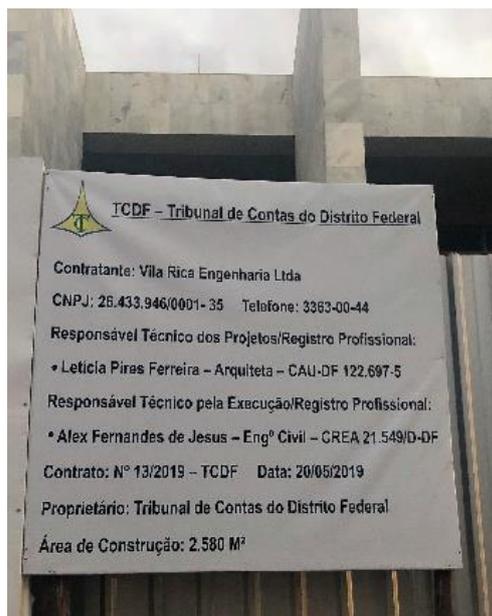


Figura 16 - Placa da obra do Ed. Sede do TCDF.
Fonte: arquivo da autora

A seguir, serão apresentadas as plantas de layout dos dois pavimentos, um corte longitudinal e um corte transversal para melhor visualização do objeto de estudo e algumas especificações que fazem parte do projeto básico da obra de reforma que teve início em maio do ano passado e tem previsão de conclusão para março do corrente ano.



Figura 17 - Planta do 1º pavimento do Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal.
Fonte: arquivo da autora



Figura 18 - Planta do 2º pavimento do Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal.
Fonte: arquivo da autora

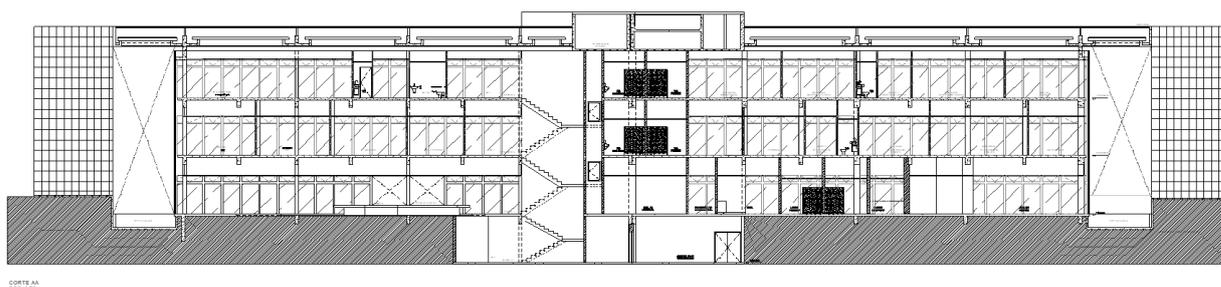


Figura 19 - Corte longitudinal do Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal.
Fonte: arquivo da autora



Figura 20 - Corte transversal do Edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal.
Fonte: arquivo da autora

5.2. Intervenções projetuais para o Edifício Sede

Como já foi citado anteriormente, o edifício que é objeto do estudo de caso está passando por uma reforma e as intervenções que estão sendo feitas também estão analisadas no estudo paramétrico, com o propósito de mensurar o percentual de economia de energia que será atingido.

Todos os projetos: arquitetura, elétrico, hidráulico e ar condicionado, foram desenvolvidos com o propósito de atingir os objetivos almejados pela administração e pelo corpo técnico do TCDF, que também já foram elencados anteriormente. O projeto básico, que consta do Edital da Concorrência nº 01/2019, descreve detalhadamente, por meio do caderno de encargos, a especificação de cada sistema e cada item a ser utilizado na obra de reforma, aqui serão descritos apenas os que estão sendo estudados.

Alguns itens que estão no escopo da obra, como o Sistema de Coleta de Esgoto à Vácuo, não serão avaliados parametricamente, nesta pesquisa, mas como são soluções que promovem a redução do consumo de água e conseqüentemente o consumo de energia, foi realizado um levantamento de dados a respeito, que será descrito em seguida.

O sistema de esgoto sanitário tradicional será substituído pelo Sistema de Coleta de Esgoto à Vácuo, não apenas com o intuito de promover a redução no consumo de água, mas também diminuir a emissão de efluentes.

Além da substituição do sistema de esgoto, outras soluções também foram especificadas no projeto para diminuir o consumo de água, como a substituição das torneiras por torneiras eletrônica acionadas através de sensor de presença e com fechamento automático, com baixo consumo de energia: 0,7 w, com fechamento automático no caso de obstrução do sensor: 30 a 40 segundos de uso ininterrupto e arejador antifurto de vazão constante de até 8 litros por minuto.

Pensando nas soluções em termos de economia de energia, que estão sendo avaliadas por meio da simulação termoenergética, há várias soluções sendo empregadas na obra, tais como: substituição do sistema de ar condicionado, substituição do sistema de iluminação e instalação de telas solares.

Porém, uma das soluções que estava prevista, que seria a instalação de um sistema de energia fotovoltaico, teve que ser eliminada neste projeto. Foi realizado um estudo, através de simulações computacionais, para que a potência do sistema ficasse dentro de um potencial ideal, não ultrapassando 100KW. Seriam utilizados cinco (5) inversores, cada um com potência de saída nominal: 17.000 - 20.000W; seriam utilizados 400 painéis de módulos solares, a serem instalados em 20 strings de 20 painéis, sendo cada *string* com duas fileiras de 10 painéis, interligados em série. Com potência de saída: 240 a 250W Eficiência do módulo maior ou igual a 15,0%.

Entretanto, somente após a realização dos estudos e simulações, descobriu-se que na área onde o TCDF está localizado não é possível fazer a devolução da energia gerada para a Companhia Elétrica, porque o sistema é subterrâneo e não permite estocar a energia gerada, de acordo com a Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

Assim, em decorrência do tipo de sistema, não seria viável a instalação dos painéis fotovoltaicos de captação de energia, já que a produção de energia seria maior no período da manhã e a demanda por energia no edifício é maior no período da tarde, visto que o horário regimental do órgão é de 12:00 às 19:00, ou seja, a energia produzida seria desperdiçada, já que não poderia ser estocada.

Por esse motivo, a instalação do sistema de energia fotovoltaico foi adiada e novos estudos estão sendo realizados para sua implantação em local adequado.

Mas, em contrapartida, está sendo feito um investimento importante na substituição do sistema de ar condicionado, conforme já foi citado, que, de acordo com estudos que serão mostrados mais adiante, resultarão em um bom percentual de economia de energia. O projeto de ar condicionado foi executado de acordo com as recomendações das importantes entidades que são referência nesse âmbito: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT-NBR-16401, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. – ASHRAE e Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association - SMACNA.

E ainda, para promover conforto lumínico e economia de energia, o sistema de iluminação, também está sendo trocado e foi todo projetado levando-se em consideração as normas: NBR 5413 - Iluminância de Interiores e ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminação de Ambientes de Trabalho.

Fazem parte das especificações da obra, a substituição de todas as luminárias por modelos mais eficientes, sendo a maioria do tipo painel de LED, além da instalação de sensores de presença em alguns pontos estratégicos e a divisão do sistema em circuitos, considerando a possibilidade de desligamento das luminárias nas regiões mais próximas às áreas envidraçadas.

Tendo em vista, ainda, o conforto lumínico e a economia de energia, foi especificado, também, a instalação de persianas do tipo tela solares, que protegem os ambientes do calor dos raios solares, mas permitem a passagem de iluminação, sendo muito mais eficientes que as persianas comuns. Feita com um tecido que tem o fator de abertura de 17%, estas persianas possibilitam o controle do ofuscamento e tem como característica principal a capacidade de reter o calor em um percentual elevado, de 61% a 66%.

5.2.1. Descrição dos sistemas prediais

Entende-se por sistemas prediais o conjunto de insumos e serviços necessários para o desenvolvimento das atividades em um edifício, são sistemas físicos, integrados à edificação.

A seguir descreve-se o sistema de energia fotovoltaica, que foi estudado para ser aplicado no edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal (TCDF), que é objeto deste estudo; o sistema de esgoto a vácuo, que já está em uso no edifício Anexo do TCDF e que será instalado no edifício Sede, que está em reforma; o sistema de condicionamento de ar e o sistema de iluminação, estes dois últimos, fazem parte da simulação termoenergética, que será apresentada neste estudo.

5.2.1.1. Sistema de energia fotovoltaica

A geração de energia elétrica pelo processo fotovoltaico tem alcançado, nos últimos anos, uma posição relevante entre as opções de geração de energia alternativa, principalmente pelo fato de ser bem simples a montagem e instalação de um sistema de geração básico e o insumo da geração, o sol, está disponível em abundância em todo o território.

O sistema de energia solar fotovoltaico, também chamado de sistema de energia solar é um sistema capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar. Existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Isolados (Off-grid) e Sistemas Conectados à Rede (Grid-tie).

Os Sistemas Isolados são utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar à rede elétrica é elevado. São utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. Já os Sistemas Conectados à rede, substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica.

Um sistema fotovoltaico possui quatro componentes básicos:

- Painéis solares – Fazem o papel de coração, “bombeando” a energia para o sistema. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade.
- Controladores de carga – Funcionam como válvulas para o sistema. Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.
- Inversores – Cérebro do sistema, são responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (AC), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.
- Baterias – Trabalham como pulmões. Armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há sol.

5.2.1.1.1. Estudos para implantação do sistema no TCDF

Foram realizadas duas propostas para instalação do sistema de energia fotovoltaica. Como referido anteriormente, o TCDF é composto por um conjunto de 3 edificações, sendo que o edifício que está sendo estudado é o Ed. Sede, que abriga os gabinetes, que durante o período da tarde é sombreado pelo Ed. Anexo, que é o mais alto, de 8 pavimentos e fica no lado poente. Pensando nessa questão do sombreamento, foi feita uma análise de viabilidade do sistema para dois sistemas com diferentes potências. O primeiro sistema teria 51kWp e produziria 6813kWh mensais médios.

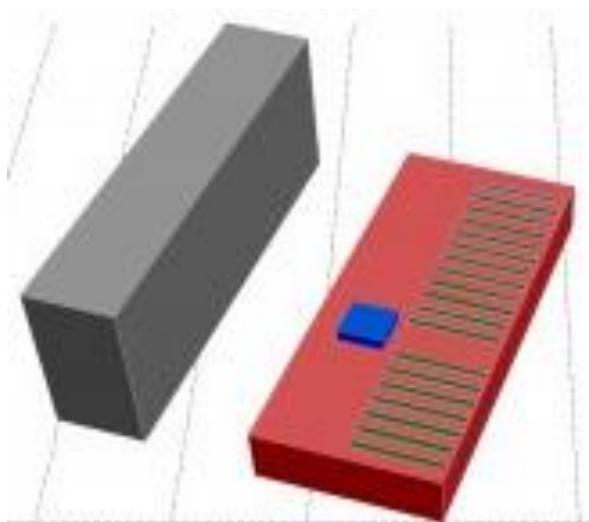


Figura 21 - Simulação do Sistema Fotovoltaico
Fonte: arquivo da autora

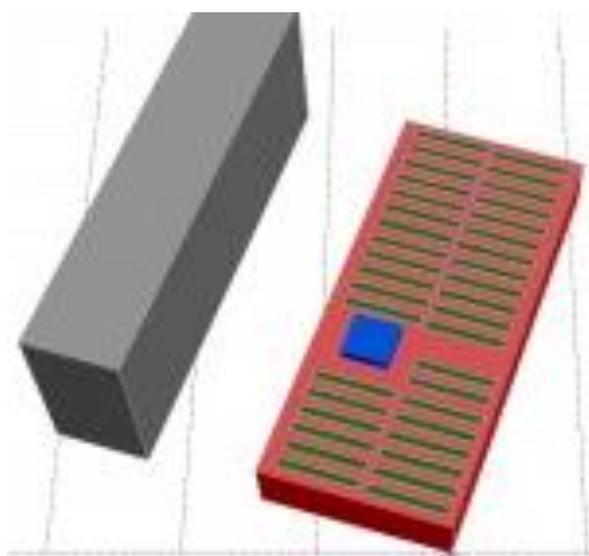


Figura 22 - Simulação do Sistema Fotovoltaico
Fonte: arquivo da autora

Como o consumo de energia elétrica do edifício é muito alto, foi feita análise de viabilidade para um sistema com uma potência instalada maior. Desta forma, foi proposto um segundo sistema com potência instalada de 100kWp. Este sistema foi projetado para ser instalado com 400 painéis de 250Wp, produzindo em média 12770kWh por mês. Com essa segunda configuração, o problema do sombreamento é ainda mais crítico, mas foi proposta uma solução na qual foi dividido cada *string* dos inversores em duas fileiras da mesma coluna, ao invés do mais óbvio que seria colocar cada *string* em cada coluna na extensão do prédio.

Desta forma, o sombreamento prejudica a produção da energia apenas nos *strings* que estão mais próximos do prédio anexo (em cinza), até que a sombra atinge a segunda fileira de painéis, e assim, apenas metade das *strings* terá a produção de energia reduzida pela sombra, enquanto que a outra metade produzirá plenamente. Assim, foi maximizada a utilização da cobertura do prédio e aumentada a produção de energia do sistema em cerca de 10%, apenas mudando a forma de conexão das placas.

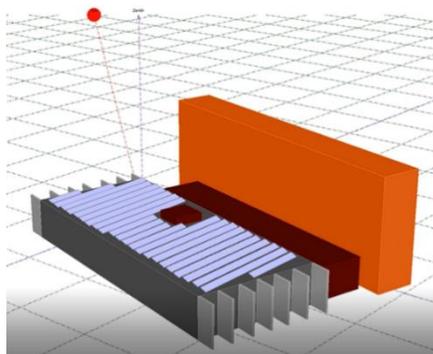


Figura 23 - Simulação do Sistema Fotovoltaico
Fonte: arquivo da autora

Por meio da ferramenta para a avaliação do consumo energético de edificações que auxilia na identificação de estratégias e sistemas mais sustentáveis – o software *EnergyPlus*, podemos avaliar o consumo diário, mensal ou anual da edificação e, com isso, analisar os seus potenciais níveis de redução e uso racional de energia.

A potência do Sistema fotovoltaico não deve ultrapassar de forma alguma 100KW. Conforme retificado no despacho nº 720 de 25 de março de 2014 da ANEEL, retificando a nota explicativa (1) da Tabela 2 da Sessão 3.7 do Módulo 3 do PRODIST,

não é necessário dispositivo de seccionamento visível (DSV) para microgeradores (potência instalada até 100KW) A Potência nominal de saída dos inversores deve estar entre 17.000W, deve-se utilizar módulos de 250W de potência nominal.

| Comparação custo/benefício energia fotovoltaica | | |
|--|-------------------|----------------|
| Dados da Edificação | | |
| Energia consumida no Ed. Sede (kWh/mes): | 48.173 | |
| Valor da conta de luz média anual: | R\$ 18.562,02 | |
| Sistema Fotovoltaico | | |
| Sistema Fotovoltaico | 01 | 02 |
| Potência instalada (kWp): | 51 | 102 |
| Energia gerada estimada por ano (kWh): | 81.757 | 150.159 |
| Energia gerada estimada por mês (kWh): | 6.813 | 12.513 |
| Custo estimado: | R\$ 390.000,00 | R\$ 750.000,00 |
| Abatimento na conta de energia mensal: | R\$ 2.625,22 | R\$ 4.821,61 |
| Abatimento na conta de energia anual: | R\$ 31.502,61 | R\$ 57.859,27 |
| Fração do desconto na conta de energia: | 14,14% | 25,98% |
| Prazo de retorno do investimento (anos): | 12 anos e 5 meses | 13 anos |

Tabela 7 - Custo/benefício energia fotovoltaica
Fonte: arquivo da autora

5.2.1.2. Sistema de esgoto à vácuo

O sistema de esgoto à vácuo, desenvolvido na Suécia, no fim da década de 1950, consiste em um ramal de tubulações que consegue transportar o esgoto graças a uma pressão negativa produzida por uma central, onde há uma bomba ligada à rede elétrica. Uma das vantagens desse sistema é a economia do consumo de água. Em sistema fechado, cada descarga, por exemplo, gasta apenas 1,2 litros de água. No sistema comum de esgoto, cada descarga utiliza de três a seis litros. Além disso, o sistema oferece outro benefício ao meio ambiente: por ser selado, oferece poucos riscos de contaminação, se comparado com fossas sépticas.

Além de ser econômico, o sistema proporciona benefícios adicionais tais como: eliminação de infiltração de águas pluviais; o fim da contaminação do solo pelo esgoto e eliminação dos poços de inspeção e dos espaços confinados. Para áreas que estão usando fossas sépticas bem como para os novos empreendimentos, o sistema de coleta de esgoto a vácuo certamente será a alternativa mais econômica no contexto geral.

Basicamente os sistemas são compostos por três partes: central de vácuo; rede de tubulação a vácuo e caixas de válvulas de interface. A central de vácuo é composta por tanque coletor, bombas de vácuo, quadros elétricos e de comando e bombas de esgotamento do tanque, as quais são responsáveis pelo transporte dos efluentes da central de vácuo até uma estação de tratamento de efluentes ou um coletor público.

A rede de tubulação a vácuo é composta por válvulas de manobra, tubos e conexões de PVC com diâmetros de 50, 75, 100, 150, 200, 250 e 300mm, que partindo da Estação de Vácuo são projetadas para atingirem os pontos de coleta do esgoto. As caixas de válvulas de interface estão distribuídas ao longo da rede de tubulação a vácuo, tendo a função de receber o esgoto proveniente dos pontos de coleta e fazer a interface entre gravidade e vácuo.

O projeto de instalação de esgoto segue à NBR/ABNT 8160/99 e as recomendações específicas; A NBR 8160 - Instalação predial de esgoto sanitário; NBR 5688 - Sistemas de Esgoto Sanitário e Ventilação em PVC e ainda a, NS-EN-12109 - Vacuum Drainage Systems Inside Buildings.

Os vasos sanitários do sistema a vácuo terão acionamento pneumático na parede, o consumo de água do vaso deve ser de no máximo 1,2 litros por acionamento (consumo de água: 0,8 a 1,2 litros por descarga) e será usada apenas para lavar o vaso. Os mictórios serão sem consumo de água. O transporte do efluente deve ser feito através do vácuo na rede.

Durante a descarga, 60 a 80 litros de ar deverão ser levados junto com o efluente, eliminando odores e agentes patogênicos do ambiente. Esse sistema tem na economia total da água, o seu maior apelo para as questões de uso racional dos recursos naturais e não agressão ao meio ambiente, e ainda a redução dos custos operacionais de manutenção, ressaltando que no seu funcionamento não tem qualquer descarte de parte ou peças em substituição pelo uso.

O sistema de esgotamento a vácuo requer uma pressão de trabalho de 2,5Kgf/cm² para acionamento da descarga de água, assim foi considerada uma rede de água fria pressurizada exclusiva para atender às bacias sanitárias. Os componentes, peças e partes, do conjunto deverão apresentar características de facilidades para troca, contribuindo para a diminuição dos custos de manutenção.

O sistema está projetado de modo a: impedir a contaminação e a poluição da água potável; promover a trituração do efluente no acessório disponível dentro da geradora de vácuo antes de ser lançado na rede; manter estanqueidade de modo a não permitir vazamentos, escapamentos de gases e formação de depósitos no interior das canalizações; facilitar os procedimentos de instalação; consumir pouca água, entre outros benefícios.

5.2.1.2.1. A experiência do TCDF com o sistema de esgoto à vácuo

No TCDF o sistema já está em uso no Ed. Anexo desde 2012, tendo proporcionado uma economia de 54,70% no consumo de água, conforme demonstrado na tabela e no gráfico abaixo:

| Tabela de consumo em m ³ anual | | | |
|---|----------|-----------|-------------|
| | Ed. Sede | Ed. Anexo | Ed. Garagem |
| 2004 | 7482 | 5230 | 543 |
| 2005 | 7291 | 6385 | 760 |
| 2006 | 3635 | 6057 | 837 |
| 2007 | 3792 | 7026 | 910 |
| 2008 | 5903 | 7641 | 775 |
| 2009 | 4917 | 6949 | 976 |
| 2010 | 4081 | 4020 | 967 |
| 2011 | 4291 | 2829 | 1125 |
| 2012 | 2348 | 3046 | 1230 |
| 2013 | 2256 | 3018 | 733 |
| 2014 | 2582 | 2973 | 377 |
| Média anual, antes do esgoto à vacuo: | | 6.548 | |
| Média anual, após o esgoto à vacuo: | | 2.967 | |
| Economia: | 54,70% | | |

Tabela 8 - Consumo em m3 anual
Fonte: arquivo da autora

O gráfico, abaixo, demonstra a variação no consumo de água no edifício Anexo em 10 anos, levando-se em conta os dados existentes nos arquivos do Serviço de Manutenção Predial, que foram disponibilizados para essa análise. Observa-se uma redução no consumo em mais de 3.000 milímetros cúbicos anuais.

Ainda não é possível fazer essa comparação no edifício Sede, pois o sistema está sendo instalado na reforma que está acontecendo e tem previsão de término para o mês de março do corrente ano. Assim, apenas em 2021 será possível mensurar a economia gerada após a instalação e uso do sistema.

Futuramente também deve ser instalado o sistema de esgoto à vacuo no edifício Garagem, tendo em vista o alto fluxo de pessoas, já que é o local onde funciona a Escola de Contas do TCDF.

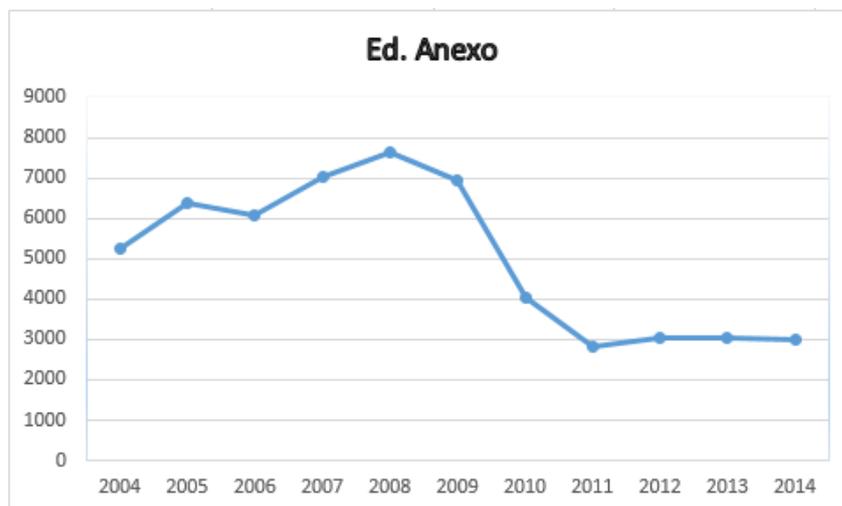


Figura 24 - Consumo anual
Fonte: arquivo da autora

O consumo de água do vaso é de no máximo 1,2 litros por acionamento e é usada apenas para lavar o vaso. O transporte do efluente é feito através do vácuo na rede. Durante a descarga, 60 a 80 litros de ar são levados junto com o efluente, eliminando odores e agentes patogênicos do ambiente. Os vasos sanitários do sistema, são equipados com válvulas pneumáticas especialmente desenvolvidas para coleta de efluentes, acionamento e injeção de água.

A unidade central é composta por: 02 unidades de Vacuumator modelo 25MB, com mínima de vazão de ar de 25.000 litros/hora cada bomba, corpo em Aço Inox e Bronze sendo uma para funcionamento e outra em stand-by para horas de peak load e backup; Pressão de vácuo Final Max.: -0,65 bar. Voltagem: 380v – trifásico. Potência: 3,45 KW.

O projeto de instalação de esgoto seguiu à NBR/ABNT 8160/99 e as suas recomendações específicas, além da NBR 5688 - Sistemas de Esgoto Sanitário e Ventilação em PVC.

A coleta do esgoto primário é realizada por meio de 01 central de vácuo que temem cada gerador de vácuo as funções simultâneas de: sugar o efluente existente na tubulação, triturar, promover a produção de vácuo diretamente na tubulação e lançar na rede pública de esgoto. O sistema é selado, sem ventilação e sem tanques de acumulação de esgoto, a coleta de todo o efluente provenientes dos vasos

sanitários é conduzido desde a origem até o descarte por meio de uma rede de tubulação em PVC.

A isométrica do sistema de esgotamento a vácuo é composto por um conjunto de ramais sub-coletores e coletores prediais, projetados em unidade geradora de vácuo, denominada central de vácuo, composta por um sistema conjugado de duas geradoras de vácuo, tipo hélice, que tem nas suas características principais, atuar simultaneamente na geração do vácuo requerido na tubulação, sugar o que foi lançado de efluente na rede de vácuo, triturar o efluente que passar por dentro da VC soldável classe 15, em diâmetros compatíveis com a solicitação de vazões a serem utilizadas.

5.2.1.3. Sistema de condicionamento de ar

O sistema de condicionamento de ar é utilizado para o tratamento do ar em espaços fechados, para regular a qualidade do ar no interior dos ambientes, proporcionando conforto aos usuários, por meio do controle da umidade e da temperatura.

Os sistemas de ar condicionado podem ser classificados quanto ao tipo de expansão (direta ou indireta) e de condensação (a ar, a água ou evaporativa).

Os sistemas de condicionamento de ar podem ser feitos por unidades do tipo: compacta ou fan-coil. As unidades compactas traz incorporadas todos os componentes de um sistema de condicionamento de ar, exceto dutos e tubulação de água de condensação. Já as unidades do tipo fan-coil (ventilador-serpentina) são aquelas que consistem apenas do invólucro, uma serpentina de cobre/alumínio por onde circula a água gelada, sendo o ar direcionado através de um ventilador para o sistema de filtragem e depois para as serpentinas de onde será insuflado até o ambiente.

O sistema que será utilizado no Tribunal de Contas do Distrito Federal será do tipo "expansão indireta", com utilização de sistemas hidrônicos do tipo fancoil com unidades: cassete (embutidos no forro) e hi-wall (de parede). Será utilizado para resfriamento, água gelada fornecida pela infraestrutura do prédio, nas seguintes

condições: temperatura de entrada de água: 7,2 °c; temperatura de saída de água: 12,7°c.

O ar será distribuído uniformemente, com capacidade nominal de acordo com a carga térmica de cada ambiente. As interligações hidráulicas e interligações elétricas serão a partir dos pontos existentes nos *fancoils* dutados, nas antigas casas de máquinas, utilizando o sistema do prédio.

O controle de temperatura será feito através de controle remoto sem fio, que comandará a operação de uma válvula de duas vias, proporcional, localizada no retorno da tubulação de água gelada dos *fancoils* hidrônicos. A interligação hidráulica entre o *fancoil* e a rede hidráulica a instalar, bem como as válvulas e demais acessórios será feita através de tubos galvanizados devidamente isolados termicamente com tubos de espuma elastoméricas aplicadas segundo as normas e as instruções dos fabricantes.

Foram utilizadas as seguintes premissas gerais de cálculos:

- Estimativa de carga térmica; condições externas e temperatura do bulbo seco = 32 °c (verão);
- Umidade relativa = (media) 40%;
- Condições internas e temperatura de bulbo seco = 24°c (variação de +ou- 2°c);
- Umidade relativa (media) = 50% (com controle opcional);
- Condições arquitetônicas; ambientes adjacentes não condicionados de 27°c;
- Temperatura = 24°c (verão variação de +ou- 2° c).

5.2.1.4. Sistema de iluminação

Os sistemas de iluminação proporcionam o conforto lumínico necessário às atividades de cada ambiente, são compostos pelas luminárias, que devem ser especificadas de acordo com o tipo de iluminação que se pretende obter: geral, localizada, de destaque, de efeito, decorativa ou arquitetônica.

Para se avaliar os custos de energia é imprescindível a determinação da

potência instalada, o nível de iluminância, além da quantidade de luminárias e lâmpadas. O valor da potência por metro quadrado é um índice determinante de sistemas de iluminação econômicos.

No projeto de iluminação do edifício, que é objeto deste estudo de caso, foram realizadas simulações computacionais, por amostragem, com o uso do programa Dialux, para se calcular a iluminância nos ambientes, com o objetivo de obter a quantidade necessária de iluminação para cada ambiente, de acordo com suas atividades, mantendo o consumo de energia eficiente.

As luminárias utilizadas no projeto deste edifício estão descritas no Anexo B desta dissertação.

5.3. Estudo Paramétrico por Meio de Simulação do Desempenho Energético

O projeto paramétrico se origina com dados externos, como a carta solar, os ventos predominantes, entre outras condições, combinadas com fórmulas matemáticas as quais geram parâmetros. Esses parâmetros são analisados, e interpretados por meio de algoritmos e computação gráfica, que transformam informações em modelos digitais, que representam o comportamento térmico, luminoso e energético de edificações, através da simulação de diferentes cenários, permitindo a análise de alternativas distintas de eficiência energética quando a edificação está em fase de projeto ou após a construção.

Estudos paramétricos constituem a etapa inicial de avaliação do desempenho ambiental do projeto de arquitetura, nessa fase o impacto de cada variável do projeto é analisada isoladamente, posteriormente é possível analisar o efeito do conjunto de estratégias.

A avaliação do desempenho energético de edificações é uma tarefa complexa que envolve grande quantidade de variáveis interdependentes e conceitos multidisciplinares, mas que constituem uma ferramenta muito importante de teste para o processo de projeto, contribuindo para a criação de uma estética arquitetônica considerada ambiental.

Para cumprir o objetivo desta pesquisa foi realizada a avaliação e análise do edifício Sede do Tribunal de Contas do Distrito Federal, quanto a questão de eficiência

energética, por meio do estudo paramétrico com o auxílio da ferramenta de simulação termoenergética *EnergyPlus* versão 8.9.

Primeiramente, realizou-se a avaliação de um Modelo Inicial, caracterizado conforme situação prévia à reforma em andamento, que está sendo executada pela Construtora Vila Rica, para depois realizar um estudo de medidas de efficientização energética, em que se desenvolvem cenários com a implementação inicialmente de apenas uma estratégia, ou seja, com a alteração de somente uma variável, para posteriormente avaliar o desempenho energético da combinação entre algumas dessas variáveis de projeto.

Para melhor entendimento dos estudos feitos e aqui apresentados, optou-se por nomear o conjunto de estratégias que estão sendo implementadas na reforma de Vila Rica.

Considerando que a aplicação de cada estratégia resulta em um percentual de economia de energia, assim como a combinação entre elas, decidiu-se por chamar a aplicação de cada uma de cenário. A seguir, apresentam-se a caracterização do cenário inicial e dos demais cenários avaliados.

5.3.1. Caracterização do Modelo Inicial

Por não haver informações suficientes de todos os sistemas, do projeto original, para avaliar o cenário inicial, utiliza-se como referência para caracterização do modelo inicial de pesquisa e simulação paramétrica, dados de pesquisa levantados por Costa et al. (2017) para edifícios no plano piloto. E também, dados do projeto de reforma projetado pelo Setor de Obras e Projetos do TCDF, que está sendo executado pela construtora Vila Rica, levando-se em consideração os elementos de maior relevância para este estudo, que contribuem para a energia eficiente, que é a troca dos sistemas de iluminação artificial, do condicionamento de ar, a instalação de persianas do tipo tela solar, assim como a troca das divisórias.

Vale ressaltar que é uma edificação que faz parte de um conjunto tombado, por esse motivo, não há proposta de grandes alterações na sua geometria, mas a título de estudo, realiza-se a simulação da implantação do edifício em outras

orientações, assim como a substituição de sua cobertura e alteração nos percentuais de aberturas das esquadrias.

Por se tratar de um edifício público, que tem por finalidade acomodar os gabinetes das autoridades do Tribunal de Contas do DF, o layout é quase padronizado, assim mesmo com a reforma, apesar de ter havido várias alterações se comparado ao layout anterior, os usos dos espaços se mantém basicamente os mesmos, por mais que existam diferenças no posicionamento das divisórias.

Além disso, para a definição das zonas térmicas não há a necessidade de se dividir minuciosamente, visto que são os usos e condições de exposição que importam. Assim, na modelagem para a simulação, unificam-se espaços com os mesmos usos e mesmas condições de exposição.

Três tipos de usos são predominantes, ambientes de escritório (gabinetes), circulação e banheiros. A Figura abaixo apresenta a planta com o zoneamento do pavimento superior, dividido pelos três principais usos.

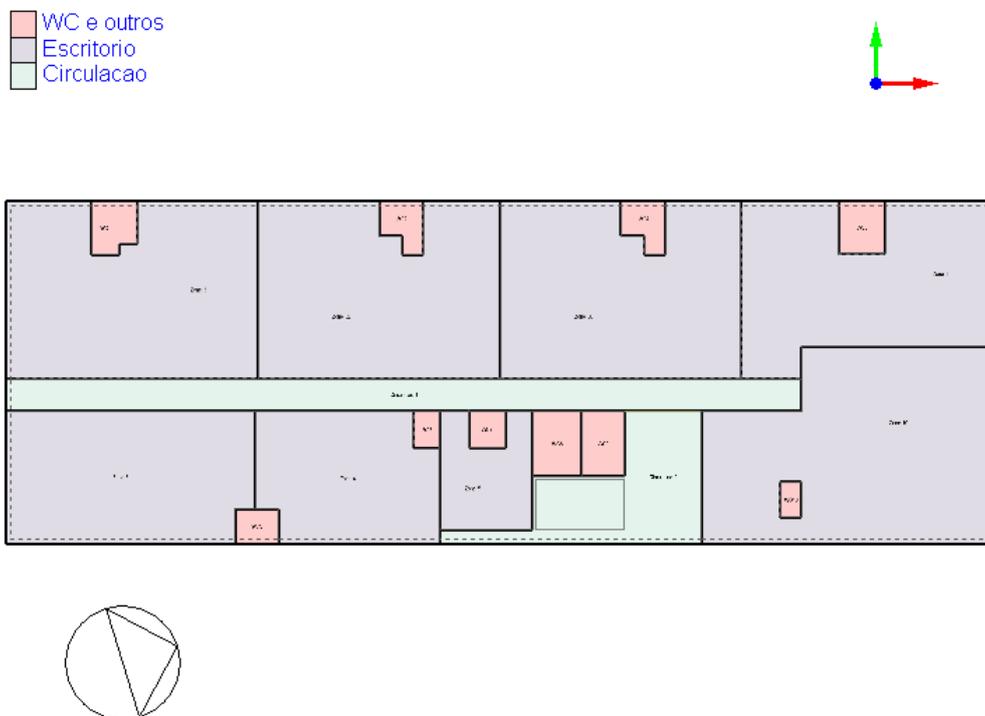


Figura 25 - Zoneamento das diferentes atividades para o piso superior
Fonte: Autora

A fachada frontal da edificação possui orientação de 17° no sentido anti-horário em relação a leste, verificado pelo Google Earth, que também auxiliou para definição das medidas das edificações adjacentes, que são: o edifício Biblioteca (bloco menor e mais baixo) e o edifício Anexo (bloco maior e mais alto). A Figura 26 apresenta o edifício do Tribunal de Contas assim como as edificações adjacentes.

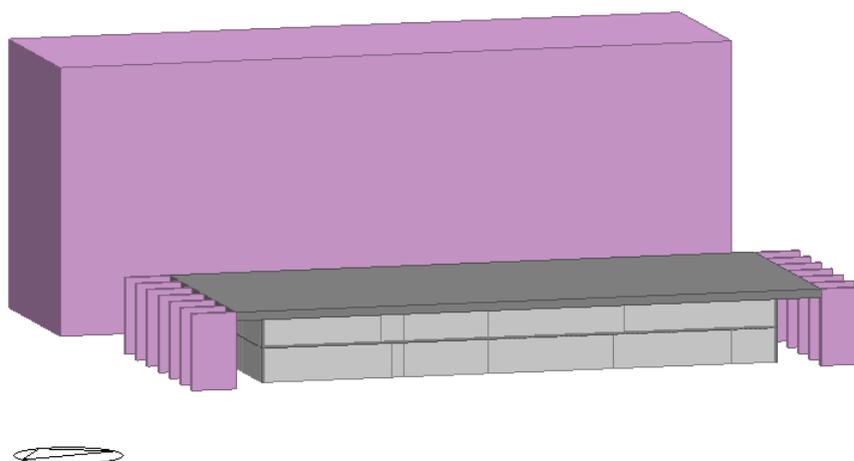


Figura 26 - Perspectiva do modelo com os edifícios do complexo.
Fonte: Autora

A modelagem da edificação do Tribunal de Contas do DF foi realizada a partir de três *blocks*, um para cada pavimento e um específico para a cobertura. Este último não possui nenhum tipo de atividade e nenhum equipamento. Já os *blocks* do primeiro e segundo pavimento possuem as três atividades mencionadas anteriormente - escritório, circulação e banheiros.

Suas caracterizações de taxa de ocupação, potência de equipamentos elétricos e densidade de potência instalada (DPI) de iluminação artificial são apresentadas na Tabela 9.

| | Escritório | Circulação | Banheiro |
|------------------------------------|------------|------------|----------|
| Ocupação (pessoas/m ²) | 0,1100 | 0,1173 | 0,1124 |
| Equipamentos (W/m ²) | 11,77 | 0 | 0 |
| Iluminação (W/m ²) | 14,10 | 11,36 | 8,00 |

Tabela 9 - Densidades para cada tipo de atividade
Fonte: Autora

Por não haver valores de referência para o DPI, utilizam-se os valores levantados por Costa et al. (2017) para edifícios no plano piloto contemporâneos ao edifício do Tribunal de Contas do DF, que possuem etiqueta entre C e D, segundo o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Assim se utiliza o nível de D de eficiência energética como parâmetro para o modelo inicial.

Os valores de ocupação e equipamentos são *default* do programa para esse tipo de uso. Enquanto a rotina de uso segue o padrão da edificação, que funciona prioritariamente das 12h às 19h, de segunda a sexta, tendo nos outros horários e dias movimentação irrelevante.

O sistema de condicionamento de ar segue a mesma lógica do sistema de iluminação artificial por não haver dados específicos, e assim se baseia no levantamento de Costa et al. (2017). É utilizada uma etiqueta C, que confere um coeficiente de performance (CoP) de 2,81 segundo o RTQ-C. Utiliza-se um *setpoint* de resfriamento de 24°C e não há *setpoint* para aquecimento nem *setbacks*. Também não há ventilação natural e a taxa de infiltração é mantida mínima, somente pelas frestas das esquadrias, em 0,7 renovações de ar por hora. O período de operação do sistema de condicionamento segue o período de ocupação da edificação.

Quanto aos materiais de vedação, estes seguem as definições de projeto e são modelados a partir do estudo de camadas equivalentes de Weber et al. (2017). As divisórias internas são em MDF e Dry-Wall. Já a laje do térreo é de concreto, da mesma forma que a de entrepiso, porém esta possui forro de gesso.

A cobertura constitui-se de telha metálica, mais subtelha de fibrocimento e forro de gesso, separados por camada de ar. Os pilares dos pórticos e as vedações verticais do telhado são em mármore branco. Utiliza-se uma absorvância de 0,3, conforme recomendação da NBR 15.575 – Norma de Desempenho, para superfícies claras.

A edificação adjacente, Edifício Anexo do TCDF, também é caracterizada como a pedra branca, visto que é um edifício todo envidraçado com brises em

alumínio, com alto grau de refletância assim como o acabamento em pedra. A Tabela 10 apresenta os valores de resistência térmica para as composições dos sistemas mencionados.

A edificação, que é objeto deste estudo, é basicamente toda envidraçada, com vidro laminado de 6mm, caracterizado conforme a Tabela 11. Ademais, para as zonas térmicas no andar térreo, utiliza-se o programa *Slab*, para definição do domínio do solo e assim mediar as trocas térmicas. O *Slab* é um pré-processador, utilizado em casos de edificações com lajes em contato com o solo, ou seja, praticamente toda apoiada no solo.

| | Resistencia Térmica (m ² K/W) |
|-----------------------|---|
| Divisória em MDF | 0,427 |
| Laje piso | 0,345 |
| Laje entrepisos | 0,614 |
| Cobertura | 0,747 |
| Revestimento de Pedra | 0,179 |

Tabela 10 - Caracterização da resistência térmica dos sistemas
Fonte: Autora

| | Vidro Laminado |
|---|-------------------|
| Fator Solar (W/W) | 0,827 |
| Transmissão luminosa (W/W) | 0,891 |
| Transmitância Térmica (W/m ² K) | 5,687 |

Tabela 11 - Características físicas do vidro laminado
Fonte: Autora

As simulações são realizadas para o período inteiro do ano e são extraídos os dados de consumo para o mesmo período. A esse fim, utiliza-se o arquivo climático disponibilizado pelo projeto Solar and Wind Energy Resource Assessment (*swera*) juntamente com o INPE e LABSOLAR/UFSC para a cidade de Brasília.

5.3.2. Caracterização das Intervenções Propostas

Ao todo são avaliadas 20 (vinte) estudos de intervenção, em que 13 (treze) são alterações pontuais de características da edificação, desde elementos da envoltória, sistemas ativos e emprego de ventilação natural e 7 (sete) são estudos de alterações realizadas em conjunto. E ainda, são avaliadas 4 (quatro) posições de implantação do edifício com diferentes orientações solares. A Tabela 12, apresenta todas os estudos de intervenção simulados.

| Item | Estudos de Intervenção |
|------|--|
| * | Posição predominante Leste |
| * | Posição predominante Oeste |
| * | Posição predominante Norte |
| * | Posição predominante Sul |
| 1 | Substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha |
| 2 | Colocação de Persianas do tipo tela solar |
| 3 | Aumento do beiral |
| 4 | Cobertura A - laje |
| 5 | Cobertura B – laje + isolamento na cobertura |
| 6 | Substituição do vidro da fachada por vidro seletivo |
| 7 | Redução do Percentual de abertura na fachada (40%) |
| 8 | Somente Ventilação Noturna (18%) |
| 9 | Somente Ventilação Noturna (40%) |
| 10 | Ventilação Híbrica (18%) |
| 11 | Ventilação Híbrica (40%) |
| 12 | HVAC - Substituição do sistema de condicionamento de ar (etiqueta A) |
| 13 | Iluminação - Substituição do sistema de iluminação artificial (etiqueta A) |
| 14 | Ativos (12 + 13) |
| 15 | Ativos e passivos (1 + 12 + 13) |
| 16 | Reforma em execução (1 + 2 + 12 + 13) |
| 17 | Combinação de Passivos |
| 18 | Reforma + Cobertura B |
| 19 | Reforma + Tipo de Vidro |
| 20 | Combinação de vários elementos (1+2+4+6+10+12+13) |

Tabela 12 - Estudos de intervenção

Fonte: Autora

Os 7 (seis) últimos estudos avaliados, conforme supracitado, são a combinações de várias alternativas, tais como:

Item 14. Aplicação das estratégias ativas, substituição dos seguintes sistemas:

- ✓ Condicionamento de ar e
- ✓ Iluminação.

Item 15. Implementação de estratégias ativas e passivas:

- ✓ Substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha;
- ✓ Substituição do sistema de condicionamento de ar e
- ✓ Substituição do sistema de iluminação.

Item 16. Intervenções que estão sendo implementadas por meio da reforma que está sendo executada pela construtora Vila Rica:

- ✓ Substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha;
- ✓ Instalação de persianas do tipo tela solar;
- ✓ Substituição do sistema de condicionamento de ar e
- ✓ Substituição do sistema de iluminação.

Item 17. Aplicação das estratégias passivas, com as seguintes alterações:

- ✓ Substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha;
- ✓ Instalação de persianas do tipo tela solar;
- ✓ Cobertura composta por laje + isolamento (Cobertura A);
- ✓ Substituição do vidro da fachada por vidro seletivo e
- ✓ Implementação de ventilação híbrida com percentual de abertura de 18%.

Item 18. Combinação das intervenções que estão sendo aplicadas na reforma (item 16) com a alteração do tipo de cobertura;

Item 19. Combinação das intervenções que estão sendo aplicadas na reforma (item 16) com a modificação do tipo de vidro;

Item 20. Junção de algumas das opções que estão sendo empregadas na obra com outras que poderiam agregar valor em termos de eficiência energética:

- ✓ Substituição das divisórias internas por gesso com lã de *rocha*;
- ✓ Instalação de persianas do tipo tela solar;
- ✓ Cobertura composta por laje + isolamento (Cobertura A);
- ✓ Substituição do vidro da fachada por vidro seletivo;
- ✓ Implementação de ventilação híbrida com percentual de abertura de 18%;
- ✓ Substituição do sistema de condicionamento de ar e
- ✓ Substituição do sistema de iluminação.

Quanto aos estudos a respeito da orientação solar, foram simuladas quatro possibilidades, levando em consideração o desvio de 17°, que já existe na posição que o prédio está em relação ao Leste (posição original), assim foram feitos os estudos nas orientações predominantemente: leste, oeste, norte e sul.

Posição predominante Leste

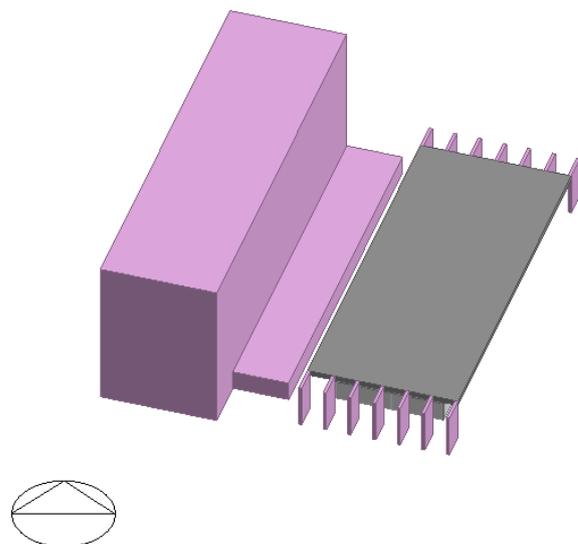


Figura 27 - Perspectiva do modelo com os edifícios do complexo.
Fonte: Autora

Posição predominante Oeste

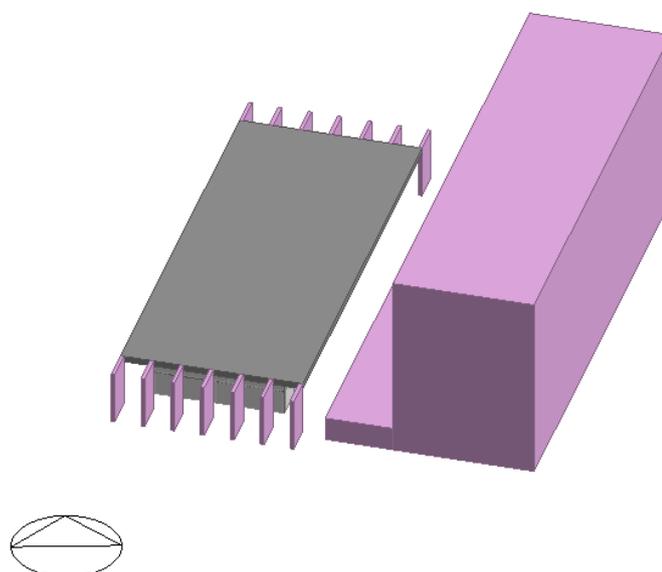


Figura 28 - Perspectiva do modelo com os edifícios do complexo.
Fonte: Autora

Posição predominante Norte

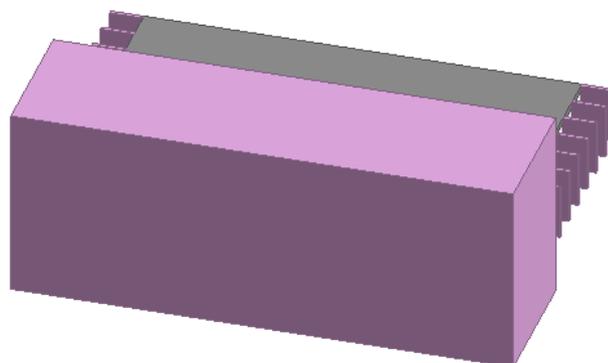


Figura 29 - Perspectiva do modelo com os edifícios do complexo.
Fonte: Autora

Posição predominante Sul

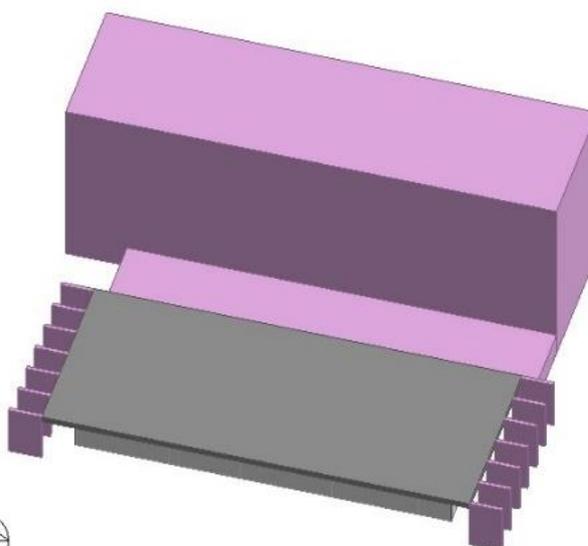


Figura 30 - Perspectiva do modelo com os edifícios do complexo.
Fonte: Autora

Após a realização da simulação, da implantação do edifício nas quatro posições, feita com o auxílio do software *EnergyPlus*, os resultados mostraram que a melhor posição para a implantação do edifício seria com a fachada mais voltada para sul, com uma diferença percentual pequena em termos de redução de consumo elétrico, a segunda melhor posição para implantação do edifício seria com a fachada voltada para leste, que é a posição original do edifício, esse resultado foi uma grata surpresa, visto que as fachadas do objeto de estudo são praticamente todas envidraçadas e voltadas para o eixo leste-oeste, que a princípio não seria a orientação ideal, contudo, parece que as demais características compensaram a sua orientação solar.

Em terceiro lugar, com relação ao percentual de economia de energia, ficou a fachada mais voltada para o norte e por último, a fachada mais voltada a oeste. Esse resultado, apresentado por meio da simulação termoenergética, parece estar relacionado ao desvio de 17° e também a existência do edifício mais alto adjacente, que é o Edifício Anexo, que possui 8 (oito) pavimentos e provoca sombreamento no Edifício Sede, durante várias horas do dia, dependendo da posição de ambos em relação ao sol.

O gráfico a seguir mostra os percentuais de redução do consumo de energia para cada posição simulada.

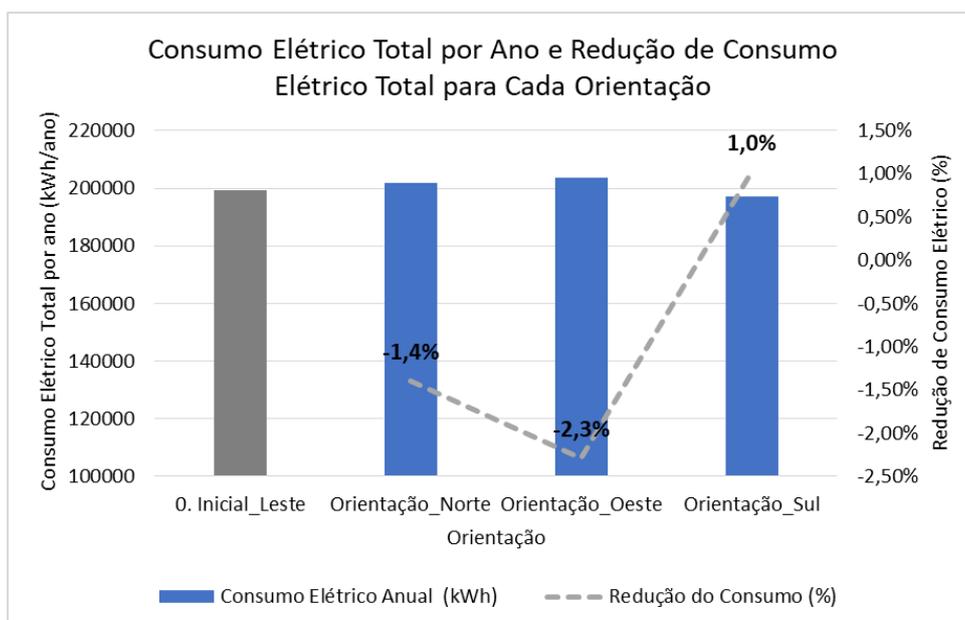


Figura 31 - Consumo elétrico por cenário e da redução do consumo em comparação com o cenário inicial
Fonte: Autora

A seguir descreve-se a caracterização dos 13 primeiros cenários, com os estudos de intervenção que foram simulados, por meio do software *EnergyPlus*, com a aplicação de cada estratégia individualmente:

5.3.2.1. Cenário 1 – Substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha

O primeiro estudo de intervenção analisa a substituição das divisórias internas por divisórias em gesso com preenchimento interno em lã de rocha. Apesar de haver três tipos de divisórias no projeto de reforma em execução, a maior parte das diferenças se deve a suporte e outras questões menores de acabamento que não interferem no desempenho termoenergético.

Foram especificadas no projeto de reforma: divisórias de MDF, termo acústica, com 9 cm e em *drywall* com lã de rocha com duas diferentes espessuras, 12 cm e 15 cm. Entretanto, tendo em vista que o modelo virtual não possui todas as divisórias existentes no projeto por motivos já elencados anteriormente, utiliza-se como referência para a avaliação termoenergética, a divisória de 12 cm, que compreende uma maior quantidade em metros aplicados no projeto do Edifício Sede do TCDF.

Vale destacar que essa variação da largura da cavidade de ar não altera a resistência térmica, por ser um valor fixado pela NBR 15.220 para cavidades até 5 cm. O que realmente influencia no desempenho térmico é o material, as placas de gesso e especialmente a lã de rocha de 4 cm. A caracterização das camadas segue as recomendações de Weber et al. (2017) e resulta em um sistema de resistência térmica de 1,706 m²K/W.



Figura 32 - Gabinete com divisórias em DryWall
Fonte: Arquivo da autora

Feitas as análises por meio da simulação com o uso do software, obteve-se uma redução de consumo elétrico no Edifício Sede do TCDF de apenas 0,7%, com a aplicação desta estratégia.

5.3.2.2. Cenário 2 – Instalação de Persianas do tipo tela solar

Nessa segunda intervenção foi analisada a redução no consumo de energia do prédio em estudo, com a instalação de persianas do tipo tela solar. A caracterização da persiana segue especificação do caderno de encargos (Anexo B). Como não estavam disponíveis todos os parâmetros necessários para caracterização completa, utilizou-se como base o *window shading* do programa *Shade roll - light translucent*.

Com a alteração dos dados fornecidos pelo caderno de encargos, a caracterização da persiana segue o exposto na Figura 28. Sua operação segue o limite de radiação solar que atravessa a abertura de 120 W/m^2 , o que de certa

forma se aproxima da operação manual, que almeja evitar alta insolação no ambiente.

| | |
|-------------------------|---------|
| Thickness (m) | 0,0030 |
| Conductivity (W/m-K) | 0,10000 |
| Solar transmittance | 0,120 |
| Solar reflectance | 0,670 |
| Visible transmittance | 0,100 |
| Visible reflectance | 0,500 |
| Long-wave emissivity | 0,900 |
| Long-wave transmittance | 0,000 |

Figura 33 - Caracterização física da persiana
Fonte: Window shading

Realizados os estudos paramétricos obteve-se um percentual de 1,4% de economia de energia com relação ao consumo elétrico total por ano.

5.3.2.3. Cenário 3 – Aumento do beiral

Nesse cenário foi estudado uma possível alteração na envoltória do Edifício, com o aumento de 2,0 m (dois metros) no beiral, na fachada leste. O percentual de redução no consumo de energia foi de 1,7%, um valor que a princípio pode ser considerado pequeno, mas entre as propostas individuais de implementação de melhorias, foi o que apresentou melhor resultado.

Se for levado em consideração, para o cálculo do potencial total de economia de energia, que o consumo de energia de um edifício, que acomoda em torno de 250 funcionários, trabalhando em regime de 7 (sete) horas diárias, 5 (cinco) dias na semana, é bem elevado, esse percentual representa uma boa economia ao longo de um ano.

5.3.2.4. Cenário 4 – Cobertura A - laje

Nesse cenário foi feita a avaliação levando em consideração que o Edifício tivesse apenas uma laje de concreto, comum, com 10 cm de espessura, assim a transmissão térmica foi de 1,626 W/m².K. e a redução na economia de consumo elétrico ficou em apenas 1,2%.

5.3.2.5. Cenário 5 – Cobertura B - laje + isolamento na cobertura

Nesse cenário estuda-se a incrementação de isolamento térmico à laje de cobertura. Para melhorar o desempenho da cobertura, propõe-se a adição de uma laje de concreto, junto com forro de gesso – e uma cavidade de ar entre eles – de forma semelhante as demais lajes do projeto. E, ainda, a colocação de isolamento térmico de lã de rocha de 4 cm.

A caracterização das camadas segue a NBR 15220 e as recomendações de Weber et al. (2017), o que resulta em um sistema de resistência térmica de 2,39 m²K/W e um percentual de redução no consumo de energia em 5,6%, o que indica que esta é uma ótima opção de estratégia, com um desempenho relevante.

5.3.2.6. Cenário 6 – Tipo de vidro

Para diminuir a carga térmica propõe-se a troca do vidro por um vidro laminado simples, porém seletivo - *Guardian SunGuard SuperNeutral 68* –, que possui baixo fator solar, mas ainda com boa transmissão luminosa, conforme indicado na tabela.

| | Vidro Laminado Seletivo |
|--|-------------------------|
| Fator Solar (W/W) | 0,454 |
| Transmissão luminosa (W/W) | 0,735 |
| Transmitância Térmica (W/m ² K) | 5,378 |

Tabela 13 - Características físicas do vidro laminado seletivo
Fonte: Autora

De acordo com Rivero (apud Araújo, 1999, p. 2):

As propriedades dos vidros absorventes e refletivos (refletivos) da radiação solar, simples ou duplos, fabricados atualmente, não constituem uma solução satisfatória para os tipos de climas que normalmente encontramos nas latitudes inferiores a 40°, que é o caso de Brasília.

Porém o resultado obtido com esta substituição surpreendeu, foi de 5,7% de economia de energia, assim como a alteração da cobertura, um percentual considerável.

5.3.2.7. Cenário 7 – Redução do PAF

Para esse cenário a proposta foi analisar o resultado que poderia ser obtido, em termos de economia de energia, com a alteração do percentual de abertura na fachada, que passaria dos 18% atuais para 40% de taxa de abertura, com parede externa em alvenaria tradicional seguindo a NBR 15220, com transmissão térmica de 2,39 m²K/W.

O resultado da simulação termoenergética aponta uma redução de 8,0% no consumo elétrico. Sendo assim, uma das melhores estratégias entre todas as analisadas.

5.3.2.8. Cenário 8 – Somente Ventilação Noturna (18%)

O modo misto de ventilação permite o uso de ventilação natural para retirada de calor nos períodos em que o sistema de condicionamento de ar não está em operação. Manteve-se o *setpoint* do ar condicionado em 24°C e desta forma o emprego da ventilação natural só ocorre em temperaturas inferiores aos mesmos 24°C.

Todavia, diferentemente da rotina de operação do sistema de condicionamento de ar, que só funciona nos períodos com ocupação, a ventilação natural pode ocorrer em qualquer horário do dia com temperaturas inferiores a 24°C e assim também possibilita o resfriamento noturno da massa térmica. A taxa de renovação do ar não é fixada e é calculada a partir dos dados de direção e velocidade dos ventos do arquivo climático e a área útil de abertura das janelas, que segue definição de projeto e é de 18%.

Neste caso, para a ventilação noturna, foi realizada a simulação sem o forro, considerando a existência apenas da laje exposta. A transmissão térmica do sistema (da laje sem o forro) assim é de 2,467 m²K/W. Quanto ao período de ventilação noturna, esta vai até as 8h00 da manhã. O resultado foi um percentual de economia de energia de 3,9%.

5.3.2.9. Cenário 9 – Somente Ventilação Noturna (40%)

Nesta simulação mantem-se as premissas do cenário anterior, apenas com a modificação na taxa de abertura da fachada que passaria a ser de 40%. O percentual

de economia de energia aumentaria muito pouco percentualmente, passando a ser de 4,5%.

5.3.2.10. Cenário 10 – Ventilação Híbrida (18%)

De acordo com as características do clima, local e tipo de edificação, a ventilação natural estabelecida pelas aberturas nas fachadas tem sua aplicação limitada, mas podendo ser potencializada por meio da ventilação híbrida (ventilação natural e mecânica), que é uma maneira muito simples de reduzir os gastos com energia elétrica em edificações, consistindo na simples alternância entre o uso da ventilação natural e o sistema de condicionamento artificial.

Para este cenário foi analisada a possibilidade de gerar economia de energia considerando as aberturas existentes no edifício, que representam 18% da área de fachada. O resultado obtido foi de 9,2%, um percentual muito bom, principalmente se for levado em consideração que não é necessário quase nenhum investimento para uma economia tão expressiva.

5.3.2.11. Cenário 11 – Ventilação Híbrida (40%)

Propondo uma modificação nas aberturas das fachadas, em que passariam a ser de 40% do total da área de fachada, foram feitas as análises e o percentual de redução de gasto energético aumentou para 11,2%. Considerando que trata-se de um edifício com restrições quanto as alterações em sua envoltória, devido ao tombamento, talvez seja um desgaste muito grande fazer esta intervenção frente a um ganho muito pequeno se comparado ao estudo anterior, em que se mantém as aberturas existentes. Além disso, é preciso lembrar que o horário predominante de uso e ocupação do edifício é no período vespertino, assim se não houver necessidade de ligar os aparelhos de ar condicionado no período matutino, essa estratégia pode ser pouco útil.

5.3.2.12. Cenário 12 – HVAC - Substituição do sistema de condicionamento de ar (etiqueta A)

Com a realização da substituição do sistema antigo pelo sistema novo durante a obra de reforma, o desempenho do sistema de condicionamento de ar que antes de enquadrava nos parâmetros da etiqueta nível C, do Procel, passa a se encaixar em uma etiqueta nível A, ou seja, passa para o nível mais econômico possível, dentro do que é estabelecido pelo Regulamento Técnico da

Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

Tendo em vista que para construções e reformas com verba da união exige-se a etiqueta A do RTQ-C, o edifício em estudo, apesar de fazer parte da esfera distrital, passa a atender o nível mais alto de exigência. O Coeficiente de desempenho ou performance (CoP) do sistema de condicionamento de ar, que é a proporção de aquecimento ou resfriamento útil fornecido para o trabalho necessário, passa com essa substituição de 2,81 para 3,23. COPs mais altos equivalem a custos operacionais mais baixos.

5.3.2.13. Cenário 13 - Iluminação - Substituição do sistema de iluminação artificial (etiqueta A)

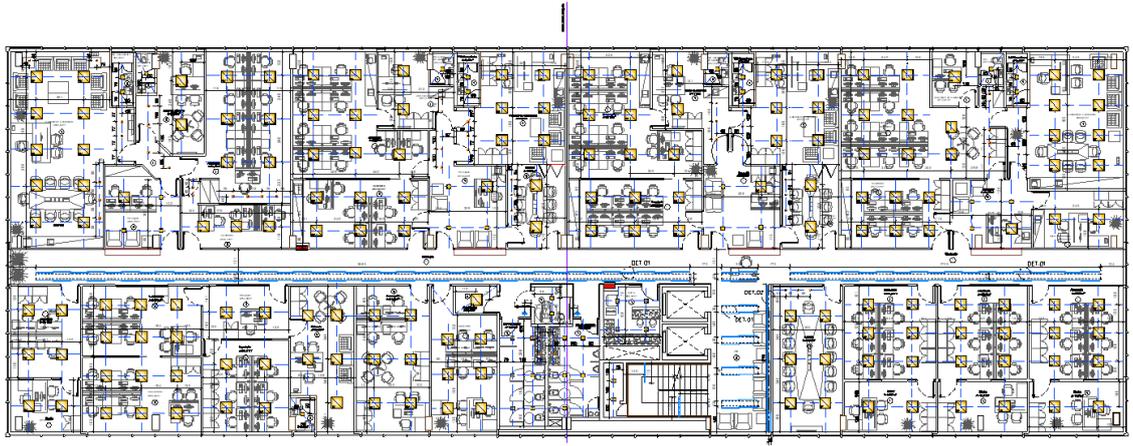
Da mesma forma que o sistema de condicionamento de ar, o sistema de iluminação artificial também aponta para a necessidade de atendimento aos indicadores da etiqueta nível A do Procel.

O projeto luminotécnico elaborado pelo Serviço de Obras e Projetos para a reforma do edifício Sede do TCDF, foi feito tendo como base os indicadores da norma NBR 5413, de Iluminância de Interiores, que define os critérios-limite dos níveis de eficiência dos sistemas de iluminação e como meta atingir os índices para ter média de eficiência energética suficiente para obtenção da etiqueta A. As novas densidades de potência instalada (DPI) propostas para cada tipo de atividade seguem o exposto na Tabela 14.

| | Escritório | Circulação | Banheiro |
|--------------------------------|------------|------------|----------|
| Iluminação (W/m ²) | 9,70 | 7,10 | 5,00 |

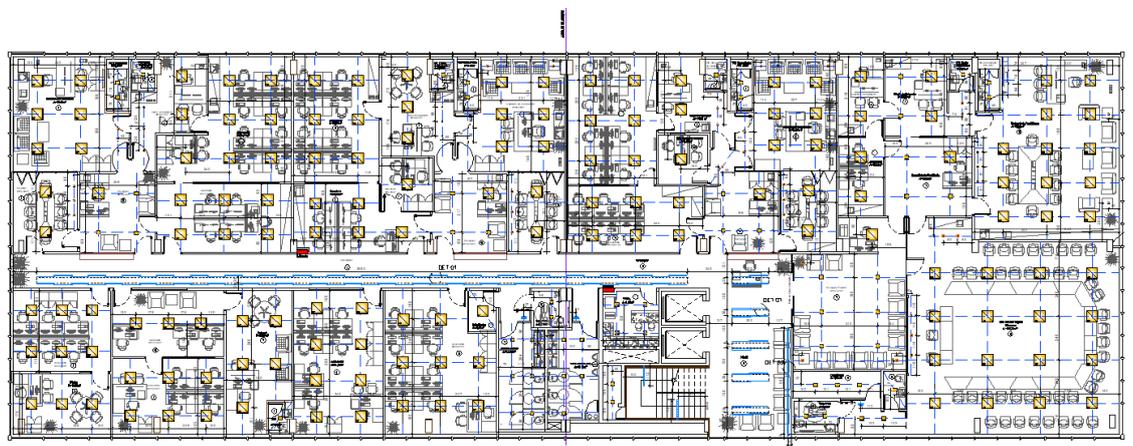
Tabela 14 - Novos DPIs propostos
Fonte: Autora

Com a implementação desta estratégia as simulações indicaram uma economia de 12,7%, um resultado bastante expressivo.



PLANTA DE ILUMINAÇÃO 1º ANDAR
DEC. 18

Figura 34 - Planta de iluminação 1º andar
Fonte: Arquivo da autora



PLANTA DE ILUMINAÇÃO 2º ANDAR
DEC. 18

Figura 35 - Planta de iluminação 2º andar
Fonte: Arquivo da autora

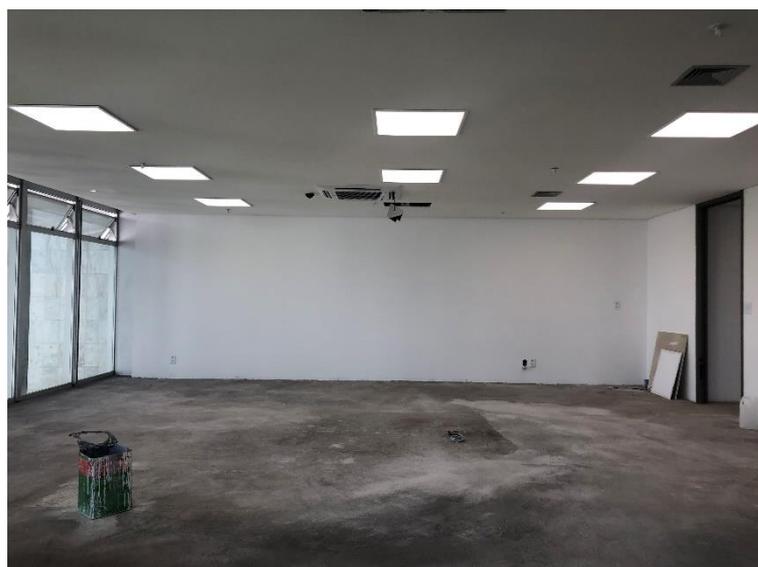


Figura 36 - Gabinete com iluminação em painéis de LED
Fonte: Arquivo da autora

Na sequência são apresentados os cenários avaliados com a combinação de algumas alternativas, tais como:

5.3.2.14. Cenário 14 – Ativos

Aplicação das estratégias ativas, com a substituição dos sistemas de condicionamento de ar e de Iluminação. As simulações para esta proposta resultaram em uma redução de 18,5% no consumo elétrico.

5.3.2.15. Cenário 15 – Combinação de estratégias ativas e passivas:

Avaliação da aplicação de algumas estratégias, que estão sendo executadas no projeto de reforma em andamento, como: substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha, substituição do sistema de condicionamento de ar e substituição do sistema de iluminação. O percentual de redução no consumo de energia elétrica para esse cenário ficou em 19%.

5.3.2.16. Cenário 16 – Intervenções que estão sendo implementadas por meio da reforma que está sendo executada pela construtora Vila Rica:

Neste cenário foi simulada a combinação das intervenções que estão sendo executadas na reforma, com a substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha; instalação de persianas do tipo tela solar; substituição do sistema de condicionamento de ar e substituição do sistema de iluminação. O ganho em termos de economia de energia, para essa simulação que representa a realidade futura do edifício após a reforma, foi de 19,9%. Um percentual muito representativo para um edifício público, que faz parte de um conjunto tombado, que é a Sede do órgão fiscalizador do governo do Distrito Federal.

5.3.2.17. Cenário 17 – Combinação de Passivos

Aplicação de algumas estratégias passivas, que seriam: substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha, instalação de persianas do tipo tela solar, cobertura composta por laje mais uma camada de isolamento (aqui denominada de Cobertura A), substituição do vidro da fachada por vidro seletivo e implementação de ventilação híbrida com percentual de abertura de 18%. Para esse cenário seria obtido 23,5% de economia de energia no edifício em estudo.

5.3.2.18. Cenário 18 - Reforma + Cobertura B

Combinação das intervenções que estão sendo executadas na reforma, que foram citadas no item 5.3.2.15, com a alteração do tipo de cobertura, onde propõe-se a adição de uma laje de concreto, a colocação de isolamento térmico de lã de rocha de 4 cm, forro de gesso e ainda, uma cavidade de ar entre as duas camadas (laje e forro). Com esse acréscimo poderia ser obtido 23,9% de redução no consumo de energia.

5.3.2.19. Cenário 19 - Reforma + Tipo de Vidro

Neste cenário foi simulada a combinação das intervenções que estão sendo executadas na reforma, mudança das divisórias, dos sistemas de ar condicionado e de iluminação, com a adição da alteração do tipo de vidro, que passaria a ser um vidro laminado simples, porém seletivo (*Guardian SunGuard SuperNeutral 68*), com baixo fator solar e boa transmissão luminosa. O resultado ficou muito parecido com o cenário anterior obtendo 24,0% de economia.

5.3.2.20. Cenário 20 - Combinação final (de vários elementos)

Nesta última simulação, a proposta foi analisar a combinação de várias estratégias: substituição das divisórias internas por gesso com lã de rocha, colocação de persianas do tipo tela solar, alteração na cobertura, que seria composta apenas por uma laje, substituição do vidro da fachada por vidro seletivo, implementação de ventilação híbrida com percentual de abertura de 18%, substituição do sistema de condicionamento de ar (etiqueta A) e substituição do sistema de iluminação artificial (etiqueta A). A junção de todos esses elementos, mesmo sem realizar a simulação termoenergética, já indicaria um caminho de redução de consumo de energia bastante óbvio, o valor alcançado confirma essa percepção, a economia estaria na ordem de 38,5%.

5.4. Resultados das intervenções propostas

Os gráficos (Figuras 37 e 38) apresentam os resultados de consumo energético anual para cada cenário. Os cenários relativos as estratégias passivas

estão em azul, enquanto os cenários com a alteração das estratégias ativas estão em laranja. Os cenários que são composições de mais de uma proposta de intervenção não são barras cheias, mas barras tracejadas.

Os resultados da simulação mostram que, no geral, as estratégias passivas, com exceção da ventilação natural, possuem impacto menos marcante, especialmente a alteração das divisórias (0,7%). A colocação das persianas também apresentou resultados pouco relevantes, com uma redução do consumo energético de 1,4%, apesar de cumprir com o objetivo de proteger os ambientes, diminuindo a absorção de calor, permitindo que haja luminosidade suficiente para que não seja necessário o uso intermitente da luz artificial e embora o sombreamento seja uma estratégia muito recomendada para o contexto climático de Brasília. Isso pode estar atrelado ao fato do edifício já possuir robustos beirais e pórticos que funcionam como *brise*, assim como pelo sombreamento da edificação adjacente.

Com a finalidade de testar a possibilidade de um ganho maior em termos de economia de energia, foi realizada a simulação termoenergética para o edifício com a possibilidade de inserção de um beiral de 2,0 metros na fachada leste, o resultado não foi animador, o percentual de redução nos gastos com energia seria de 1,7%.

As alterações das vedações horizontais e verticais possuem resultados mais expressivos, como uma diminuição de 5,6% e 5,7% para a alteração da cobertura e substituição do vidro, respectivamente. Entretanto, se a cobertura fosse composta apenas por uma laje o gasto energético seria muito maior, visto que os estudos apontaram um percentual de 1,2% apenas na redução do consumo energético contra os 5,6% da cobertura que chamamos aqui de Cobertura B.

Contudo as estratégias passivas que mais se sobressairam foram as que empregam a ventilação natural por meio do modo misto de ventilação, a primeira estudada mantém o percentual de abertura na fachada de 18% e obtém um resultado de 9,2% de redução, a segunda propõe uma abertura maior, de 40%, com parede externa em alvenaria tradicional, com transmitância térmica de 2,39 m²K/W, apresentando um percentual de 11,2% de economia.

Esse valor é equiparável a melhoria proporcionada pela proposta de realizar a alteração do sistema de iluminação artificial, que faz parte das estratégias ativas e apresenta redução do consumo de 12,7%. Já a substituição do sistema de condicionamento de ar indica uma economia de 7,1%.

Entretanto, apesar de individualmente, os estudos apontarem que os sistemas ativos proporcionam melhorias mais significativas, de forma conjunta, as estratégias passivas possuem resultados melhores, com uma redução de 23,5% em oposição aos 18,5% de redução proporcionados pelas alterações dos sistemas ativos.

Mais do que pensar as estratégias individualmente, os estudos apontam que em conjunto há a possibilidade de potencialização das estratégias. Isso fica claro com o emprego de todas as estratégias juntas, que possibilitam uma redução do consumo energético anual de até 38,5%.

Fazendo uma comparação com os edifícios médios no Brasil, usados como base neste estudo, o Edifício Sede do TCDF apresentava antes da reforma um consumo de energia de 158 kWh/m²ano (Quilowatt ano por metro quadrado), acima do consumo de 141 kWh/m²ano, dos edifícios públicos estudados por Amorim et al. (2004) e acima também dos edifícios estudados por Costa (2018), que encontrou uma média de consumo de energia elétrica total das trinta edificações públicas estudadas de 132,1 kWh/m²ano.

Com as estratégias implementadas na reforma, espera-se que o edifício tenha uma redução de praticamente 20% no consumo de energia, passando então a consumir algo em torno de 126 kWh/m²ano, um gasto abaixo da média indicada pelos estudos citados, o que indica um avanço importante e muito representativo.

Vale lembrar que se trata de um edifício existente, que faz parte de um conjunto tombado, com restrições quanto às alterações em sua morfologia. Contudo, se todas as estratégias fossem aplicadas, os estudos indicam que o consumo passaria a ser em torno de 97 kWh/m²ano.

Os gráficos a seguir apresentam os resultados encontrados, em cada cenário, com a simulação por meio do software *EnergyPlus*:

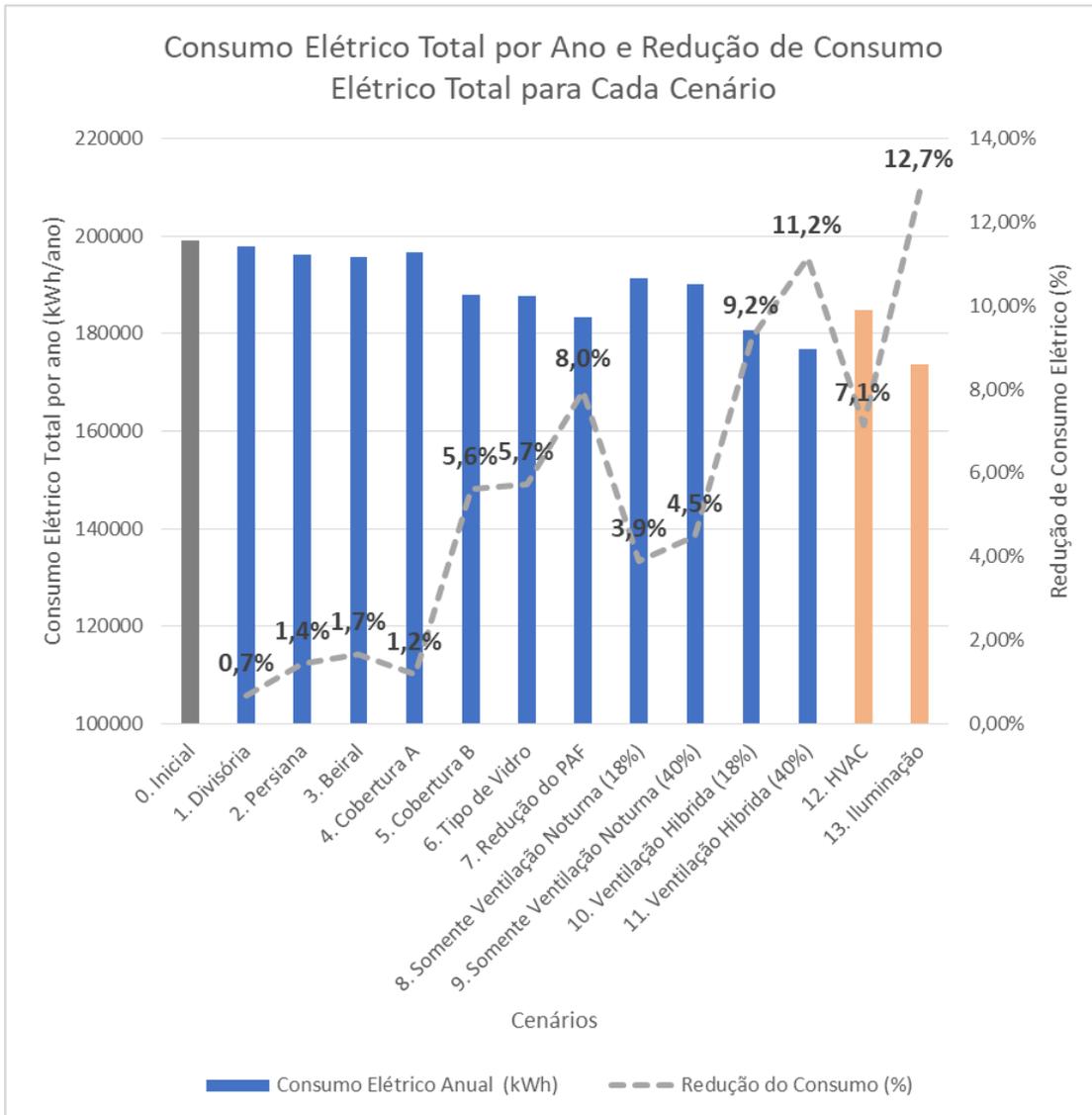


Figura 37 - Consumo elétrico e redução do consumo para cada cenário
 Fonte: Autora

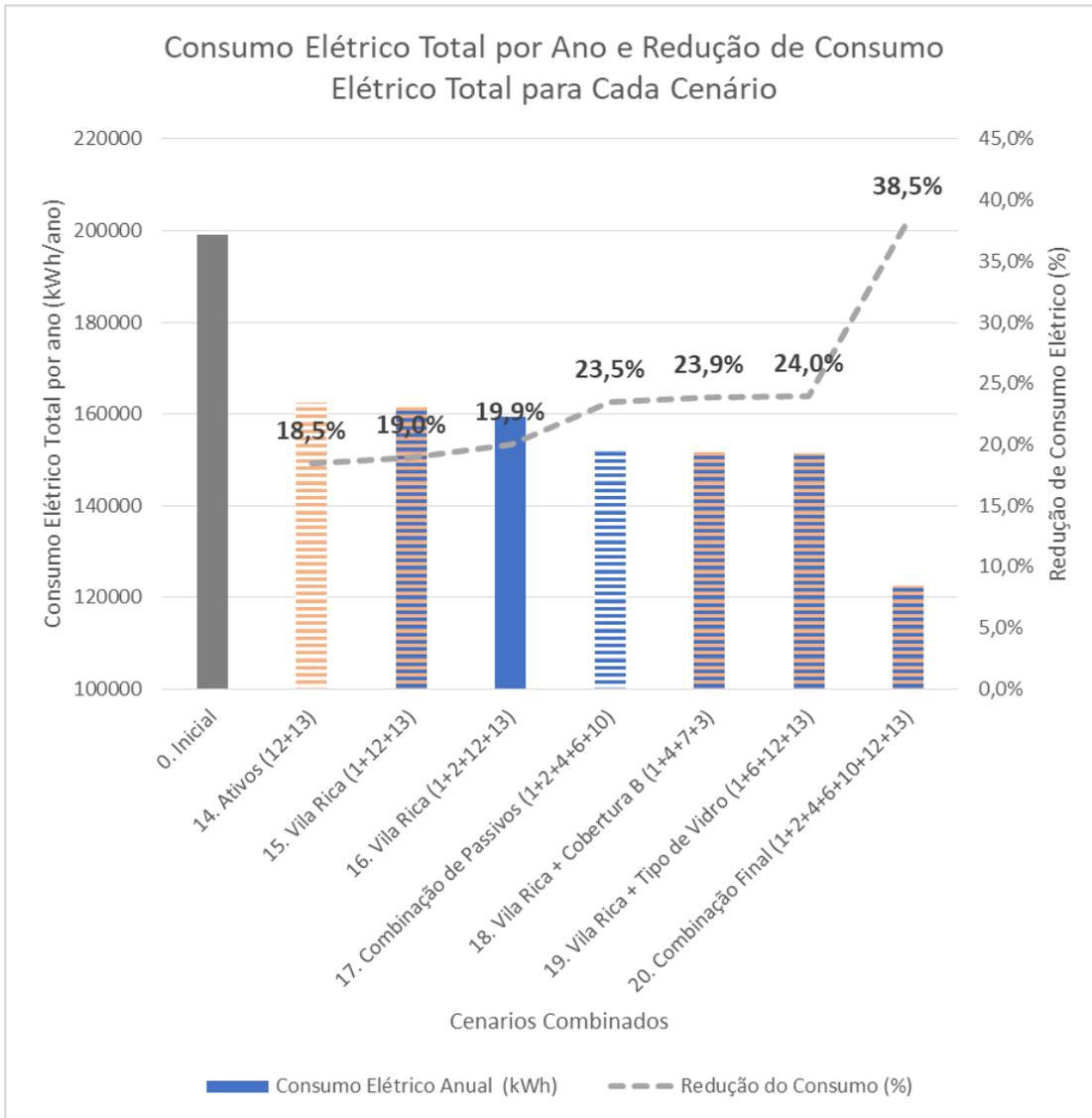


Figura 38 - Consumo elétrico e redução do consumo para cada cenário
 Fonte: Autora

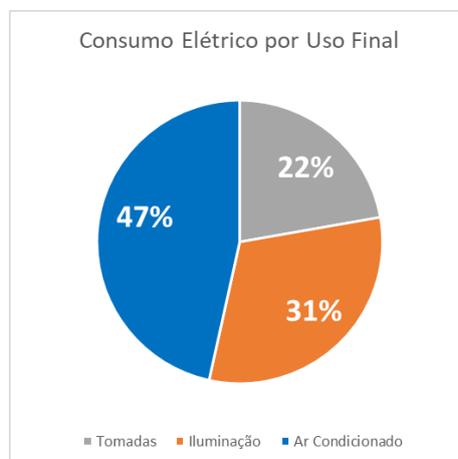


Figura 39 - Consumo elétrico por uso final
 Fonte: Autora

| Cenário | Tomadas | Iluminação | Ar Condicionado | Consumo Elétrico Anual | Redução do Consumo (%) |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| 0 Inicial Posição 17º Leste | 44241,47 | 62218,64 | 92690,11 | 199150 | - |
| Orientação 17º Oeste | 44241,47 | 62218,64 | 97248,8 | 203709 | -2,3% |
| Orientação 17º Norte | 44241,47 | 62218,64 | 95469,08 | 201929 | -1,4% |
| Orientação 17º Sul | 44241,47 | 62218,64 | 90657,65 | 197118 | 1,0% |
| Inicial | 44241,47 | 62218,64 | 92690,11 | 199150 | - |
| 1 Divisória | 44241,47 | 62218,64 | 91366,66 | 197827 | 0,7% |
| 2 Persiana | 44241,47 | 62218,64 | 89857,14 | 196317 | 1,4% |
| 3 Beiral | 44241,47 | 62218,64 | 89376,23 | 195836 | 1,7% |
| 4 Cobertura A | 44241,47 | 62218,64 | 90324,34 | 196784 | 1,2% |
| 5 Cobertura B | 44241,47 | 62218,64 | 81499,98 | 187960 | 5,6% |
| 6 Vidro | 44241,47 | 62218,64 | 81264,24 | 187724 | 5,7% |
| 7 Redução do PAF | 45105,77 | 63432,47 | 74736,43 | 183275 | 8,0% |
| 8 Ventilação Noturna 18% | 44241,47 | 62218,64 | 84963,84 | 191424 | 3,9% |
| 9 Ventilação Noturna 40% | 44241,47 | 62218,64 | 83748,43 | 190209 | 4,5% |
| 10 Ventilação Híbrida 18% | 44241,47 | 62218,64 | 74296,84 | 180757 | 9,2% |
| 11 Ventilação Híbrida 40% | 44241,47 | 62218,64 | 70481,99 | 176942 | 11,2% |
| 12 HVAC | 44241,47 | 62218,64 | 78451,56 | 184912 | 7,1% |
| 13 Iluminação | 44241,47 | 42072,04 | 87488,71 | 173802 | 12,7% |
| 14 Ativos (12+13) | 44241,47 | 42072,04 | 76075,5 | 162389 | 18,5% |
| 15 Ativos+Passivos (1+12+13) | 44241,47 | 42072,04 | 75048,57 | 161362 | 19,0% |
| 16 Reforma (1+2+12+13) | 44241,47 | 42072,04 | 73107,52 | 159421 | 19,9% |
| 17 Passivos (1+2+4+6+10) | 43597,35 | 60984,01 | 47761,4 | 152343 | 23,5% |
| 18 Reforma + Cobertura B | 44241,47 | 42072,04 | 65311,02 | 151625 | 23,9% |
| 19 Reforma + Vidro | 44241,47 | 42072,04 | 65040,39 | 151354 | 24,0% |
| 20 Todos | 43597,35 | 41266,06 | 37660,63 | 122524 | 38,5% |

Tabela 15 - Resultado do estudo paramétrico
Fonte: Autora

6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Considerando os resultados alcançados com as simulações de desempenho energético que foram realizadas, pode-se dizer que os objetivos propostos nesta pesquisa foram alcançados. Ficou comprovado que é possível aumentar a eficiência energética no edifício estudado, obtendo uma redução de 38,5% no consumo de energia elétrica total, um valor até superior ao indicado na bibliografia estudada, onde o potencial técnico de economia em edificações quando se considera a eficiência energética nas edificações desde a fase de projeto é em torno de 35%, isso para projetos novos.

Quando uma edificação é tombada ou faz parte de um conjunto tombado, como nesse caso, o que se poderia realizar, a princípio, seria apenas uma restauração e não uma renovação predial. Assim as soluções apontadas neste estudo foram pautadas em alternativas que pudessem contribuir para um melhor desempenho energético, como a substituição das divisórias internas, da iluminação e do sistema de ar condicionado, que já foram realizadas durante a reforma que está acontecendo. E posteriormente, a instalação de persianas do tipo tela solar, a substituição dos vidros e a adição de uma laje de concreto junto com forro de gesso. Contudo, se a envoltória pudesse ser alterada, possivelmente o percentual de economia de energia seria um pouco maior, como os estudos apontaram.

Para proposição de outras soluções para reforma e preservação de edifícios modernistas, com restrições impostas pelo tombamento, seria interessante uma pesquisa nas edificações e nos referenciais europeus, buscando as tecnologias que estão sendo empregadas, fazendo uma análise das intervenções realizadas, observando que substituições de materiais e elementos vêm sendo implementados que configurem um verdadeiro *retrofit*, incluindo a envoltória, pois eles já tem uma história de preservação patrimonial e de preocupação com o meio ambiente.

Em relação à avaliação do potencial das estratégias bioclimáticas indicadas para edificações em Brasília, pode-se dizer que as alterações propostas por meio de cada cenário vieram de encontro com essas estratégias, tais como: ventilação natural, isolamento térmico da cobertura e uso de vidros com baixo fator solar. Isso sem falar

no sombreamento, já existente na edificação, mas que poderia ser maior com o aumento do beiral.

Levando em consideração os impactos que as obras públicas podem causar no meio ambiente, este estudo demonstra a importância de incorporar os avanços ocorridos em termos de arquitetura bioclimática, materiais e tecnologias construtivas. E tendo em vista o cenário atual, a importância da questão da economia de energia, como já foi relatado no desenvolvimento desta pesquisa, a execução das estratégias indicadas para o edifício contribui para a modificação desse cenário. E sendo Brasília, a capital do país, que poderia e deveria ser referência, acreditamos que o comprometimento com as políticas e diretrizes para economia de energia, precisam ser colocadas em prática para que se possa avançar significativamente e para que realmente tenhamos edifícios energeticamente eficientes.

O Brasil até tem se comprometido com diversas diretrizes internacionais que tem como objetivo a redução de gases de efeito estufa, como o Acordo de Paris, mas no âmbito da construção civil nota-se poucos esforços, como foi apontado em estudos do Tribunal de Contas da União (TCU) e que também foi citado do início deste estudo. Entretanto, os órgãos fiscalizadores, como o TCDF, precisam dar exemplo e alavancar a implementação de soluções que contribuam para se obter edificações que gerem economia de energia, que proporcionem conforto e contribuam com a diminuição da emissão de gases poluentes, assim como a diminuição na produção de resíduos, o aumento da vida útil da edificação, entre outros benefícios que possam ser gerados ao usuário e ao meio ambiente.

Seria interessante, também, no futuro aprofundar esses estudos, realizar uma nova pesquisa, verificando quais seriam as intervenções que poderiam transformar ou pelo menos “aproximar” os edifícios públicos existentes, em um edifício de energia zero, ou *Zero Energy Building* (ZEB), que são aqueles que produzem mais energia do que consomem ao longo de um ano, o que os tornam altamente eficientes do ponto de vista energético e que estão sendo considerados uma aposta para o futuro.

Outra sugestão, menos ambiciosa, seria complementar esta pesquisa por meio da aplicação de questionários junto aos usuários, fazendo uma avaliação pós-ocupação, para que seja possível avaliar a questão do conforto térmico durante o uso e obter dados que possam ser comparados com os dados computacionais, uma vez

que o foco do *retrofit* está relacionado com a melhoria do desempenho energético do edifício incluindo o conforto do usuário.

“A avaliação pós-ocupação é a base de dados científicos para o desenvolvimento de planos diretores (...) no decorrer da vida útil dos ambientes. É um instrumento de diretriz para os profissionais envolvidos em projeto de arquitetura” (Araújo, 1999, p. 87).

7. REFERÊNCIAS

AMORIM, C. N. D. **Arquitetura não residencial em Brasília: desempenho energético e ambiental**. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1.; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. [Anais]. [São Paulo: Antac], 2004.

ARAÚJO, E. de P. **Análise de pós ocupação de um edifício comercial em Brasília – aspectos de conforto térmico**. 113 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília. Brasília, 1999.

ARAÚJO, E. de P. **Manual prático de procedimentos em estabelecimentos assistenciais de saúde**. Brasília, 2013.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE Standard 74-1988 - Method of Measuring Solar Optical Properties of Materials

_____. ANSI/AHRI Standard 340/360 – 2007: Performance Rating of Commercial and industrial unitary airconditioning and heat pump equipment.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575: Edificações Habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15.220: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5413 – Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro, 2003.

BEN. Balanço Energético Nacional 2019/Ano base 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

BRUTDTLAND, COMISSION, Our Common Future. World Comission on Environment and Development: New York, 1987.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais**. 2008. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

CASALS, X. G. Analysis of building energy regulations and certification in Europe: their role, limitations and differences. **Energy and Buildings**, Oxford, v. 38, p. 381-392, 2006.

COMISSÃO LUIS CRULS. Sesquicentenário do Nascimento de Luis Cruls - 1848-1998. Governo do Distrito Federal, 1998.

COSTA, J. F. W. **Edifícios de balanço energético nulo: um estudo para escritórios em Brasília**. 329 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília. Brasília, 2018.

COSTA, J.; POLITANO, N.; AMORIM, C. N. D. **Morphological characteristics and energy consumption of office buildings in the central area of Brasilia**. In: Passive and Low Energy Architecture, 2017, Edinburgh. PLEA 2017 Edinburgh - Design to Thrive. Edinburgh: NCEUB, 2017. v. II. p. 2507-2514.

COSTA, M.E. Lúcio Costa, **Registro de uma vivência**. Ed. Fundação Banco do Brasil, 1995.

DEGANI, C. M. **Modelo de Gerenciamento da sustentabilidade de facilidades construídas**. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

EDWARDS, B. **Guía Básica de la Sostenibilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili SA, 2004.

ELETROBRÁS – **Manual-A** - Diretrizes para Obtenção de Classificação Nível A para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Santa Catarina, 2014. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Procel.aspx>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - Anuário Estatístico de Energia Elétrica. Disponível em: www.ben.epe.gov.br. Acesso em: 24 de maio de 2019.

FORBES – **LEED-Certified Buildings are often less energy-efficient than uncertified ones**. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/realspin/2014/04/30/leed-certified-buildings-are-often-less-energy-efficient-than-uncertified-ones/#29371bed2554>. Acesso em: 02 de julho de 2019.

FOSSATI, M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de projetos de edifícios: o caso de escritórios em Florianópolis**. 2008, 342p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/teses>. Acesso em: 06 de maio de 2017.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Certificado AQUA. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/> Acesso em: 24 de maio de 2019.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. Van Nostrand Reinhold publishing company, Amsterdam, 1994.

GONÇALVES, J.C.S; DUARTE, D.H.S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.4, p.51-81, out-dez. 2006.

GOULART, S., LAMBERTS, R. e FIRMINO, S, **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades Brasileiras**, PW ed., São Paulo, dez. 1997.

GREEN BUILDING COUNCIL. **Certificação LEED**. Disponível em: <http://www.gbcbrazil.org.br>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Portaria do nº 166, de 11 de maio de 2016**. <http://portal.iphan.gov.br/df/pagina/detalhes/618>. Acesso em 22 de novembro de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Anexo da Portaria INMETRO nº 163/2009. 2009. Disponível em: www.inmetro.gov.br. Acesso em: 06 de maio de 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Technology roadmap: energy efficient building envelope**. [Paris], 2013. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-energy-storage-.html>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conferência alerta para eventos climáticos extremos**. Disponível em: www.mma.gov.br – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Acesso em: 06 de maio de 2019.

MOTTA, C. A. P. **Qualidade das obras públicas em função da interpretação e prática dos fundamentos da lei 8.666/93 e da legislação correlata**. Revista do Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2005.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Ed. Prolivros, São Paulo, 2004.

OLGYAY, V. **Design with climate bioclimatic approach to architecture regionalism**. Universidade de Princeton, Nova Jersey. 3a. ed., 1973.

PEREIRA, B.C. **Inserção de Critérios de Sustentabilidade à fase de concepção de projetos arquitetônicos: subsídios para uma ferramenta**. Brasília, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

PÉREZ-LOMBARD, L. *et al.* A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. **Energy and Buildings**, Oxford, v. 41, p. 272-278, 2009.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. Modelo da etiqueta. Disponível em: www.pbeedifica.com.br. Acesso em: 06 de maio de 2019.

PROCEL. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil**: pesquisa na classe de prédios públicos: relatório técnico. Rio de Janeiro, 2008b. Disponível em: <www.procelinfo.com.br>. Acesso em: 25 maio de 2019.

ROAF, S. **A adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROMERO, M.A.B.; SALES, G. **Tecnologia e sustentabilidade para a humanização dos edifícios de saúde**: registro do curso de capacitação em arquitetura e engenharia aplicado a área de saúde, hemoterapia e hematologia – segunda edição. Universidade de Brasília. Brasília. 2016.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**. In: BURSZTYN, M. Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo, 1993.

SILVA, V. G. da. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes e base metodológica. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, V.G.; SILVA, M.G.; AGOPYAN, V. **Avaliação de edifícios**: definição de indicadores de sustentabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS- ENECS, 2., 2003a, São Carlos, SP. Anais...

SILVA, V. G.; Silva, M. G.; AGOPYAN, V. **Avaliação ambiental de edifícios no Brasil**: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. Ambiente Construído, v. 3, n. 3, p. 7-18, 2003b. Disponível em <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/viewFile/3491/1892>>. Acesso em: 23 de junho de 2019.

SATTLER, M.A. **Edificações e Comunidades Sustentáveis**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL ESPAÇO SUSTENTÁVEL: INOVAÇÕES EM EDIFÍCIOS E CIDADES, 7. , 2008, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: < <http://www.usp.br/nutau/CD/sattler.pdf>>. Acesso em: 23 de junho de 2019.

TOMBAZIS, A.N., **Architecture and bioclimatic design**. Less is beautiful. In: ENCAC - Gramado/RS, Anais, p.19 à 28, 1995.

VIGGIANO, M.H.S. **Edifícios Públicos Sustentáveis**. 3. ed. rev. em mar. de 2012. Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas, 2012. 87 p.

WEBER, F. S., MELO, A. P., MARINOSKI, D. L., GUTHS, S., LAMBERTS, R. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus**. Relatório técnico do Laboratório

de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). Universidade Federal de Santa Catarina. Agosto, 2017.

WORLD WILDLIFE FUND. **Agenda Elétrica Sustentável 2020**. Disponível em: www.wwf.org.br/wwf_brasil. Acesso em: 06 de maio de 2019.

ANEXOS

ANEXO A: Planilha de simulações para estudo paramétrico

| Cenário | | Tomadas | Iluminação | Ar Condicionado | Consumo Elétrico Anual | | |
|---------|-------------------------------------|----------|------------|-----------------|------------------------|-------|-------|
| # | Nome | kWh | kWh | kWh | kWh | | |
| 0 | 0. Inicial | 44241,47 | 62218,64 | 92690,11 | 199150 | | |
| 1 | 1. Divisória | 44241,47 | 62218,64 | 91366,66 | 197827 | 0,7% | 1,4% |
| 4 | 2. Persiana | 44241,47 | 62218,64 | 89857,14 | 196317 | 1,4% | 3,1% |
| 6 | 3. Cobertura | 44241,47 | 62218,64 | 81499,98 | 187960 | 5,6% | 12,1% |
| 5 | 4. Vidro | 44241,47 | 62218,64 | 81264,24 | 187724 | 5,7% | 12,3% |
| 7 | 5. Ventilação | 44241,47 | 62218,64 | 74296,84 | 180757 | 9,2% | 19,8% |
| 3 | 6. HVAC | 44241,47 | 62218,64 | 78451,56 | 184912 | 7,1% | 15,4% |
| 2 | 7. Iluminação | 44241,47 | 42072,04 | 87488,71 | 173802 | 12,7% | 5,6% |
| 8 | 8. Ativos (6+7) | 44241,47 | 42072,04 | 76075,5 | 162389 | 18,5% | 17,9% |
| 9 | 9. Vila Rica (1+6+7) | 44241,47 | 42072,04 | 75048,57 | 161362 | 19,0% | 19,0% |
| 10 | 10. Passivos (1+2+3+4+5) | 43597,35 | 60984,01 | 47761,4 | 152343 | 23,5% | 48,5% |
| 11 | 11. Todos | 43597,35 | 41266,06 | 37660,63 | 122524 | 38,5% | 59,4% |
| | 12. Vila Rica + Vidro (1+6+7+4) | 44241,47 | 42072,04 | 65040,39 | 151354 | 24,0% | |
| | 12. Vila Rica + Cobertura (1+6+7+3) | 44241,47 | 42072,04 | 65311,02 | 151625 | 23,9% | |

ANEXO B: CADERNO DE ENCARGOS

LUMINÁRIAS

Considerações Gerais:

- Instalar as luminárias conforme projeto de Forro e Iluminação- PR04-TCDF-FORRO e ILUMINAÇÃO -1º e 2º PAVIMENTOS.

Especificações:

ILUM-1- Luminária Pannel LED de embutir em forro modulado.

- Corpo e dissipador em alumínio, pintado com processo eletrostático em pó. Difusor em polímero desenvolvido para homogeneização de luz, redução de até 50% no consumo de energia.
- Fabricante: EMBRALUZ ou de desempenho equivalente.
- Referência: EBL-PLN42CL6W640-4000K-44W (Driver Helvar)

ILUM-2- Luminária LED de embutir em forro de gesso. Uso interno.

- Difusor recuado em acrílico branco fosco. Bordas tipo micro frame. Cores de emissão disponíveis: 4000k, alimentação: 90 ~264 Vca, Vida útil: 50.000 h. Eficiência: > 85 lm/W
- Fabricante: Everlight ou de desempenho equivalente.
- Referência: EL320601-18W/4000K

ILUM-3- Luminária LED de embutir em forro de gesso, uso interno.

- Facho Direcionável com dispositivo antiofusante em alumínio usinado. Vida útil: 50.000H.Eficiência; >75LM/W
- Fabricante: Everlight ou de desempenho equivalente
- Referência: EL320751 2x16w- 4000K 900LM 2x20° L80 C80 A140

ILUM-5- Lâmpada OSRAM, ou de desempenho equivalente, TUBLED

- 18W/830 - 300k.
- Comprimento - 1200mm.

PERSIANAS

Especificações:

PERS-1- Persiana Rolô Q50 Tecido Tela Solar Vita-Screen 3 cor Cinza cód. VTS-261 - fator de abertura 3% ou modelo equivalente. Acionamento motorizado 220 V através de emissor multicanal (4 canais), instalada conforme pé-direito existente do 1º e 2º pavimento.

- Sistema tipo rolete, com tubo em liga de Alumínio Extrudado 6063 T6A2, diâmetro interno de 50 mm e externo de 53 mm, que garante maior resistência à flexão evitando o enrugamento do tecido.
- Mecanismo: Motor Silencioso (abaixo de 45 db) de alta capacidade de carga 220V embutido no tubo enrolador.
- Suporte de instalação em aço galvanizado reforçado pintado na cor branca.
- Sistema de ponteira retrátil com mola facilita a instalação e desinstalação da cortina sem necessidade de ferramenta auxiliar, garantindo estabilidade dimensional, funcionalidade e boa estética. Com trava retrátil de segurança junto ao suporte de fixação, impedindo o desencaixe mesmo com movimentos abruptos. Acabamento superior com Bandô em formato "L" 5x12 cm em liga de Alumínio Extrudado pintura eletrostática na cor champagne. Trilho inferior slim em formato retangular com 30 mm em liga de Alumínio Extrudado 6063 T6A2, com pintura eletrostática na cor champagne com canal para fixação do inserte plástico soldado no final do tecido e tampas laterais em plástico injetado na cor champagne. Tecido Tela Solar Vita-Screen 3 na cor Cinza- fator de abertura 3% ou modelo equivalente.
- Composição: 64% PVC e 36% de Fibra de Vidro, cor branca lado externo-voltado para a fachada e cinza interno (ambiente). Tecido Tela Solar com trama de três fios e desenho em diagonal - fator de abertura 3%. A combinação de duas cores de fios permite que a tela seja branca no lado voltado para a fachada, e internamente na cor marfim, proporcionando maior reflexão de luz e melhor conforto térmico no ambiente, facilitando uma visão melhor do exterior, reduzindo o ofuscamento ou desconforto visual. Este design de combinação de cores, com maior quantidade de fios no tecido (1 urdume / 2 tramas) do que as telas convencionais e trama em diagonal maximizam os benefícios de um tecido de tela, oferecendo maior proteção solar e conforto visual, com maior difusão de luz internamente.

- Composição: de 36% Fibra de Vidro e 64% PVC que não propagam chama, garantem a estabilidade dimensional (não estica, encolhe ou deforma e não é afetada por extremas mudanças de temperatura). Estas características garantem a homogeneidade do tecido mesmo após vários anos de uso. Os fios em fibra de vidro são fabricados de minerais naturais (quartzo, areia, soda, cal) que são atóxicos e não promovem o desenvolvimento de bactérias. O fator de abertura de 3% que permitem visibilidade do exterior e privacidade ao ambiente ao mesmo tempo, proporcionam conforto visual e térmico (alta performance na reflexão solar, alta capacidade de absorção solar e baixa transmissão solar para o ambiente) o resultado da combinação destas propriedades contribuem para a redução dos investimentos de ar condicionado e energia elétrica.
- Não Propagador de Chamas.
- Largura da Tela Solar: 250 cm
- Espessura da Tela Solar Vita Screen: 0,51 mm (+ ou - 5%) ou modelo equivalente.
- Peso: 395 g/m² (+ ou - 5%)
- Quantidade de fios: trama/16 fios/cm (+ ou - 41 fios/ polegada) - urdume/27 (+ ou - 69 fios/polegada)
- Resistência à ruptura: urdume > 290 - trama > 280 (lbs)
- Resistência à fungos e bactérias: ASTM E2180 e ASTM G21
- Benefícios ambientais: RoHS – livre de chumbo
- Coeficiente de Sombreamento: Frente 44% Verso 38%. É o coeficiente que indica o quanto a tela solar em conjunto com o vidro da janela é eficiente na absorção da radiação solar. Quanto mais próximo de zero, melhor o conforto térmico.
- Transmissão Solar Máxima 18%. Percentual que indica a quantidade de radiação solar que passa pela tela, responsável pela sensação de calor no ambiente. Quanto maior a TS, maior a radiação solar transmitida ao ambiente. Fator que é variável segundo a composição, fator de abertura e cor da tela.
- Absorção Solar: Frente aproximadamente 38% Verso aproximadamente 28%. Percentual que indica a quantidade de radiação solar que a tela absorve, retendo o calor. Quanto maior o índice, maior a absorção do calor na própria tela. Fator variável segundo a composição, fator de abertura e cor da tela.
- Transmissão Visual: Frente 11 Verso 10. É medido pela quantidade de luz que passa pela tela. Quanto menor o índice, menos luz entra no ambiente e maior o conforto visual. Fator variável segundo a cor e o fator de abertura da tela.
- Reflexão Solar: Frente 49 Verso 60. Percentual que indica a quantidade de radiação solar que a tela reflete. Quanto maior o índice, maior a reflexão, portanto menor radiação solar transmitida ao ambiente. Fator variável segundo a composição, fator de abertura e cor da tela.
- Fator de abertura: 3%. Índice que indica o percentual de área não coberto com tela. Quanto menor o fator de abertura, maior o conforto térmico e visual.
- Bloqueio de Raios UV: Entre 95%. Percentual que indica a quantidade de raios ultra-violeta que a tela bloqueia. Quanto maior o índice, melhor o bloqueio, evitando danificar ou queimar o mobiliário.
- Teste para certificação dos índices de proteção solar referente ao conforto térmico e visual da tela solar: Coeficiente de sombreamento / transmissão

solar/Absorção Solar/Reflexão Solar/ Transmissão Visual/Reflexão Visual/ Fator de abertura/ Bloqueio de Raios UV de acordo com a norma ASHRAE Standard 74-1988 "Methods of Solar-Optical Properties of Materials" ou norma equivalente.

- Certificado Oeko-Tex ou equivalente: garantia de produto atóxico ao meio ambiente processo produtivo;
- Certificado Greenguard Indoor Air Quality Standard ou equivalente - baixa emissão de "VOC", garantindo a qualidade do ar internamente;
- Garantia de Resistência ao Fogo. Atendem a norma: NFPA 701-10 TM#1 ou equivalente.
- Certificados de Garantia testados através de laboratórios terceirizados e reconhecidos. A Tela deverá possuir no mínimo 36% em Fibra de Vidro em sua composição, com intuito de garantir a estabilidade dimensional do produto.

AR CONDICIONADO

Considerações Gerais:

1) OBJETIVO

O Presente memorial descritivo tem por finalidade o estabelecimento de requisitos para fornecimento e instalação de Sistema de Ar Condicionado para atendimento do TRIBUNAL DE CONTAS DO DISTRITO FEDERAL BRASÍLIA-DF, a fim de manter as condições de conforto térmico, em regime de verão, mediante o controle de temperatura, renovação e filtragem do ar.

2) DESENHOS DE REFERÊNCIA

AC - 1/1 – Planta do 1º Pavimento

AC - 1/2 – Planta do 2º Pavimento

3) NORMAS TÉCNICAS

O projeto foi executado de acordo com as recomendações das seguintes entidades:

- Manual técnico do Fabricante.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT-NBR-16401.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. - ASHRAE.
- Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association - SMACNA.

4) PREMISSAS GERAIS DE CÁLCULOS

4.1) ESTIMATIVA DE CARGA TÉRMICA

Nome do Cliente: TRIBUNAL DE CONTAS

Enderêço : PÇA DO BURITI

Cidade : Brasilia

Condições Externas

Temperatura do bulbo seco = 32 °C (verão)

Umidade relativa = (media) 40%

Condições internas

Temperatura de bulbo seco = 24°C (variação de +ou- 2°C)

Umidade relativa (media) = 50% (com controle opcional)

Condições arquitetônicas

Ambientes adjacentes não condicionados de 27°

Temperatura = 24°C (verão variação de +ou- 2° C)

5) DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO

5.1) GENERALIDADES

O sistema de ar condicionado terá por finalidade proporcionar condições de conforto térmico no verão a fim de beneficiar o TRIBUNAL DE CONTAS, instalada no 1º e 2º Pavimentos, situado na Pça do Buriti BRASÍLIA - DF.

O sistema será do do tipo "Expansão Indireta", com utilização de sistemas hidrônicos do tipo fancoil com unidades do tipo Cassete e HiWall, sendo utilizado para o resfriamento água gelada fornecido pela infraestrutura do prédio, nas seguintes condições:

Temperatura de entrada de água: 7,2 °C

Temperatura de saída de água: 12,7°C

5.2) DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

Trata-se da instalação de sistema de ar condicionado para atender o Tribunal de Contas, situada na Pça do Buriti, de forma a atender à necessidade de carga térmica.

O sistema será do tipo expansão indireta composto por condicionadores de ar tipo Fan-Coil modelo: CASSETE com distribuição de ar para os 4 lados. HiWall com função Swing, o ar é distribuído uniformemente, com capacidade nominal de acordo com cada ambiente. As interligações hidráulicas e interligações elétricas a partir dos pontos disponibilizados pelo nas antigas casas de máquinas.

O controle de temperatura será feito através de controle remoto sem fio, que comandará a operação de uma válvula de duas vias, proporcional, localizada no retorno da tubulação de água gelada.

A interligação hidráulica entre o fancoil e a rede hidráulica existente, bem como as válvulas e demais acessórios será feita através de tubos galvanizados devidamente isolados termicamente com calhas de espuma elastoméricas aplicadas segundo as instruções do fabricante.

6) ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

6.1) CONDICIONADOR DE AR DO TIPO “FAN-COIL”

GABINETE

Construído em plástico de alta resistência tornando as unidades leves e compactas.

O gabinete será revestido internamente com isolamento térmico-acústico protegida contra arraste de partículas.

Os painéis inferiores serão fixadas através de parafusos borboleta ou encaixe de molas de modo a serem removidos facilmente. A vedação dos painéis será feita com guarnições de borracha.

VENTILADORES

Serão do tipo centrífugo com dupla aspiração e rotor de pás curvadas para frente, balanceado estática e dinamicamente.

A carcaça e o rotor serão fabricados com chapa de aço tratada contra corrosão e com pintura de acabamento.

O eixo de aço será montado sobre mancais do tipo auto-alinhantes de lubrificação permanente. O acionamento será feito por motor elétrico acoplado.

O conjunto motor-ventilador será montado sobre base única, rígida.

MOTOR ELÉTRICO DE ACIONAMENTO

De indução com rotor em gaiola, trifásico, totalmente fechado com ventilação externa, grau de proteção IP54 e isolação classe B.

SERPENTINA DE RESFRIAMENTO

Será construída com tubos de cobre, sem costura, com aletas de alumínio, fixadas através da expansão mecânica dos tubos.

O número de filas em profundidade e o número de aletas foram estabelecidos de modo a obedecer as condições estipuladas no projeto.

As cabeceiras serão construídas em chapa de alumínio duro enquanto os coletores serão de tubos de cobre com luvas, com rosca, soldadas para conexão a rede hidráulica.

A velocidade do ar na face da serpentina será inferior a 2,5 m/s e a velocidade da água de cerca de 1,0 m/s.

FILTROS DE AR

Todas as unidades vêm com um filtro eletrostático, em módulos de mesma dimensão e montados sobre a carenagem de modo a garantir a estanqueidade nas juntas e facilidade de remoção para limpeza.

Características Modelo: HIWALL

| | |
|----------------------------------|----------------|
| Quantidade (1º Pavimento): | 14 |
| Capacidade (BTU/h): | 9.000 |
| Vazão de ar (m ³ /h): | 580 |
| Vazão de água (l/s) | 0,11 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 40 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

Características Modelo: HIWALL

| | |
|----------------------------------|----------------|
| Quantidade (1º Pavimento) | 06 |
| Capacidade (BTU/h): | 14.000 |
| Vazão de ar (m ³ /h): | 860 |
| Vazão de água (l/s) | 0,17 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 50 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

Características Modelo: HIWALL

| | |
|----------------------------|----|
| Quantidade (1º Pavimento): | 09 |
|----------------------------|----|

| | |
|----------------------------|----------------|
| Capacidade (BTU/h): | 18.000 |
| Vazão de ar (m3/h): | 1.100 |
| Vazão de água (l/s) | 0,22 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 50 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

Características Modelo: CASSETE

| | |
|----------------------------|----------------|
| Quantidade (1º Pavimento): | 04 |
| Capacidade (BTU/h): | 25.000 |
| Vazão de ar (m3/h): | 1.420 |
| Vazão de água (l/s) | 0,31 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 150 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

Características Modelo: CASSETE

| | |
|----------------------------|----------------|
| Quantidade (1º Pavimento): | 03 |
| Capacidade (BTU/h): | 32.000 |
| Vazão de ar (m3/h): | 1.920 |
| Vazão de água (l/s) | 0,40 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 190 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

Características Modelo: HIWALL

| | |
|----------------------------|----------------|
| Quantidade (2º Pavimento): | 13 |
| Capacidade (BTU/h): | 9.000 |
| Vazão de ar (m3/h): | 580 |
| Vazão de água (l/s) | 0,11 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 40 |

| | |
|---------------------|---|
| Nº de filas (rows): | 2 |
|---------------------|---|

Características Modelo: HIWALL

| | |
|----------------------------|----------------|
| Quantidade (2º Pavimento) | 09 |
| Capacidade (BTU/h): | 14.000 |
| Vazão de ar (m3/h): | 860 |
| Vazão de água (l/s) | 0,17 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 50 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

Características Modelo: CASSETE

| | |
|----------------------------|----------------|
| Quantidade (2º Pavimento): | 06 |
| Capacidade (BTU/h): | 20.000 |
| Vazão de ar (m3/h): | 1.340 |
| Vazão de água (l/s) | 0,25 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 110 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

Características Modelo: CASSETE

| | |
|----------------------------|----------------|
| Quantidade (2º Pavimento): | 06 |
| Capacidade (BTU/h): | 25.000 |
| Vazão de ar (m3/h): | 1.420 |
| Vazão de água (l/s) | 0,31 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 150 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

Características Modelo: CASSETE

| | |
|----------------------------|--------|
| Quantidade (2º Pavimento): | 04 |
| Capacidade (BTU/h): | 32.000 |
| Vazão de ar (m3/h): | 1.920 |

| | |
|----------------------------|----------------|
| Vazão de água (l/s) | 0,40 |
| Características Elétricas: | 220V/1f+T/60Hz |
| Potência (w): | 190 |
| Nº de filas (rows): | 2 |

GENERALIDADES

A tubulação obedecerá ao dimensionamento estabelecido no projeto, onde estão indicadas as bitolas nos diversos trechos, tendo-se limitado a velocidade máxima da água nos tubos dentro dos valores recomendados para cada tipo de tubulação. As tubulações de diâmetro até 3" serão interligadas entre si e a equipamentos utilizando-se conexões com rosca classe 10.

TUBOS

Os tubos com diâmetro até 3" serão em aço carbono galvanizado, sem costura, extremidades com rosca BSP.

CONEXÕES

As conexões o diâmetro de até 3" serão de ferro maleável galvanizado, com rosca BSP, classe 10.

VÁLVULAS DE BLOQUEIO

As válvulas de bloqueio, do tipo gaveta, de até 3" de diâmetro, serão de bronze ASTM-B-62, haste fixa, classe mínima 125 psi, ligação por rosca BSP.

VÁLVULAS DE REGULAGEM

As válvulas de regulagem, do tipo globo, de até 3" de diâmetro, serão de bronze ASTM-B-62, haste ascendente, ligação por rosca BSP, classe mínima 125 psi.

FILTROS

Os filtros, do tipo y, de até 3" de diâmetro, serão de bronze fundido ASTM-B-62, elemento filtrante em aço inoxidável AISI 304, ligação por rosca BSP, classe mínima 125 psi.

6.2) ISOLAMENTO TÉRMICO DA REDE HIDRÁULICA

O isolamento térmico será em borracha elastomérica flexível de estrutura celular estanque, com característica de não ser propagadora de chama nem

apresentar gotejamento. O isolamento será de fabricação Armacell, modelo AF/Armaflex, classe "M" com espessura crescente até seis polegadas (6").

Nas junções entre isolamento e quando utilizadas mantas, o isolamento será aplicado utilizando-se uma cola especial para este tipo de serviço, de modo a garantir a continuidade do isolamento. A cola será de fabricação Armacell, modelo Armaflex-520.

De maneira alguma o isolamento térmico poderá ser seccionado para apoio da tubulação diretamente nas cambotas de madeira ou nos apoios metálicos, de modo a não comprometer a integridade do isolamento (e da barreira de vapor formada por este).

O apoio da tubulação será executado sobre sela fabricada em chapa de aço galvanizada, conforme indicado nos desenhos de detalhes típicos.

No ponto de apoio da sela, o isolamento térmico será estruturado por uma camada externa rígida (sistema de apoio desenvolvido pelo fabricante), de modo a não danificar o isolamento no ponto de apoio. Como alternativa ao sistema de apoio do fabricante do isolamento térmico, poderá ser utilizada na região do apoio duas camadas de isolamento na extensão da sela, de modo a não comprometer a espessura do isolamento nesses pontos.

6.3) REDE ELÉTRICA

DESCRIÇÃO

Serão executadas todas as ligações entre os pontos de força indicados em projeto e os quadros elétricos de nosso fornecimento e destes aos equipamentos, obedecendo fiel e integralmente às recomendações da ABNT (NBR 6148).

Os condutores serão de cobre nu, têmpera mole, com revestimento termoplástico de cloreto de polivinila (PVC), classe 750 V, temperatura de trabalho 70 graus Celsius, nas cores conforme ABNT.

A bitola mínima utilizada nas ligações de força será 2,5 mm². Os condutores serão instalados de modo que não fiquem submetidos a esforços mecânicos incompatíveis com sua resistência.

As emendas e derivações serão feitas através de conectores apropriados, assegurando resistência mecânica adequada e perfeito contato elétrico.

Os condutores serão protegidos por eletrodutos de ferro galvanizado, pesado, com costura, isento de rebarba, de bitola mínima igual a 3/4".

A interligação com os equipamentos será feita através de eletroduto flexível em fita de aço zincado recoberto com PVC.

Será utilizado condutele em alumínio fundido ou caixas de passagem para trechos retilíneos com espaçamento máximo de 15m e nos trechos curvos ou mudanças de direção com distância máxima de 3m.

GARANTIA

Todos os equipamentos fornecidos e instalados terão garantia ou um prazo de 12 (doze) meses a partir do início da operação e dentro deste período a Contratante receberá todo o apoio técnico solicitado, de acordo com o estipulado na proposta de fornecimento.

DIVISÓRIAS

PAREDE EM DRY WALL

PA-1- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, hidrofugante dos dois lados, preenchido com lã de rocha, reforço para bancadas e/ou armários, espessura total 15cm, sendo que a altura será de laje a laje no 1º pavimento e de laje a telhado no 2º pavimento. As peças de reforço em madeira devem ser fixadas nos montantes, antes da instalação do drywall sendo necessário encaixar a chapa de madeira dentro da aba de um dos montantes, fazendo um vinco paralelo à borda lateral. Os reforços também podem ser feitos com chapas metálicas, que apresentam desempenho semelhante às de madeira.

PA-2- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, hidrofugante de um lado, preenchido com lã de rocha, reforço para armário e/ou TV da sala adjacente à parede (conforme planta de layout), espessura total 10cm e altura, sendo que a altura será de laje a laje no 1º pavimento e de laje a telhado no 2º pavimento. As peças de reforço em madeira devem ser fixadas nos montantes, antes da instalação do drywall sendo necessário encaixar a chapa de madeira dentro da aba de um dos montantes, fazendo um vinco paralelo à borda lateral. Os reforços também podem ser feitos com chapas metálicas, que apresentam desempenho semelhante às de madeira

PA-3- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, hidrofugante de um lado, preenchido com lã de rocha, espessura total 10cm, sendo que a altura será de laje a laje no 1º pavimento e de laje a telhado no 2º pavimento.

PA-4- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, hidrofugante dos dois lados, preenchido com lã de rocha, espessura total 10cm, sendo que a altura será de laje a laje no 1º pavimento e de laje a telhado no 2º pavimento.

PA-5- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, hidrofugante de um lado, preenchido com lã de rocha, espessura total 10cm e altura h=210cm alinhada com a esquadria existente do edifício.

PA-6- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, plaqueamento duplo dos dois lados, preenchido com lã de rocha, com reforço para TV e/ou armários, espessura total 10cm, sendo que a altura será de laje a laje no 1º pavimento e de laje a telhado no 2º pavimento. As peças de reforço em madeira devem ser fixadas nos montantes, antes da instalação do drywall sendo necessário encaixar a chapa de madeira dentro da aba de um dos montantes, fazendo um vinco paralelo à borda lateral. Os reforços também podem ser feitos com chapas metálicas, que apresentam desempenho semelhante às de madeira

PA-07- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, plaqueamento duplo dos dois lados, preenchido com lã de rocha, espessura total 10cm, sendo que a altura será de laje a laje no 1º pavimento e de laje a telhado no 2º pavimento.

PA-8- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, preenchido com lã de rocha, espessura total 10cm, sendo que a altura será de laje a laje no 1º pavimento e de laje a telhado no 2º pavimento.

PA-9- Dry wall com chapa de gesso acartonado de 12,5mm, preenchido com lã de rocha, com reforço para armários, espessura total 10cm, sendo que a altura será de laje a laje no 1º pavimento e de laje a telhado no 2º pavimento. As peças de reforço em madeira devem ser fixadas nos montantes, antes da instalação do drywall sendo necessário encaixar a chapa de madeira dentro da aba de um dos montantes, fazendo um vinco paralelo à borda lateral. Os reforços também podem ser feitos com chapas metálicas, que apresentam desempenho semelhante às de madeira