

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA**

DANILO RODRIGUES DA SILVA

**Estudo e análise de certificação LEED para empreendimento de salas
comerciais localizado na região sul de São Paulo**

**São Paulo
2021**

DANILO RODRIGUES DA SILVA

Estudo e análise de certificação LEED para empreendimento de salas comerciais localizado na região sul de São Paulo

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Orientador: Msc. Eduardo Seiji Yamada

Área em Foco: Eficiência Energética

São Paulo

2021

AGRADECIMENTOS

Como religioso, agradeço a Deus pelo dom da vida e por me capacitar para elaboração dessa monografia. Sou muito grato a minha família, pelo incentivo e total apoio, entendendo minha ausência enquanto me dedicava a esse projeto.

Agradeço a todos os professores do Programa de Educação Continuada – PECE, que diretamente tiveram papel importantíssimo para conclusão dessa especialização. Destaco aqui o Professor Dr. José Roberto Simões Moreira e em especial o Professor e Mestre Eduardo Seiji Yamada, que me orientou durante esse período de monografia de forma objetiva, com conclusões diretas e eficazes.

Gratidão aos meus companheiros de curso, pelo companheirismo e pelas experiências compartilhadas ao longo desses dois anos.

Enfim, fica aqui o meu muito obrigado, a todos que diretamente ou indiretamente colaboraram para que esse momento acontecesse, contribuindo para o meu enriquecimento pessoal e profissional.

RESUMO

A *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)* é uma certificação americana adotada em mais de 160 países, ela visa incentivar e promover boas práticas no que tange a sustentabilidade na construção civil. Seu objetivo principal é garantir que a construção de empreendimento ou retrofit tenha baixo impacto ambiental e que a utilização desse empreendimento ocorra sem que haja criação de agentes nocivos a saúde dos usuários e ao meio ambiente. Uma construção *LEED* pode diminuir o consumo de energia elétrica em até 50%, o consumo de água em até 40% e aumentar a valorização do imóvel em aproximadamente 7,5%, sem contar nos ganhos ecológicos e menor gasto com manutenções.

O presente trabalho procura destacar a importância da aplicação da certificação *LEED* junto a norma ASHRAE 90.1-2010, evidenciando que essas ferramentas certificam não somente os novos empreendimentos mas também empreendimentos existentes.

Com base em levantamentos de dados *in loco (no local)*, foi realizado um estudo em um empreendimento existente na zona sul de São Paulo, abordando os temas iluminação, vidros de janelas e climatização. Foram propostos cenários de substituição das luminárias fluorescentes por LED, substituição de vidros de janela por vidros com melhor fator solar além da substituição do sistema de ar-condicionado obsoleto por equipamentos do tipo VRF. Em complemento às adequações propostas e com base nos dados obtidos na pesquisa de campo, foi feita uma simulação comparativa computacional adotando variados cenários de eficiência energética com o objetivo de avaliar as melhores estratégias em estudos de viabilidade técnico-econômica do projeto em questão.

Haja vista os resultados da modelagem computacional, foi aplicada a metodologia *LEED* no tema de Energia e Atmosfera, para avaliar o empreendimento segundo o pré-requisito “Desempenho Mínimo Energético”, sendo este critério o mais complexo de toda a metodologia por envolver todos os sistemas prediais, além dos impactos da arquitetura de envoltória.

Palavras chave: *LEED*, sustentabilidade, eficiência energética.

ABSTRACT

Leadership in Energy and Environmental Design (*LEED*) is an American certification adopted in more than 160 countries, it aims to encourage and promote good practices regarding sustainability in civil construction. Its main objective is to ensure that the construction of a project or retrofit has a low environmental impact and that the use of this project takes place without creating harmful agents to the health of users and the environment. A *LEED* building can reduce electricity consumption by up to 50%, water consumption by up to 40%, and increase the value of the property by approximately 7.5%, not counting the ecological gains and lower maintenance costs.

The present work seeks to highlight the importance of applying *LEED* certification with the ASHRAE 90.1-2010 standard, showing that these tools certify not only new ventures but also existing ones.

Based on in loco data surveys (on-site), a study was carried out in an existing development in the south of São Paulo, addressing the themes of lighting, window glass, and air conditioning. Scenarios were proposed for replacing fluorescent lighting with LED, replacing window glass with a better solar factor, as well as replacing the obsolete air conditioning system with VRF-type equipment. In addition to the proposed adjustments and based on the data obtained in the field research, a comparative computational simulation was carried out, adopting different energy efficiency scenarios, with the objective of evaluating the best strategies in technical-economic feasibility studies for the project in question.

In view of the results of the computational modeling, the *LEED* methodology was applied in the Energy and Atmosphere theme, to evaluate the project according to the prerequisite "Minimum Energy Performance", this criterion being the most complex of the entire methodology as it involves all systems buildings, in addition to the impacts of the surrounding architecture.

Keywords: *LEED*, sustainability, energy efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 5.1 Ranking Mundial de Projetos com Selo LEED.....	21
Figura 5.2 - Cenário Brasileiro dos Projetos com selo LEED.....	22
Figura 5.3 – Classificação e Pontuação LEED.....	23
Figura 5.4 – Evolução das Versões do Selo LEED.....	24
Figura 5.5 – Registros LEED por Tipologia, cenário brasileiro.....	25
Figura 5.6 – LEED BD+C: CS percentual de projetos certificados segundo área..	27
Figura 5.7 – Tipologias LEED.....	27
Figura 5.8 – Tipologias e Temas LEED.....	29
Figura 5.9 – Estrutura geral do Energy Plus.....	35
Figura 5.10 – Modelagem do Energy Plus.....	36
Figura 6.1 – Layout Atual Andar Tipo.....	44
Figura 6.2 – Modelo de vidros e esquadrias.....	45
Figura 6.3 – Ar-Condicionado Self-Contained.....	46
Figura 6.4 – Sistema de Iluminação Atual.....	48
Figura 6.5 – Layout Andar Tipo Projeto Proposto.....	49
Figura 6.6 – Unidades Evaporadoras e Condensadora LG, VRF.....	52
Figura 6.7 Lâmpada Tipo LED.....	53
Figura 6.8 – Representação modelo 3D (Open Studio 2021).....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Projetos Corporativos com selo BD+C: CS conforme área.....	26
Tabela 5.2 – Tema Energia e Atmosfera, pré-requisitos e créditos.....	30
Tabela 5.3 – Pontuação conforme Tipologia por economia percentual de Energia.....	42
Tabela 6.1 – Densidade de Potência de Iluminação Modelo Atual.....	47
Tabela 6.2 – Dados de envoltória modelo proposto.....	50
Tabela 6.3 – Densidade de Potência de Iluminação Modelo Proposto.....	53
Tabela 6.4 – Dados gerais de entrada para Modelagem Energética.....	54
Tabela 6.5 – Dados de envoltória modelo Baseline.....	56
Tabela 6.6 – Dados de Iluminação Baseline.....	57
Tabela 6.7 – Cenários Modelagem Energética.....	63
Tabela 7.1 – Custo Aplicação.....	67
Tabela 7.2 – Custos Cenário 4.....	68
Tabela 7.3 – Custos Cenário 8.....	69
Tabela 7.4 – Payback Cenário 4.....	70
Tabela 7.5 – Payback Cenário 8.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
EPAct	Energy Policy Act
GBC Brasil	Green Building Council Brasil
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBR	Norma Brasileira
PIS	Programa de Integração Social
US DOE	US Department of Energy
US EPA	US Environmental Protection Agency
USGBC	United States Green Building Council

LISTA DE SÍMBOLOS

BTUs	british thermal unit
CA	corrente alternada
CC	corrente continua
CFC	clorofluorcarbono
CO ₂	dióxido de carbono
COP	coeficiente de performance
CV	cavalo - vapor
dB	decibel
FS	fator solar
G	irradiação solar diária média mensal
GW	gigawatt
GWth	gigawatt térmico
IPLV	integrated part load value
IRC	índice de reprodução de cor
Kg	quilograma
kW	quilowatt
kWh	quilowatt – hora
L	litro
lm	lumens
Lux	unidade de iluminamento
m	metro
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
mg	miligrama
ml	mililitro

m/s	metros por segundo
pH	potencial hidrogeniônico
SRI	solar reflectance index
TLV	termômetro de líquido em vidro
U	transmitância térmica
UV	radiação ultravioleta
Voc	tensão de circuito aberto
Wp	watt - pico
°C	grau Celsius
α	absortância
ε	emitância
ρ	refletância
φ	fluxo luminoso da luminária

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Principal	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3. JUSTIFICATIVA	17
4. METODOLOGIA	18
5. ESTADO DA ARTE	18
5.1 Certificação LEED no mercado da Construção Civil	19
5.1.1 Níveis de Certificação LEED	22
5.1.2 Versões da Certificação LEED	23
5.2 Sustentabilidade em empreendimentos corporativos e comerciais	24
5.3 LEED v4 BD+C: Core and Shell, edifícios comerciais segundo área certificada em São Paulo	24
5.4 Eficiência energética na Certificação <i>LEED</i>	27
5.4.1 Método de Avaliação da tipologia <i>LEED</i> BD+C: Core and Shell Retrofit (CS)	30
5.4.1.1 Energia e Atmosfera (EA) – Pré-requisito e Crédito	30
5.4.1.2 Pré-Requisito: Desempenho Mínimo Energético (EA):	31
5.4.1.2.1 <i>Pré-requisito: Desempenho Mínimo Energético (EA) - Passo a Passo:</i>	32
5.4.1.2.2..... <i>Modelagem Energética para Certificação LEED</i>	34
5.4.1.2.3 <i>Desempenho Mínimo Energético (EA) - Simulação de energia de todo o edifício - Passo a Passo:</i>	37
5.4.1.3 Crédito: Otimizar Desempenho Energético	40
6. ESTUDO DE CASO	43
6.1 Caracterização do Projeto Atual	43
6.1.1 Layout projeto Atual	44
6.1.2 Envoltória Projeto atual (Vidros)	45

6.1.3 Sistema de Ar-Condicionado Atual.....	46
6.1.4 Sistema de Iluminação Atual.....	46
6.2 Caracterização do Projeto Proposto.....	48
6.2.1 Layout projeto Proposto	49
6.2.2 Envoltória Projeto Proposto (Vidros)	50
6.2.3 Sistema de Ar-Condicionado Proposto.....	51
6.2.4 Sistema de Iluminação Proposto.....	52
6.3 Modelagem Energética Metodologia LEED.....	54
6.3.1 Entrada de Dados	54
6.3.1.1 Montagem da geometria e do modelo 3D	55
6.3.1.2 Cenário Baseline	55
6.3.1.3 Envoltória do Baseline.....	55
6.3.1.4 Iluminação do Baseline	57
6.3.1.5 Ar-Condicionado do Baseline	57
6.3.2 Modelagem Energética – Cenários	58
6.3.2.1 Cenário Baseline	58
6.3.2.2 Cenário 1 – Empreendimento Modelo Atual.....	59
6.3.2.3 Cenário 2.....	60
6.3.2.4 Cenário 3.....	60
6.3.2.5 Cenário 4.....	60
6.3.2.6 Cenário 5.....	61
6.3.2.7 Cenário 6.....	61
6.3.2.8 Cenário 7.....	61
6.3.2.9 Cenário 8.....	62
6.3.2.10 Resumo dos cenários de modelagem energética	63
6.3.2.11 Análise energética dos Cenários.....	64
7. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	66
7.1 Custos	67
7.1.1 Custo individuais dos Sistemas	67
7.1.2 Custos Cenários	68
7.1.3 Custos Cenário 4.....	68
7.1.4 Custos Cenário 8.....	69
7.2 Payback.....	70

7.2.1 Payback Cenário 4.....	70
7.2.2 Payback Cenário 8.....	71
8. CONCLUSÃO.....	72
9. REFERÊNCIAS	74
Apêndice 1 – Modelagem Energética Ar-Condicionado Modelo Baseline e Proposto.....	78
Apêndice 2 – Modelagem Energética Cenários e Resultados.....	81
ANEXO 1 – Orçamento Sistema De Iluminação, Fornecedor ÁREA.	82
ANEXO 2 – Orçamento Sistema De Ar-Condicionado, Fornecedor BHP. .	83
ANEXO 3 – Orçamento Sistema De Ar-Condicionado, Fornecedor EDMARCAS.....	84
ANEXO 4 – Orçamento Sistema de Ar-Condicionado, Fornecedor FRIGELAR.....	86
ANEXO 5 – Dados Técnicos Evaporadoras e Condensadoras LG Sistema VRF.	88

1. INTRODUÇÃO

A escassez de recursos naturais vem criando uma conscientização mundial que está fazendo com que empresas, governos, organizações e toda sociedade reflita acerca de melhores práticas de utilização e aproveitamento dos recursos existentes.

Além da escassez dos recursos naturais, alguns fatores foram determinantes para a mudança de postura em diversos setores no mundo todo, como por exemplo, propiciar maior segurança e saúde aos operários, cuidados com a terra, com o bairro e entorno das construções, além de controle e gestão de resíduos de obra por meio de melhores práticas e uso das tecnologias. Essas tecnologias chegam com a função de otimizar o uso da água, da energia e reduzir a emissão de gases poluentes nocivos à saúde, visando sempre obter resultados que apresentem confiabilidade, baixo custo em manutenção e longevidade ao longo da vida útil do empreendimento.

Baseado nessa ideia, ao passar dos anos, o setor da construção civil vem se reformulando e buscando implantar projetos usando metodologias que visam mitigar impactos socioambientais, nesse novo contexto de construção com baixo impacto ao meio ambiente, foram criadas metodologias de construção sustentável ou verdes, denominados “Green Buildings”.

Os “Green Buildings” são tendência mundial e o Brasil está entre os quatro países com maior quantidade de construções de edificações verdes certificadas pela metodologia de certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), sendo esta, a mais utilizada e reconhecida internacionalmente como principal métrica de avaliação de edificações sustentáveis nos quesitos de eficiência energética e hídrica, redução da poluição nas obras, impacto do terreno, incentivo ao uso de transporte público, uso de materiais com menor impacto ambiental, conforto ambiental, qualidade interna e bem estar dos ocupantes.

A fim de adaptar-se à cultura, clima e economia do Brasil e baseando-se nas principais certificações de edificações como Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGBN) e principalmente a metodologia LEED, foram criadas certificações específicas atendendo normas técnicas e legislações brasileiras. Os Selos PBE Edifica e AQUA, que são metodologias nacionais, surgiram da adaptação de certificações internacionais e atualmente também são aplicados no Brasil, concorrendo inclusive com a Certificação LEED.

Em Edificações Verdes, estabelecendo uma análise de 2007 a 2016, o Brasil economizou 348 milhões de dólares, dos quais 251 milhões foram provenientes do setor de energia, 11 milhões evitando possíveis impactos que seriam causados por mudanças climáticas e 86 milhões, de medidas de redução da poluição do ar e da terra. (SEBRAE, 2018).

A metodologia de certificação sustentável é uma atual e futura realidade, sua contribuição para a construção civil se tornou claramente perceptível, de modo que, em vários casos é indispensável e até obrigatória, essa metodologia está sendo buscada não somente pela demanda dos investidores e incorporadores, mas também pela demanda dos próprios locatários, usuários e da sociedade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Principal

Adotando o método avaliativo da certificação LEED na sua versão atual, em conformidade com a norma ASHRAE Standard 90.1-2010, o objetivo principal deste trabalho se encontra na avaliação das modificações e adequações necessárias que deverão ser executadas em uma edificação existente de salas comerciais e corporativas, de modo a se obter maior otimização energética do empreendimento e assim calcular a viabilidade de implementação da certificação nessa tipologia de construção.

2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar de forma resumida a metodologia de certificação LEED na tipologia *Building Design and Construction (BD+C) for Core and Shell (CS)*, focando no tema “Energia e Atmosfera”, detalhando o pré-requisito “Desempenho mínimo energético” para edifícios comerciais e corporativos;
- Sugerir estratégias de alteração de sistemas de iluminação artificial, ar condicionado e envoltória para o estudo de caso de edificação de salas comerciais existente, destacando os pontos de maior dificuldade e desafios no retrofit, para atendimento dos requisitos da certificação LEED;
- Avaliar o potencial de eficiência energética com o uso de software de modelagem ou simulação computacional de acordo com os requisitos da metodologia LEED.

3. JUSTIFICATIVA

A escolha do tema da certificação LEED para esse tipo de tipologia foi feita devido a necessidade e dificuldade que os empreendimentos de salas comerciais de pequena área, geralmente abaixo de 100 m² de área privativa, encontram em otimizar o consumo de energia elétrica e demais recursos que são utilizados nas construções, já que a grande maioria dos projetos comerciais que optam e buscam a certificação LEED são grandes torres corporativas com grandes lajes de escritórios, com áreas acima de 500 m².

De modo geral a certificação LEED visa a viabilização desta metodologia para quaisquer tipos de empreendimentos, independente do seu porte e tipologia, já que existe uma diversidade de empreendimentos certificados não somente fora do Brasil, mas também no nosso país, tais como, indústrias, hospitais, laboratórios, data centers, museus, estádios, galpões logísticos, dentre outros. (GBC BRASIL, 2021)

A metodologia LEED e as normas de referência contidas nela, como a ASHRAE Standard 90.1-2010, focada principalmente na questão de eficiência energética, é a principal diretriz técnica que apresenta parâmetros e indicadores de eficiência de equipamentos, materiais e sistemas, sendo inclusive usada em outras metodologias, como o PBE Edifica e AQUA, com o objetivo principal de estabelecer a eficiência de forma sistêmica em empreendimentos, trazendo não somente benefícios econômicos ao longo da operação, mas também ambiental, através da redução das emissões de gases de efeito estufa.

O foco do presente trabalho, por meio de métrica LEED, é calcular a viabilidade de certificação de um edifício existente e mostrar que edificações antigas podem ser eficientes.

Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho focará na apresentação de um estudo de caso de um edifício comercial existente na cidade de São Paulo, levantando as necessidades e estratégias de eficiência energética, com a aplicação de uma modelagem computacional

comparativa, de modo a avaliar os resultados e implementar estudos de viabilidade técnico-econômicos para tornar a edificação sustentável e certificável LEED.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para realização deste trabalho foi definida em função dos processos descritos abaixo:

Primeiro Processo: Identificação do objetivo do trabalho, que consiste no estudo de viabilidade de adequação de empreendimentos de salas comerciais de pequena área existentes para atendimento das premissas de eficiência energética de acordo com a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e norma ASHRAE 90.1-2010.

Segundo Processo: Realizar a revisão bibliográfica e fundamentação teórica do tema por meio de pesquisas nos acervos de monografias do PECE, artigos, revistas, catálogos de equipamentos, sites específicos e todo meio direcionado a certificação LEED com o foco voltado para a gestão do recurso energia elétrica, eficiência e sustentabilidade.

Terceiro Processo: Realizar um estudo de caso com o intuito de obter uma solução para a situação levantada no primeiro processo, levantar as condições atuais do projeto, sugerir adequações sempre visando a utilização da certificação LEED como instrumento e ferramenta. Com base nos dados levantados, será elaborado uma modelagem computacional comparativa evidenciando os ganhos de eficiência em energia com a aplicação das adequações atendendo a certificação LEED e o Apêndice G da norma ASHRAE 90.1-2010.

Quarto Processo: Realizar a análise e estudo dos resultados obtidos na modelagem computacional comparativa, aplicando a metodologia da

certificação LEED e a norma ASHRAE 90.1-2010 para determinação da eficiência energética e seus impactos na certificação.

Quinto Processo: Realizar o estudo de viabilidade econômica do projeto, calculando o investimento com as adequações e retrofit da planta, sugerir melhorias e por fim deixar as conclusões finais.

5. ESTADO DA ARTE

Este capítulo abordará especificamente a certificação LEED no ramo da construção civil, a sua aplicação em prédios corporativos e comerciais, dados dos empreendimentos comerciais com salas conforme área certificada e área dos conjuntos privativos. Buscará também obter maior eficiência em empreendimentos aplicando método LEED v4 BD+C:CS concomitante a utilização da metodologia de modelagem energética segundo ASHRAE 90.1-2010.

5.1 Certificação LEED no mercado da Construção Civil

Criada em 1993 pela USGBC (United States Green Building Council) a metodologia LEED, do inglês “Leadership in Energy and Environmental Design” é uma das certificações mundiais mais importantes e utilizadas na construção de edifícios verdes. Ela nasceu da reunião entre diversos líderes, especialistas, fabricantes, instituições normativas e universidades, com o objetivo principal de criar uma metodologia para conduzir e orientar projetos a se tornarem sustentáveis e/ou serem concebidos de forma sustentável e fornecerem alta performance ao longo da operação.

Pelo fato de atender diversas tipologias de construção essa certificação possui ampla utilização, até mesmo pelo fato de poder ser aplicada em qualquer fase que a construção esteja, seja ela uma nova construção, grandes reformas e/ou adequações, plantas em produção como data

centers e unidades de saúde, e até mesmo em análises de empreendimentos com áreas a serem comercializadas (venda ou locação).

Para o desenvolvimento da metodologia LEED houve um grande apoio e participação de diversos órgãos e instituições como a ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc), EPA (Energy Policy Act), IESNA (Illuminating Engineering Society of North America), ANSI (American National Standards Institute), dentre outras. Diversos fornecedores de produtos e equipamentos como TOTO USA, CARRIER, DAIKIN, TRANE, JOHNSON CONTROLS e HONEYWELL também apoiaram a certificação, assim como respeitadas universidades e órgãos públicos como Harvard Green Campus Institute, Florida University, a US Environmental Protection Agency (US EPA) e o US Department of Energy (US DOE). (ERG 004-PECE, 2020)

No Brasil a primeira certificação LEED aconteceu em 2007, nos anos seguintes, a LEED se consolidou no País, com registros e certificações de diversos empreendimentos de diferentes tipologias e, mesmo com toda a crise política e financeira do país em 2018, o Brasil assumiu a quarta posição mundial dentre os países com maior número de projetos registrados e certificados, fora dos Estados Unidos. (GOINGGREEN, 2019).

Observa-se na figura 5.1 que o Brasil ocupa o quarto lugar totalizando 16 milhões de m² brutos de projetos certificados, ficando atrás somente de Índia, Canadá e China que lidera o Ranking com 68 milhões de m² brutos de projetos certificados.

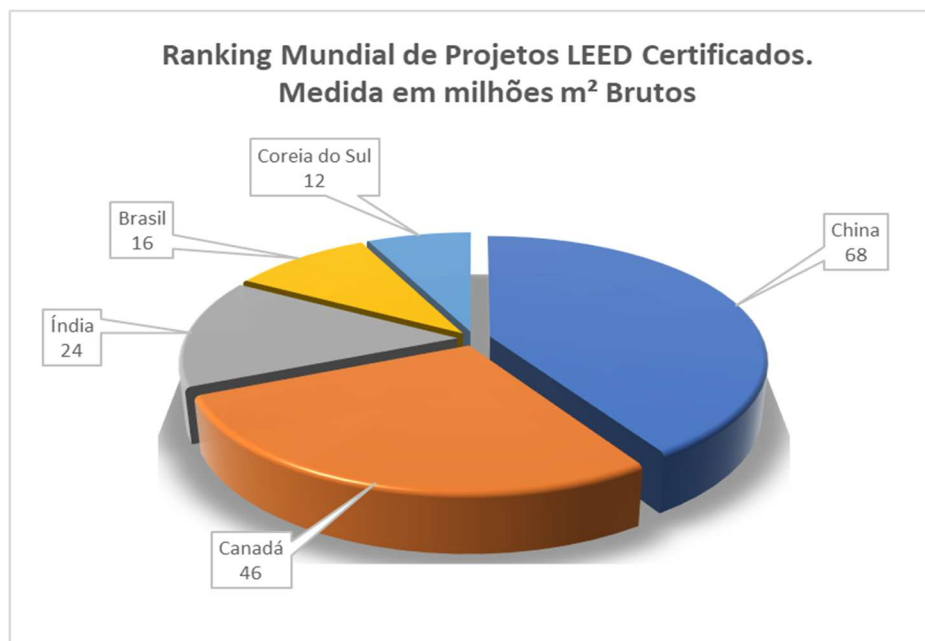


Figura 5.1 Ranking Mundial de Projetos com Selo *LEED*.

Fonte: GBC Brasil, (2018).

Os projetos com certificação LEED no Brasil estão distribuídos entre os estados brasileiros, como pode ser analisado na figura 5.2. São Paulo é o estado com o maior número de certificações LEED totalizando 737, seguido de Rio de Janeiro com 223, segundo dados do GBC Brasil no ano de 2018. Isso mostra o quão o estado de São Paulo é engajado em projetar edifícios sustentáveis e eficientes. (GBC Brasil, 2018).

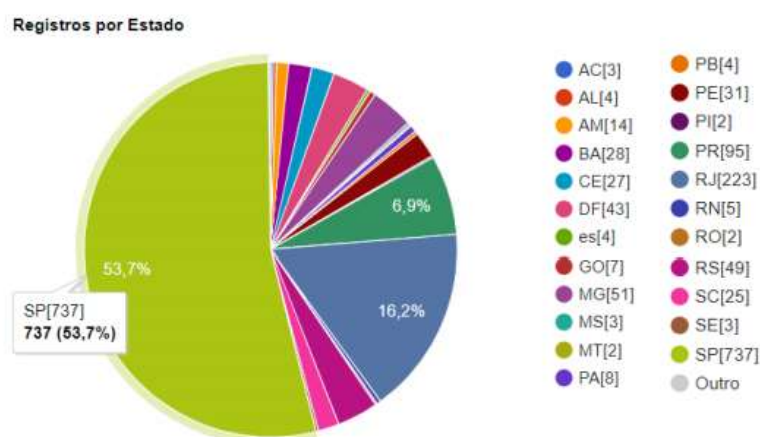


Figura 5.2 - Cenário Brasileiro dos Projetos com selo LEED.

Fonte: Dados GBC Brasil (2018)

5.1.1 Níveis de Certificação LEED

Para que um empreendimento receba certificação LEED, ele precisa atender aos pré-requisitos obrigatórios do tema que foi enquadrado segundo sua tipologia de edificação, sua característica e finalidade, e também precisa atender os créditos do tema, pois esses créditos que contabilizam pontos ao empreendimento.

Empreendimentos que cumprem com os pré-requisitos obrigatórios e atingem uma pontuação de no mínimo 40 pontos através dos créditos atendidos, alcançam certificado LEED, a variação da quantidade de pontos alcançados é quem diz qual classificação se enquadrará o empreendimento, conforme abaixo:

- **Certificado:** Empreendimentos que cumprem com os pré-requisitos obrigatórios e totalizam uma pontuação entre 40 e 49 pontos.
- **Silver:** Empreendimentos que cumprem com os pré-requisitos obrigatórios e totalizam uma pontuação entre 50 e 59 pontos.
- **Gold:** Empreendimentos que cumprem com os pré-requisitos obrigatórios e totalizam uma pontuação entre 60 e 79 pontos.
- **Platinum:** Empreendimentos que cumprem com os pré-requisitos obrigatórios e totalizam uma pontuação entre 80 e 110 pontos.

A pontuação máxima alcançada para classificação de empreendimentos na certificação LEED é equivalente a 110 pontos.



Figura 5.3 – Classificação e Pontuação LEED.

Fonte: Dados GBC Brasil, (2019).

5.1.2 Versões da Certificação LEED

Na intenção de sempre evoluir no processo de construção de empreendimentos sustentáveis, a metodologia LEED nunca deixou de atualizar suas versões de método avaliativo. A cada versão atualizada, as premissas foram aprimoradas, os critérios foram se tornando mais restritivos, as normas técnicas de referência foram atualizadas, e os pré-requisitos e créditos foram adicionados e reescritos. Desta forma, empreendimento classificado na versão 1 da certificação LEED como “Gold”, atualmente não obteria classificação na LEED v4, mostrando a evolução do nível e dos critérios ao longo das atualizações das versões. A figura 5.4 a seguir mostra o avanço dessa evolução das versões da certificação LEED desde a sua origem.

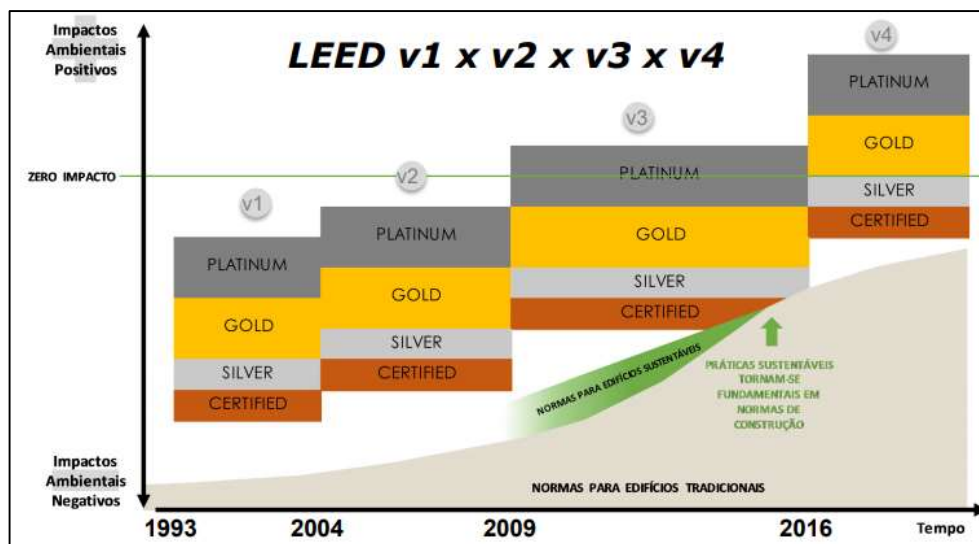


Figura 5.4 – Evolução das Versões do Selo LEED.

Fonte: ERG-004 -Aula PECE, (2021).

5.2 Sustentabilidade em empreendimentos corporativos e comerciais

Analisando o cenário brasileiro em relação as edificações certificadas e com base nas tipologias dos empreendimentos, nota-se na figura 5.5 que, edificações de escritórios e comerciais somam 49,5% dos edifícios certificados pela LEED. (GBC BRASIL, 2019).

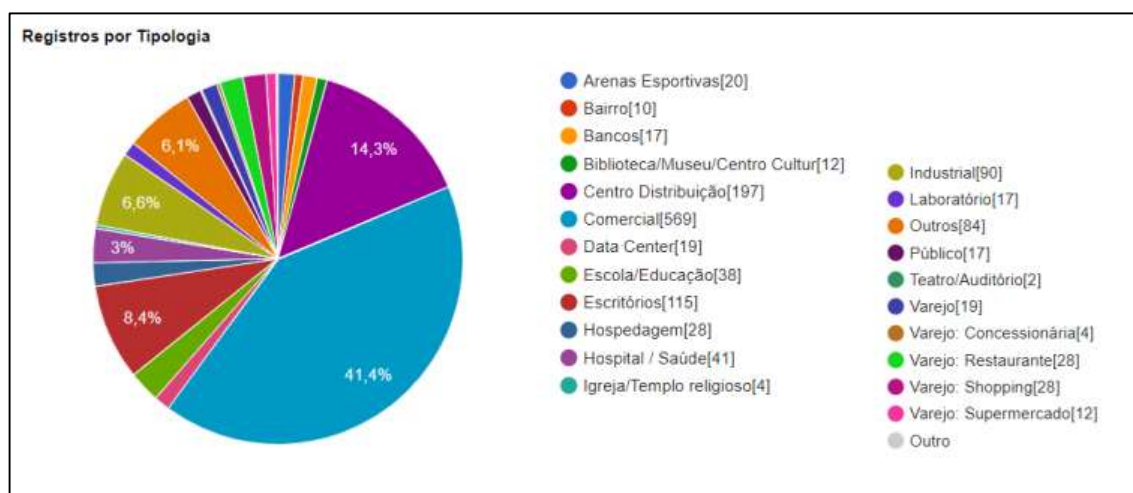


Figura 5.5 – Registros LEED por Tipologia, cenário brasileiro.

Fonte: Dados GBC Brasil, (2019).

5.3 Selo LEED v4 BD+C: Core and Shell, em edifícios Comerciais de São Paulo

Como supracitado no capítulo anterior, a maioria das edificações certificadas LEED no Brasil são localizadas no estado de São Paulo, onde 49,5% das certificações e registros são de construções de edifícios corporativos comerciais.

Em tabela disponibilizada pelo GBC Brasil, foram elencados os empreendimentos comerciais LEED v4 BD+C: CS certificados e registrados no estado de São Paulo.

A tabela exhibe os projetos conforme nome, área do conjunto de salas, área total certificada, nível de certificação ou registro e pontuação alcançada no LEED.

Tabela 5.1 – Empreendimentos Corporativos com Selo LEED BD+C: CS conforme área.

Nome do Projeto	ÁREA PRIVATIVA COMERCIAL m²	ÁREA TOTAL CERTIFICADA m²	Nível Certif.	Pontos
J.K Square	180,00	34.035,95	REGISTRADO	NA
Riverview Corporate Tower	184,00	54.537,98	Gold	60
Edifício Varanda Torre A	200,00	9.184,95	REGISTRADO	NA
Edifício Panorama Paulista	403	13.468,98	REGISTRADO	NA
Nove de Julho	421,00	4.953,03	REGISTRADO	NA
Edifício Jorge Salomão	534,00	10.938,03	Silver	50
PAE	600,00	6.503,02	REGISTRADO	NA
Atílio x Leopoldo	603	10.565,95	REGISTRADO	NA
G4M FARIA LIMA	650	16372,02	REGISTRADO	NA
CMCB - Edifício Corporativo	800	22.331,93	REGISTRADO	NA
Dynamic	909	4.911,96	REGISTRADO	NA
Hire 1 Rebouças	1000	12.692,97	REGISTRADO	NA
Luna	1118	35.028,99	REGISTRADO	NA
Edifício Corporativo Centenário	1.300,00	13.221,03	Gold	65
GTIS - JK	1400	54.655,97	REGISTRADO	NA

Fonte: Dados GBC Brasil, (2021).

A figura a seguir, exhibe os projetos comerciais em São Paulo com selo LEED, destacando o percentual de certificação segundo a área dos conjuntos privativos.

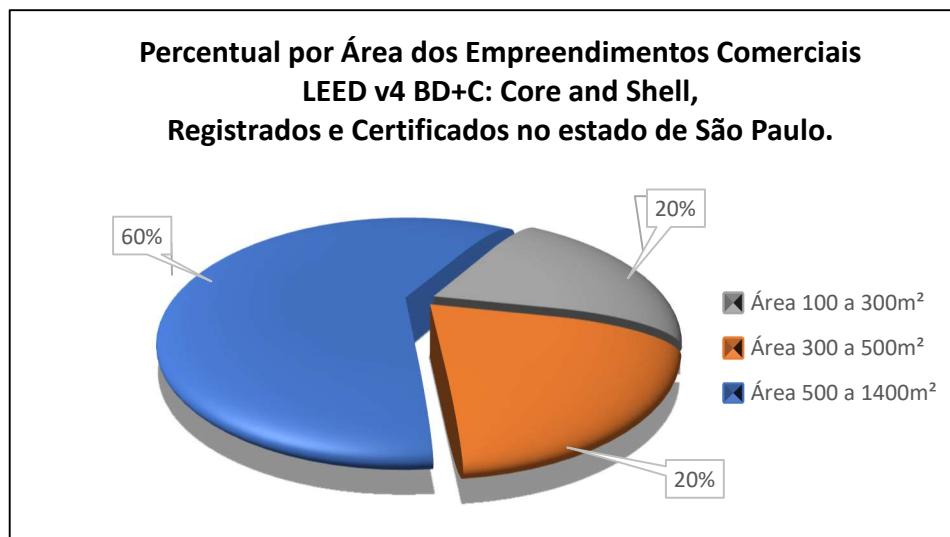


Figura 5.6 – LEED BD+C: CS percentual de projetos certificados segundo área.

Fonte: GBC Brasil, (2019).

5.4 Eficiência energética na Certificação *LEED*

Para buscar o selo *LEED* os projetos são avaliados conforme sua tipologia, a seguir serão apresentadas as tipologias existentes na metodologia *LEED* e com detalhes será explanada a tipologia *LEED* BD+C, que é a tipologia no qual o empreendimento do estudo de caso está enquadrado. São 5 as tipologias existentes na certificação *LEED* e cada tipologia possui sua característica específica e procura atender temas distintos, a diferença entre as tipologias existe para que se possa projetar empreendimentos de morfologia e seguimentos variados, as tipologias são:



Figura 5.7 – Tipologias LEED.

Fonte: ERG-004 -Aula PECE (2021)

- Projeto de Edificações e Construção (BD+C);
- Projeto de Interiores e Construção (ID+C);
- Operações e Manutenção (O+M);
- Desenvolvimento de Bairro (ND);
- Casas e Edifícios Residenciais Multifamiliares de Poucos Andares (HOMES);

Todas as tipologias de avaliação analisam os empreendimentos em temas, onde cada tema possui pré-requisitos obrigatórios e créditos atribuídos, atendendo os pré-requisitos e créditos do tema avaliado o empreendimento alcança a pontuação total desse tema, ao atender os pré-requisitos e créditos totais de todos os temas o empreendimento chega a sua pontuação máxima de 110 pontos.

A tipologia de certificação *LEED* BD+C avalia os empreendimentos em oito extensões distintas, são elas:

- New Construction (Novas construções e Grandes Reformas);
- Core and Shell (Retrofits em Núcleos e Envoltórias);
- Schools (Escolas);
- Retail (Varejo);
- Data Centers (Centro de Armazenamento de Dados);
- Warehouses & Distribution Centers (Galpões e Centros de Distribuição);
- Hospitality (Hospedagens);
- Healthcare (Hospitais e centros de Medicina);

Cada extensão acima avalia o empreendimento com base em nove temas, que são direcionados para cada disciplina do projeto avaliado, os temas são:

- Processo Integrativo (IP);
- Localização e Transporte (LT)
- Terreno Sustentável (SS)

- Eficiência Hídrica (WE)
- Energia e Atmosfera (EA)
- Materiais e Recursos (MR);
- Qualidade do Ambiente Interno (EQ);
- Inovações (IN);
- Prioridades Regionais (RP);



Figura 5.8 – Tipologias e Temas LEED.

Fonte: GBC Brasil, (2020).

Como supracitado, será elucidada a tipologia BD+C, mais precisamente, será abordada a certificação *LEED* BD+C: Core and Shell, com enfoque no tema “Energia e Atmosfera”. Como a intenção do presente projeto é apresentar maior eficiência em edifícios comerciais, dentro do tema “Energia e Atmosfera” serão avaliados dois parâmetros avaliativos desse tema:

- Pré-requisito: Desempenho Mínimo Energético;
- Crédito: Otimizar Desempenho Energético;

Tabela 5.2 – Tema Energia e Atmosfera, pré-requisitos e créditos.

0	0	0	Energia e Atmosfera	33
S		Pré-req	Comissionamento Fundamental e Verificação	Obrigatório
S		Pré-req	Desempenho Mínimo de Energia	Obrigatório
S		Pré-req	Medição de Energia do Edifício	Obrigatório
S		Pré-req	Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Obrigatório
		Crédito	Comissionamento Avançado	6
		Crédito	Otimizar Desempenho Energético	18
		Crédito	Medição de Energia Avançada	1
		Crédito	Resposta à Demanda	2
		Crédito	Produção de Energia Renovável	3
		Crédito	Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	1
		Crédito	Energia Verde e Compensação de Carbono	2

Fonte: Dados GBC Brasil, (2021).

5.4.1 Método de Avaliação da tipologia *LEED* BD+C: Core and Shell (Retrofit)

O empreendimento do estudo de caso, será avaliado conforme certificação *LEED* BD+C: Core & Shell, essa certificação é emitida pelo Green Building Council, e assegura que todos os empreendimentos certificados seguem as normas de otimização do consumo dos recursos energéticos, assegura também a economia nos sistemas de ar condicionado, Iluminação, sistemas elétricos, áreas comuns, coberturas, envoltórias, elevadores e etc.

A certificação garante uma redução nos danos ambientais e econômicos que normalmente são causados pelo excesso de consumo de energia, levando o empreendimento a atingir um nível mínimo de eficiência energética para os seus sistemas.

5.4.1.1 Energia e Atmosfera (EA) – Pré-requisito e Crédito

No presente trabalho foram utilizadas estratégias para obtenção de maior eficiência de recursos, buscando adequar salas comerciais existentes em ambientes nos padrões *LEED*. As alterações propostas

foram acerca da iluminação do ambiente, sistema de ar-condicionado e envoltória.

Dentro do âmbito da eficiência energética, o tema “Energia e Atmosfera” é o mais importante dentre os temas, pois além de contabilizar a maior quantidade de pontos em relação aos demais temas, ele incentiva o consumo consciente dos recursos energéticos e visa a melhor performance do empreendimento. Para este trabalho foram considerados somente os critérios da certificação LEED conforme a seguir:

- Pré-requisito: Desempenho Mínimo Energético (EA);
- Crédito: Otimizar Desempenho Energético (EA);

5.4.1.2 Pré-Requisito: Desempenho Mínimo Energético (EA):

A intenção desse pré-requisito é otimizar a concepção e especificação dos projetos arquitetônicos e sistemas prediais, usando referências prescritivas e ferramentas de modelagem energética com o principal objetivo de se obter projetos com as melhores estratégias e tecnologias mais eficientes e econômicas, antes da fase de execução, além de prever a otimização dos custos operacionais que são altamente relevantes ao longo da vida útil do empreendimento.

Na modelagem energética deve haver a inclusão de todos os custos associados ao consumo de energia, sendo que para o atendimento deste pré-requisito da certificação LEED, o desempenho energético do projeto deverá apresentar uma redução de, no mínimo, 5% no custo anual de energia para novos empreendimentos, ou 3% para empreendimentos existentes em Retrofit, ou 2% para empreendimentos comerciais ou corporativos (Core and Shell), em relação ao modelo de referência (Baseline), conforme o Apêndice G da norma ASHRAE 90.1-2010.

5.4.1.2.1 Pré-requisito: Desempenho Mínimo Energético (EA) - Passo a Passo:

Passo 1: Com base na localização do projeto, identificar a zona climática conforme ASHRAE 90.1–2010, Apêndice B.

Passo 2: Avaliar os projetos de arquitetura e sistemas prediais que devem atender os itens mandatórios conforme prescrito na norma ASHRAE 90-1-2010 e apresentados de forma resumida a seguir, nas seguintes seções:

- Seção 5.4 – Envoltória: Requisitos de desempenho mínimo relacionados aos sistemas de envoltória da edificação, como referência de parâmetros físicos (resistência térmica, absorvância (α), transmitância térmica, fator solar etc.) dos materiais da envoltória (vidros, cobertura, vedações externas etc.) em função da zona climática;
- Seção 6.4 – Ar-condicionado e ventilação mecânica: Requisitos de desempenho relacionados à concepção dos projetos de ar-condicionado, eficiência mínima de equipamentos de refrigeração (COP, IPLV etc.), requisitos mínimos de controle dos equipamentos, sistemas de isolamento térmico das tubulações etc.;
- Seção 7.4 – Aquecimento de Água: Requisitos de desempenho relacionados à eficiência dos equipamentos de aquecimento de água de uso doméstico, controle dos sistemas de aquecimento de água, isolamento térmico das tubulações etc.;
- Seção 8.4 – Energia: Requisitos de desempenho dos projetos dos sistemas elétricos estabelecidos através de critérios de dimensionamento dos condutos elétricos com limitações de queda

de tensão (máximo de 2% de queda de tensão em trechos de alimentadores e 3% em ramais terminais);

- Seção 9.4 – Iluminação: Requisitos de desempenho que estabelece limites de potência de iluminação (densidade de potência de iluminação ou W/m^2) nos ambientes internos e externos, além de requisitos de controle de iluminação;
- Seção 10.4 – Motores Elétricos, Tomadas, Sistemas de Pressurização e Elevadores: Requisitos de desempenho de equipamentos, como eficiência mínima de motores elétricos trifásicos, controles de tomadas elétricas em áreas de trabalho, sistemas de controles de bombas de pressurização, requisitos de eficiência e controles de iluminação e ventilação das cabines de elevadores etc.

Passo 3:

- Identificar os principais sistemas prediais consumidores de energia do empreendimento;
- Estabelecer a demanda energética (elétrica e térmica) para o projeto no processo inicial de concepção dos projetos;
- Comprovar a eficiência energética do projeto através de modelagem computacional de energia dos sistemas prediais para avaliar o atendimento do pré-requisito da certificação LEED e, de acordo com a meta estabelecida de eficiência definida no crédito “Otimização do Desempenho Energético”. A modelagem computacional energética será detalhada nos capítulos a seguir.

5.4.1.2.2 Modelagem Energética para Certificação *LEED*

A modelagem/simulação computacional energética dos projetos de edificações, pode ser desenvolvida por diversos softwares de mercado, como o EnergyPlus®, IES®, TRACE® 700, E-Quest®, Carrier E-20, Design Builder® etc. Essa simulação só é válida desde que o software atenda os padrões da ASHRAE 140-2011, que são:

- Simular desempenho em todas as 8760 horas do ano, tendo a capacidade de avaliar as variações dos horários de ocupação pelos usuários e a relação com os diversos sistemas existentes no edifício, como iluminação, ar-condicionado, equipamentos etc.;
- Considerar as curvas de desempenho em cargas parciais;
- Aceitar criação de dez ou mais zonas térmicas;
- A Simulação deve representar todos os fluxos de calor, serem combinados com ambiente externo e integrada com os demais sistemas usados no empreendimento;
- Devem ser acrescidas as entradas (inputs) de dados de temperatura, carga demandada e iluminação, essencial para uma perfeita modelagem computacional.

Neste trabalho será utilizado a ferramenta de modelagem computacional chamada de Energy Plus®. Este software foi criado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) e permite ampla flexibilidade de criação de modelos tridimensionais dos projetos arquitetônicos, bem como a inserção e criação de equipamentos e sistemas, já que possui códigos de programação abertos, sendo, por este motivo, muito usado pelas academias e universidades. Além disso, a estrutura do software permite que sejam inseridos dados externos como, banco de dados climáticos, módulos de cálculos térmicos, métodos de cálculos de transferência de calor etc., como ilustrado na figura 5.9 a seguir.

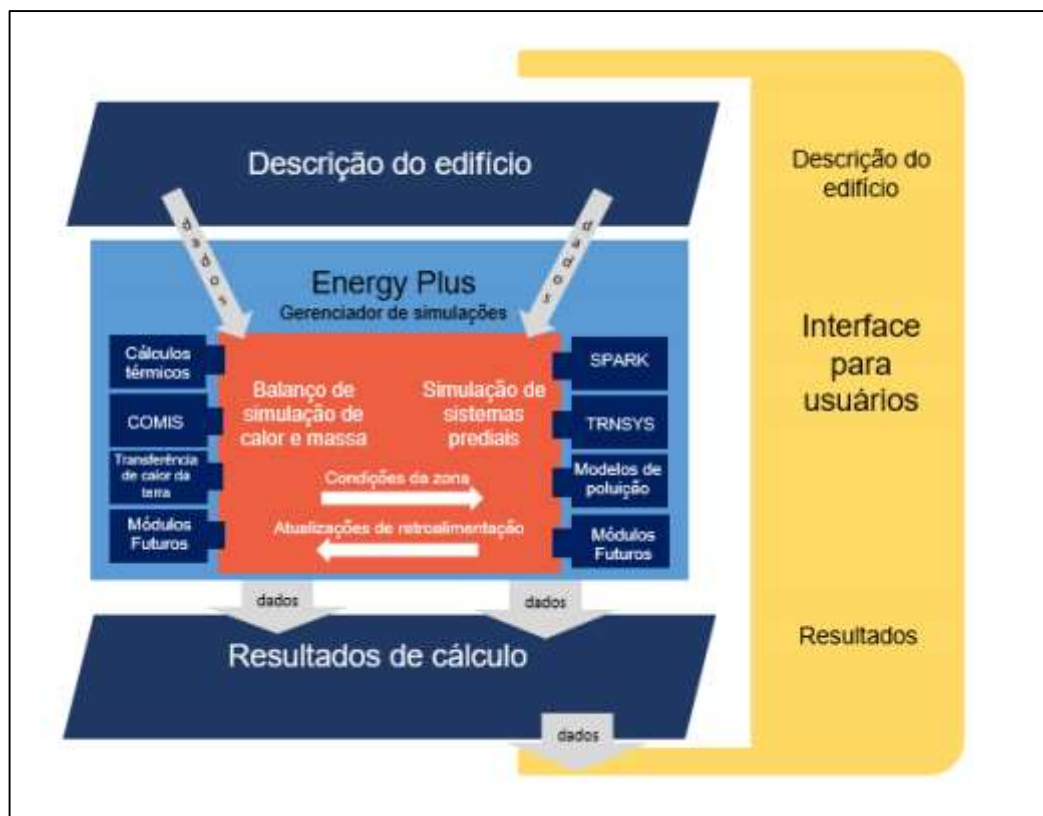


Figura 5.9 – Estrutura geral do Energy Plus.

Fonte: Adaptado de Crawley, (2000).

O Energy Plus® possui biblioteca com set-points padrão podendo ser aplicado em edificações de características comuns, assim otimizando a utilização dos recursos pois estabelece integração entre sistemas. Pelo fato de conseguir definir densidade de iluminação e carga elétricas consegue criar cenários de operação do empreendimento respeitando seu horário de ocupação. A seguir a figura 5.10 mostra o gerenciamento integrado do programa.

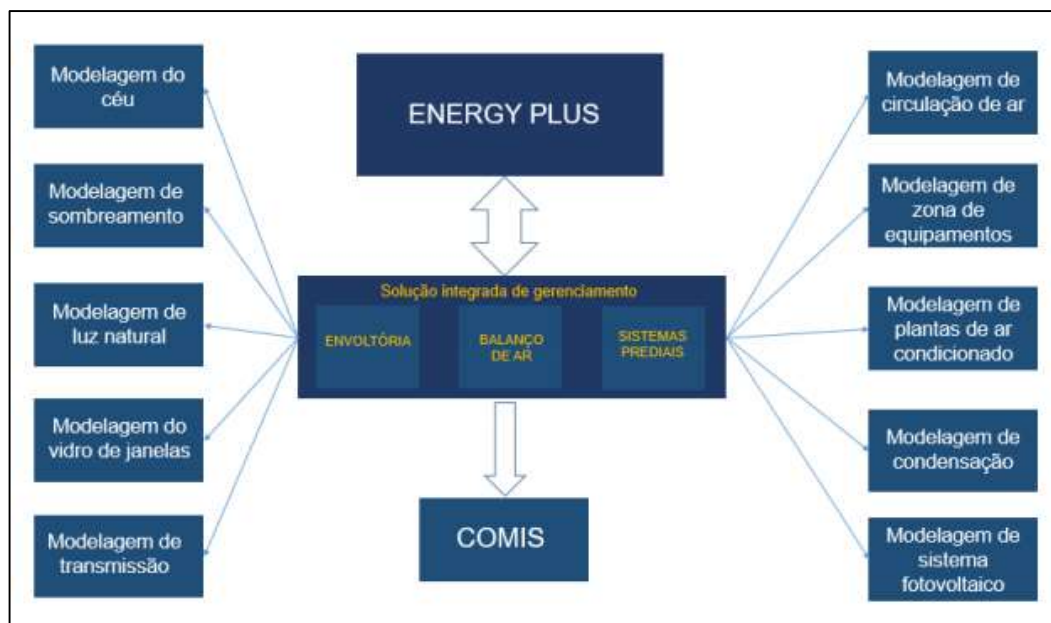


Figura 5.10 – Modelagem do Energy Plus.

Fonte: Adaptado de Crawley, (2000).

Para gerenciamento dos resultados obtidos no Energy Plus® foi utilizado o aplicativo *Open Studio*, que possui compatibilidade com Windows, Linux e sistemas operacionais Mac. A interface gráfica do aplicativo é obtida por meio do SketchUp, que possibilita uma modelagem geométrica do empreendimento, além de possibilitar a personalização de dados como parâmetros físicos dos materiais e estratégias arquitetônicas como alterações da orientação solar, inclusão de sistemas de proteção externas (brises soleil, peitoril) e sombreamento de edificações vizinhas. Todas as informações da edificação modelada ficam armazenadas em arquivo único de extensão *Open Studio Model (.osm)*.

Dessa forma devido as possibilidades que a ferramentas possibilitam, foram criados diversos cenários de avaliação para serem analisados, em função da máxima eficiência energética que pode ser obtida no projeto.

5.4.1.2.3 Desempenho Mínimo Energético (EA) - Simulação de energia de todo o edifício - Passo a Passo:

Passo 1: Identificar a ferramenta de modelagem computacional de energia

Momento de escolher o software de modelagem ou simulação computacional de energia para realizar as análises de performance e desempenho energético.

As qualificações do software de simulação de energia devem ser cautelosamente conferidas, a fim de atestar que a modelagem energética tenha precisão e esteja de acordo com as normas e pré-requisitos.

Passo 2: Montar a geometria e o modelo de simulação

De acordo com os projetos de arquitetura deverão ser criados os modelos em 3D no software de modelagem, sendo possível a utilização de ferramentas mais “amigáveis” de interface (Ex: SketchUp) para levantamento dos parâmetros geométricos (coordenadas) dos ambientes (zonas térmicas) para inserção no software de modelagem, neste caso o Energy Plus®.

É importante observar que a montagem do modelo deve ser feita também considerando a orientação do projeto em relação ao globo terrestre, e, as condições de localização do projeto, tais como latitude, longitude, altitude, já que os softwares de modelagem levam em consideração a trajetória solar, que possui total influência nas questões de geração de carga térmica e aproveitamento da luz natural, que varia ao longo do dia e dos meses do ano.

Logo, após a montagem do modelo e da volumetria do projeto considerando as condições locais, já é possível fazer algumas avaliações de estratégias passivas de arquitetura com objetivo de reduzir as demandas internas de resfriamento, como melhoria da orientação solar do edifício, estudos da forma da edificação, implementação de proteções

externas solares (brises soleil, peitoril) nas fachadas mais desfavoráveis - Oeste e Leste, e melhoria das especificações dos materiais da envoltória, como vedações externas, vidros, isolamento térmico, etc.

Passo 3: Elaborar o modelo baseline

Após a montagem do modelo, o próximo passo é inserir os parâmetros físicos e energéticos da envoltória, tais como Coeficiente Global de Transferência de Calor (U) dos materiais, Fator Solar dos Vidros (FS), além das demandas elétricas (W/m^2) dos sistemas de iluminação, equipamentos (cargas de tomadas, bombas hidráulicas, elevadores, etc.), sistema de ar-condicionado e ventilação mecânica e demais sistemas que demandam energia (Ex: sistema de aquecimento de água com boiler elétrico).

Todos esses parâmetros, no modelo baseline, estão referenciados e apresentados na norma ASHRAE 90.1-2010, de acordo com os procedimentos detalhados no Apêndice G dessa mesma norma. Neste apêndice, são levadas em consideração o tamanho do empreendimento em área condicionada, para determinação do tipo de sistema de ar-condicionado (sistema indireto ou direto), eficiência dos equipamentos de refrigeração em função da capacidade do sistema (COP e IPLV), prescrição dos parâmetros físicos da envoltória (U, FS, R etc.) em função da zona climática do projeto, cargas de iluminação em função das atividades dos ambientes e cargas de equipamentos. Além disso, são também consideradas a taxa de ocupação de pessoas, bem como as vazões de ar externo que são relevantes para o cálculo de carga térmica.

Após montado o modelo baseline, deve ser inserido no software as tarifas de energia para obtenção do custo ao longo do tempo. Com isso, basta executar a modelagem energética que simulará e calculará todas as correlações das condições externas e internas do projeto, em função das demandas energéticas dos sistemas prediais ao longo de um ano, obtendo-se como resultados, o consumo (kWh) e demanda (kW) de energia anual ou mensal, total ou parcial de cada sistema (iluminação, ar-

condicionado, equipamentos etc.), além do custo total anual de energia do modelo baseline do projeto.

Passo 4: Elaborar o modelo do projeto proposto

A modelagem do projeto proposto é a mais fácil de executar, já que todas as informações e parâmetros energéticos desse modelo serão obtidas nos projetos arquitetônicos e de sistemas prediais concebidos.

Portanto, os parâmetros físicos e energéticos da envoltória serão obtidos nas especificações dos projetos de arquitetura, as demandas elétricas de iluminação e equipamentos serão obtidas nos projetos elétricos ou luminotécnicos, assim como as especificações dos equipamentos de ar-condicionado e ventilação mecânica, que serão encontradas nos projetos de ar-condicionado.

Porém, o Apêndice G da norma ASHRAE 90.1-2010 estabelece algumas regras de consideração de modelagem dos projetos propostos e baseline, que são resumidos a seguir:

- Taxa de ocupação: a população e a taxa de ocupação ao longo do tempo nos dois modelos (baseline e proposto) devem ser as mesmas;
- Taxa de renovação de ar externo: determinada em função do projeto proposto de ar-condicionado, sendo que, como a população e a taxa de ocupação são as mesmas nos dois modelos, a taxa de renovação de ar do projeto, que tem relação direta com a população, também deverá ser a mesma nos dois modelos (baseline e proposto);
- Horários de ocupação e operação dos sistemas: o calendário de ocupação do edifício (Ex: edifício opera das 8:00h às 19:00h, de acordo a porcentagem variável da taxa máxima de ocupação) e operação dos sistemas (Ex: iluminação, equipamentos de ar-condicionado, ventilação etc., operam de acordo com uma programação horária pré-estabelecida) devem ser os mesmos nos dois modelos (baseline e proposto);

- Tarifas de energia: a tarifa de energia deve ser a mesma nos dois modelos (baseline e proposto);
- Cargas de equipamentos (bombas, tomadas, elevadores etc.): as cargas de equipamentos deverão apresentar o mesmo valor nos dois modelos (baseline e proposto). Caso haja algum estudo de eficiência energética de algum equipamento (Ex: uso computadores com baixo consumo), este estudo deverá comprovar que o equipamento se encontra acima do padrão de mercado, através de medições validadas por algum órgão competente. Somente desta forma, poderá ser considerada a melhor eficiência do equipamento no modelo proposto em relação ao modelo baseline.

Logo, analogamente ao modelo baseline, basta executar a modelagem energética que simulará e calculará todas as correlações das condições externas e internas do projeto, em função dos parâmetros e especificações dos projetos de arquitetura e sistemas prediais propostos pelos projetistas, obtendo-se como resultado, no caso da certificação LEED, o custo anual de energia do modelo proposto.

Em função das melhorias de especificações dos projetos, podem ser criados vários cenários de modelagem para avaliação dos impactos de cada estratégia incorporada nos cenários. Logo, podem ser criados vários modelos propostos para estudo dos resultados para a escolha da melhor condição final dos projetos de arquitetura e sistemas prediais.

Passo 5: Determinar economia com redução dos custos de energia

Em função dos resultados de custo anual de energia dos modelos baseline e proposto, basta fazer a comparação para obter a diferença de custo entre os dois modelos, destacando-se que, no caso do pré-requisito de Desempenho Mínimo Energético da certificação *LEED*, deve-se atender uma redução de, no mínimo, 5% no custo anual de energia para novos empreendimentos, ou 3% para empreendimentos existentes em

Retrofit, ou 2% para empreendimentos comerciais ou corporativos (Core and Shell), em relação ao modelo de referência baseline.

5.4.1.3 Crédito: Otimizar Desempenho Energético

Dentro da metodologia de certificação *LEED* este critério ou crédito é o que disponibiliza maior quantidade de pontos quando comparado a todas as categorias da certificação, sendo que, quanto melhor for o resultado, ou seja, quanto mais eficiente for o modelo proposto, em termos de redução de custo anual de energia em relação ao modelo baseline, mais pontos serão disponibilizados neste crédito, que poderão variar de 1(um) a 18 (dezoito) pontos, de acordo com a Tabela 5.3 abaixo

Tabela 5.3 – Pontuação conforme Tipologia por economia percentual de Energia.

New Construction	Major Renovation	Core and Shell	Points (except Schools, Healthcare)	Points (Healthcare)	Points (Schools)
6%	4%	3%	1	3	1
8%	6%	5%	2	4	2
10%	8%	7%	3	5	3
12%	10%	9%	4	6	4
14%	12%	11%	5	7	5
16%	14%	13%	6	8	6
18%	16%	15%	7	9	7
20%	18%	17%	8	10	8
22%	20%	19%	9	11	9
24%	22%	21%	10	12	10
26%	24%	23%	11	13	11
29%	27%	26%	12	14	12
18%	16%	15%	7	9	7
20%	18%	17%	8	10	8
22%	20%	19%	9	11	9
24%	22%	21%	10	12	10
26%	24%	23%	11	13	11
29%	27%	26%	12	14	12
32%	30%	29%	13	15	13
35%	33%	32%	14	16	14
38%	36%	35%	15	17	15
42%	40%	39%	16	18	16
46%	44%	43%	17	19	-
50%	48%	47%	18	20	-

Fonte: Manual BDCv4, pág. 406 Otimização do Desempenho Energético, (2013).

Portanto, o critério mais relevante da certificação LEED leva em consideração a avaliação sistêmica dos projetos de arquitetura, que possui influência direta com os projetos de sistemas prediais, mostrando que, quanto melhor a otimização integrada das disciplinas, resultando na redução das demandas internas, juntamente com as avaliações das melhores tecnologias e estratégias de eficiência dos sistemas prediais (iluminação, ar condicionado, sistemas de aquecimento, etc.), mais racional, econômico e sustentável será o projeto, viabilizando a obtenção da certificação LEED para qualquer tipologia de construção.

6. ESTUDO DE CASO

Nesse estudo será avaliado o ganho de eficiência energética em um edifício com de salas de escritório de pequena área (abaixo de 100 m²). Inicialmente será apresentado o projeto na conjuntura atual e em seguida será apresentado o projeto proposto.

O empreendimento será analisado segundo a Tipologia BD+C: CS LEED (Corel & Shell, Núcleo e Envoltória) atendendo o tema específico “Energia e Atmosfera” e será feita simulação computacional usando “Baseline” como parâmetro de comparação, segundo o Apêndice G da norma ASHRAE 90.1-2010.

A ideia principal é chegar nos valores de economia de consumo através da análise de eficiência dos sistemas de Iluminação, envoltória (vidros) e ar-condicionado.

Com os resultados e cenários obtidos será realizado um estudo de viabilidade econômica afim de apresentar o retorno obtido numa possível implantação do sistema proposto.

6.1 Caracterização do Projeto Atual

Trata-se de um empreendimento existente, localizado na região Sul da cidade de São Paulo com área total de aproximada 6.820m² e área dos conjuntos do andar tipo que variam de 90m² à 92m². O empreendimento não pode ter nome e localização revelada por pedido do proprietário.

6.1.1 Layout projeto Atual

O empreendimento comercial possui dois conjuntos de salas por andar, os conjuntos possuem arquitetura típica com áreas que variam 90m² à 92m². Na figura a seguir está destacada a arquitetura do andar tipo e disposição dos sistemas de iluminação, ar condicionado e envoltória (vidros) de cada conjunto.

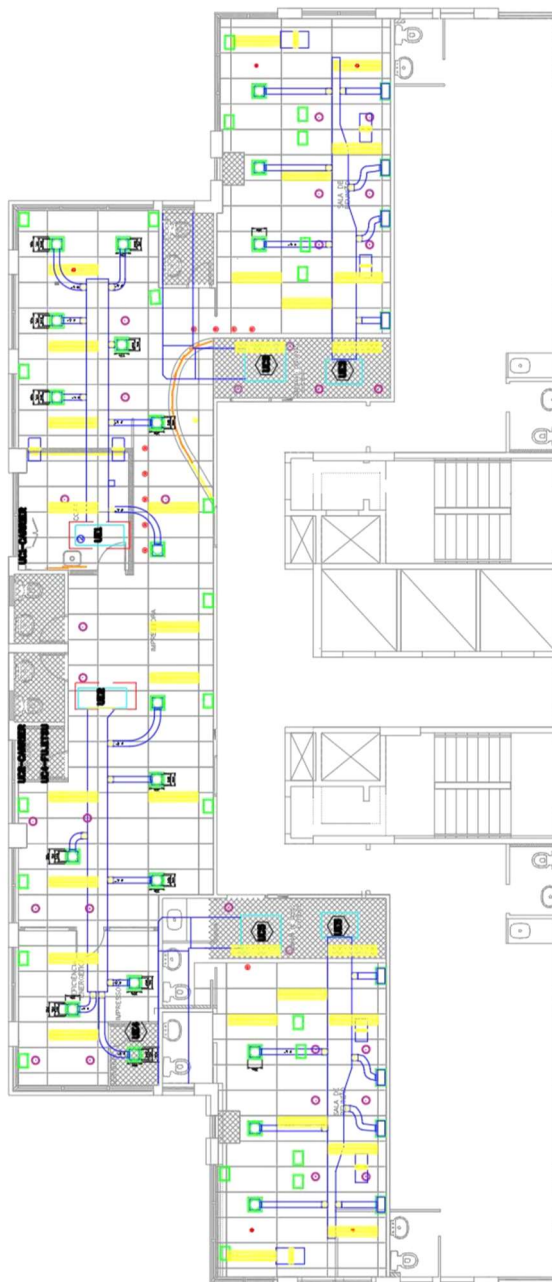


Figura 6.1 – Layout Atual Andar Tipo.
Fonte: Adaptado, Projeto Arquitetônico, (2008).

6.1.2 Envoltória Projeto atual (Vidros)

Em análise de campo (*in loco*), foram obtidos dados dos vidros utilizados atualmente nas salas comerciais do empreendimento, o vidro utilizado é do fabricante GlassecViracon, esse vidro laminado faz controle solar, possui uma transmissividade luminosa de 48% e fator solar de aproximadamente 45% com variação e tolerância de 3% para mais ou para menos. A seguir foto dos vidros laminados do projeto atual.



Figura 6.2 – Modelo de vidros e esquadrias.

Fonte: Própria.

6.1.3 Sistema de Ar-Condicionado Atual

O sistema de ar-condicionado atual do empreendimento é do tipo *Self-contained*, ou seja, cada unidade condensadora atende individualmente uma unidade evaporadora. No andar tipo existem quatro unidades condensadoras e quatro evaporadoras, são três equipamentos de ar com capacidade equivalente à 36.000 Btu/h cada, e um único equipamento com capacidade igual à 9.000 Btu/h. O sistema de ar-condicionado atual conta com equipamentos de diferentes marcas como: FUJITSU, HITACHI e CARRIER.

A seguir modelo de evaporadora tipo duto utilizada no sistema de ar-condicionado atual:



Figura 6.3 – Ar-Condicionado Self-Contained.

Fonte: Fujitsu, (2021).

6.1.4 Sistema de Iluminação Atual

O sistema de Iluminação atual é composto por luminárias de sobrepor do tipo calha e luminárias de embutir tpo plafon. Estão sendo utilizadas atualmente lâmpadas fluorescentes tipo T8 (2x32W) nas luminárias de sobrepor e lâmpadas compactas frias (2x15W) nas luminárias embutidas. A tabela a seguir apresenta a LPD (Densidade de Potência de Iluminação) do projeto, conforme condições atuais de iluminação para os ambientes.

Tabela 6.1 – Densidade de Potência de Iluminação Modelo Atual

Equipamentos	Modelo Atual
Equipamentos Internos (W/m²)	
Corredores	9,31
Áreas Técnicas	3,69
Hall Elevadores	9,56
Salas Comerciais	10,88
Sanitários	12,23
Escadas	9,31
Garagem	1,03
Total	9,01

Fonte: Energy Plus, (2021).

Na figura a seguir, observa-se o tipo de luminárias existentes nas salas comerciais do empreendimento.



Figura 6.4 – Sistema de Iluminação Atual.

Fonte: Própria

6.2 Caracterização do Projeto Proposto

Na caracterização do projeto proposto, serão abordadas as adequações em disciplinas específicas para obtenção de maior desempenho energético no empreendimento.

6.2.1 Layout projeto Proposto

Na figura a seguir destaca-se o layout do projeto proposto e a disposição dos sistemas conforme adequações propostas para a iluminação, ar-condicionado e envoltória.

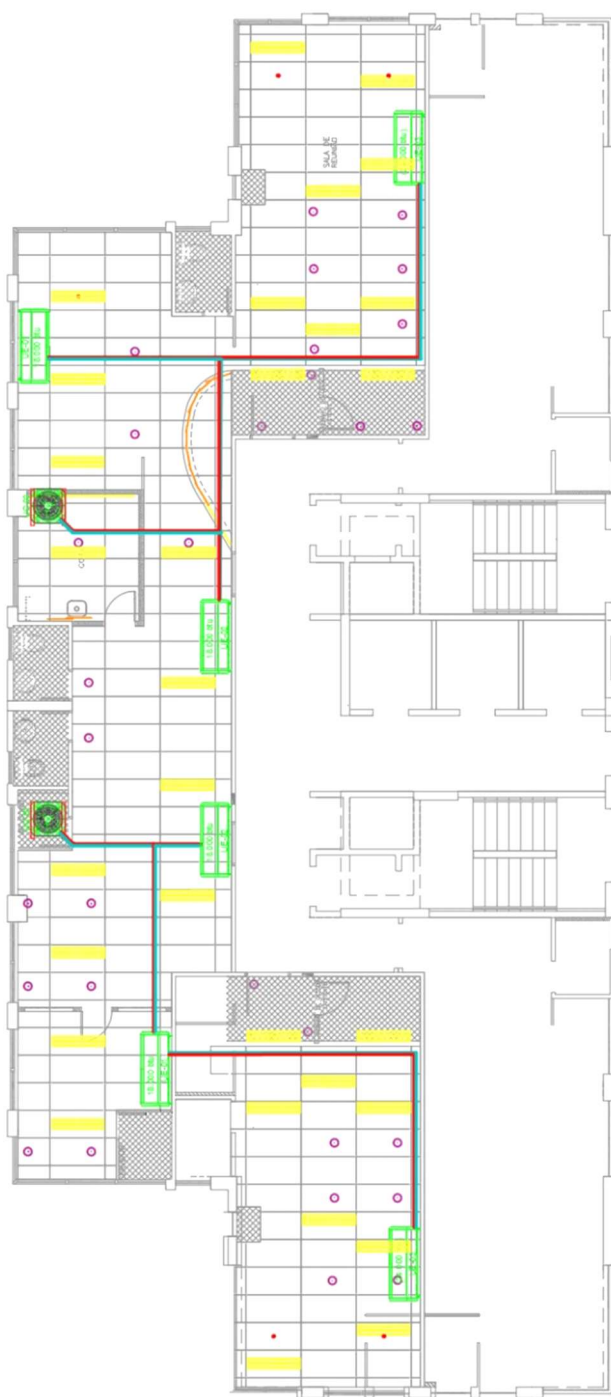


Figura 6.5 – Layout Andar Tipo Projeto Proposto.

Fonte: Adaptado, Projeto Arquitetônico, (2008).

6.2.2 Envoltória Projeto Proposto (Vidros)

Para alcançar maior aproveitamento energético no sistema de envoltória foram propostas algumas adequações. Na intenção de obter melhor eficiência térmica e excelente acabamento externo, foi sugerida a utilização de paredes externas do tipo shadow box. Pensando na cobertura do projeto, o modelo proposto trouxe a ideia da utilização de laje de concreto impermeável.

Com o intuito de obter a máxima eficiência dos 28,2% de área envidraçada existente no empreendimento, foi sugerida a troca por vidros, buscando os de melhor fator solar. Os vidros sugeridos são laminados e fazem o controle de luminosidade, possuem transmissividade luminosa em torno de 35% e fator solar de aproximadamente 30% com variação e tolerância de 3% para mais ou para menos. A tabela a seguir traz detalhes de envoltória do modelo proposto:

Tabela 6.2 – Dados de envoltória modelo proposto

Envoltória	Modelo Proposto
Parede Externa	Shadowbox U-Factor [W/m ² .K]= 1,702
Cobertura	Laje de Concreto com Impermeabilização U-Factor [W/m ² .K] = 2,458
Vidros	GlassecViracon - GA 181 U-Factor [W/m ² .K] = 5,7 Fator Solar (FS) = 33% Transmissão Luz Visível (TLV) = 35%
Área Envidraçada	Fachada = 28,2%

Fonte: Energy Plus, (2021).

6.2.3 Sistema de Ar-Condicionado Proposto

No projeto proposto o sistema de climatização sugerido é o VRF (Fluxo de Gás Refrigerante Variável), esse sistema de climatização trabalha com uma unidade condensadora externa central atendendo diversas unidades evaporadoras internas.

O sistema VRF permite o uso de tecnologia e automação para modular o funcionamento dos equipamentos de conforto de acordo com a demanda térmica de cada ambiente, assim propiciando uma operação mais eficiente e uma economia de energia, quando confrontado aos sistemas convencionais. Esse sistema é considerado um dos mais avançados na atualidade, pelo fato de operar diversos equipamentos simultaneamente, consumindo baixa energia elétrica.

Analisando o layout do projeto proposto pode se observar o andar tipo separado em dois conjuntos, onde cada conjunto possui uma unidade condensadora central e três unidades evaporadoras distribuídas para atender o conforto dos ambientes. Os equipamentos propostos para climatização são do fabricante LG, a unidade condensadora é do modelo *ARUM080LTE5*, para cada conjunto do andar tipo foram propostas duas evaporadoras do modelo *ARNU18M1A4* e uma evaporadora do modelo *ARNU24M1A4* (capacidade de 18.000 e 24.000 Btus/h respectivamente). Para um melhor entendimento do sistema de ar-condicionado proposto, consultar documentos pós-textuais (Apêndice A e B, Anexo 3).

Na figura a seguir observa-se as unidades evaporadoras e condensadoras propostas, o sistema proposto de climatização também adotará a refrigeração por equipamentos do tipo duto, para melhor aproveitamento de infraestrutura existente no empreendimento.



Figura 6.6 – Unidades Evaporadoras e Condensadora LG, VRF.

Fonte: LG, (2021).

6.2.4 Sistema de Iluminação Proposto

No layout do projeto proposto, no sistema de Iluminação não foram modificadas as disposições das luminárias, como é percebido comparando os layouts apresentados (Atual e Proposto). Foi sugerida a troca das lâmpadas fluorescentes T8 (2x32W) e lâmpadas compactas E27 (2x15W) por lâmpadas do tipo LED T8 (2x18W) e LED (2x7W) E27 respectivamente, essa substituição foi proposta para as salas comerciais, sanitários e garagem do empreendimento comercial.

A tabela a seguir apresenta a LPD (Densidade de Potência de Iluminação) do projeto proposto, avaliadas por ambiente. Comparando o modelo atual com modelo proposto, percebe-se que nos ambientes onde foram sugeridas as adequações luminotécnicas, houve alto ganho em densidade de potência de iluminação, dada em W/m^2 .

Tabela 6.3 – Densidade de Potência de Iluminação Modelo Proposto

Equipamentos	Modelo Proposto
Equipamentos Internos (W/m²)	
Corredores	9,31
Áreas Técnicas	3,69
Hall Elevadores	9,56
Salas Comerciais	5,79
Sanitários	5,71
Escadas	9,31
Garagem	1,03
Total	5,69

Fonte: Energy Plus, (2021).

Na figura a seguir, observa-se os modelos de lâmpadas LED utilizadas no projeto proposto, em substituição as lâmpadas fluorescentes e compactas de baixa eficiência .



Figura 6.7 Lâmpada Tipo LED.

Fonte: GALAXYLED, (2021)

6.3 Modelagem Energética Metodologia LEED

A eficiência energética do projeto será avaliada conforme metodologia LEEDv4 BD+C Core and Shell e parâmetros do Apêndice G da norma ASHRAE 90.1-2010.

6.3.1 Entrada de Dados

A tabela 6.4 a seguir apresenta os dados gerais considerados na modelagem energética, como localização, calendário de operação do edifício, tarifas de energia e arquivo climático, que, conforme os procedimentos de simulação do Apêndice G da ASHRAE 90.1-2010, são informações que devem ser consideradas e repetidas em todos os modelos (baseline e propostos).

Tabela 6.4 – Dados gerais de entrada para Modelagem Energética.

Dados Gerais	Modelo Baseline e Projeto Proposto
Localização	São Paulo - SP - Zona Sul
Horário de Operação	seg. - sex: 8h às 19h sáb: 09h às 13h dom: sem operação
Tarifa ENEL	Demanda (R\$/kW) - 15,48 TUSD Ponta (R\$/MWh) - 642,12 TE Ponta (R\$/MWh) - 642,12 TUSD F. Ponta (R\$/MWh) - 79,97 TE F. Ponta (R\$/MWh) - 236,55
Impostos da Tarifa ENEL	ICMS - 18% PIS/COFINS - 5%
Dados Climáticos	BRA_SP_Sao.Paulo-Congonhas.AP.837800_TMYx.2004-2018.epw

6.3.1.1 Montagem da geometria e do modelo 3D

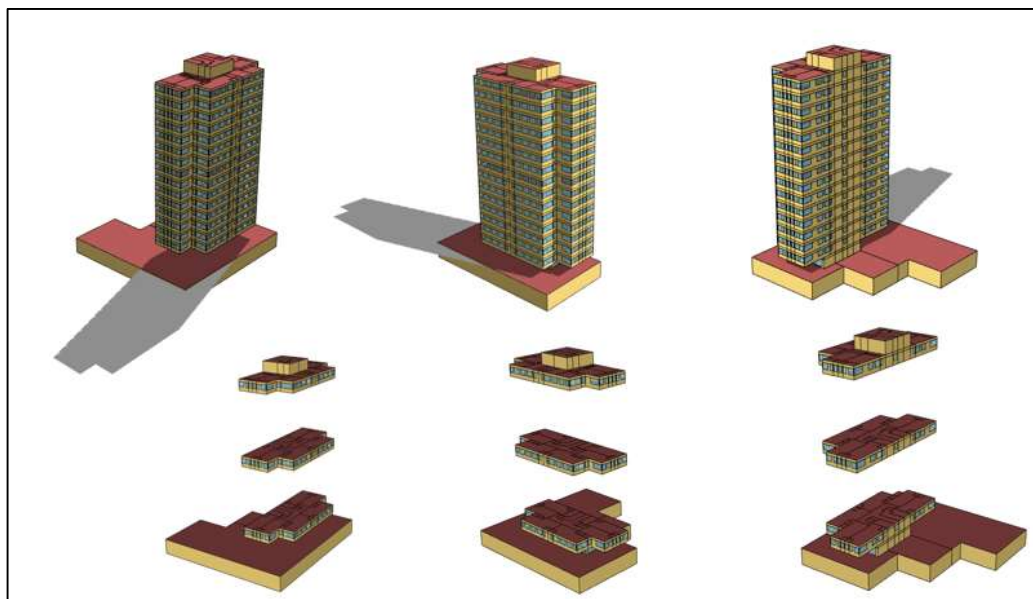


Figura 6.8 – Representação modelo 3D (Open Studio 2021).

6.3.1.2 Cenário Baseline

Para o projeto em estudo foram considerados as seguintes informações e parâmetros de cada sistema, de acordo com o Apêndice G da ASHRAE 90.1-2010.

6.3.1.3 Envoltória do Baseline

A tabela apresenta os valores e requisitos mínimos que os componentes de envoltória precisam atender segundo o Apêndice G da norma ASHRAE 90.1-2010. Na primeira coluna da tabela estão os componentes da envoltória e na segunda coluna os respectivos valores a serem utilizados como base no software de simulação.

Tabela 6.5 – Dados de envoltória modelo Baseline.

Envoltória	Modelo Baseline
Parede Externa	Steel Framed U-Factor [W/m ² .K]= 0,705
Cobertura	Insulation Entirely above Deck U-Factor [W/m ² .K] = 0,273
Vidros	Metal Framing (All Other) U-Factor [W/m ² .K] = 4,26 Fator Solar (FS) = 25% Transmissão Luz Visível (TLV) = 28%
Área Envidraçada	Fachada = 40%

Fonte: Apêndice G, ASHRAE 90.1-2010, (2010).

6.3.1.4 Iluminação do Baseline

Para a tipologia do projeto estudado, conforme área e finalidade de cada ambiente, seguem dados de iluminação utilizados na modelagem energética em conformidade com a Apêndice G da ASHRAE 90.1-2010

Tabela 6.6 – Dados de Iluminação Baseline.

Equipamentos	Modelo Baseline
Equipamentos Internos (W/m²)	
Corredores	9,31
Áreas Técnicas	3,69
Hall Elevadores	9,56
Salas Comerciais	9,70
Sanitários	9,70
Escadas	9,31
Garagem	2,70
Total	8,44

Fonte: Apêndice G, ASHRAE 90.1-2010, (2010).

6.3.1.5 Ar-Condicionado do Baseline

Assim como nos outros sistemas citados, as considerações do sistema de ar condicionado também são extraídos do Apêndice G da ASHRAE 90.1-2010. De acordo com este apêndice, em função da área condicionada e número de pavimentos do empreendimento, o tipo ed sistema de ar condicionado do modelo baseline deverá ser composto por sistema de água gelada, com chillers elétricos de condensação à água,

com torres de resfriamento, bombas primárias e secundárias e distribuição de ar por fancoils e caixas VAV.

Em função da capacidade térmica do empreendimento, o modelo baseline deverá apresentar um chiller parafuso com capacidade nominal de 121 TR e COP igual à 4,54 W/W. A torre de resfriamento é do tipo com ventiladores axiais, com capacidade nominal de 182 TR e uma vazão de água condensada de 100,5 m³/h. No Anexo 1 desse trabalho constam informações detalhadas do HVAC Baseline utilizado na modelagem energética.

6.3.2 Modelagem Energética – Cenários

Nos parágrafos dos tópicos seguintes serão apresentados os cenários obtidos via modelagem energética, posteriormente os resultados dos cenários serão explanados em tabela para melhor entendimento. Após as apresentações será discutida a atratividade dos cenários exibidos no âmbito da eficiência energética e viabilidade econômica.

6.3.2.1 Cenário Baseline

Esse cenário não é comparado a outro cenário já que será o modelo de referência conforme a ASHRAE 90.1-2010. Nele destacam-se os resultados obtidos a partir da modelagem considerando os dados de entrada apresentados, como localização, horário de operação, dados climáticos, valor da tarifa de energia, layout e tipologia do empreendimento, além das características dos ambientes do modelo baseline para os sistemas de ar condicionado, envoltória e iluminação.

Na simulação o consumo de energia elétrica dos sistemas de ar condicionado, equipamentos e iluminação, juntos totalizam 613.739,17 KWh/ano, gerando um custo anual de energia de R\$363.343,42, como já visto no sistema de ar condicionado deste cenário utiliza-se chiller, por meio da simulação constatou-se uma redução de carga térmica equivalente à 17,8 TR (Tonelada de Refrigeração) utilizando essa configuração de climatização.

Os resultados desse cenário são utilizados como referencial comparativo para análise dos demais cenários.

6.3.2.2 Cenário 1 – Empreendimento Modelo Atual

O empreendimento objeto de estudo é existente, por esse motivo foi criado um cenário comparativo do mesmo em relação ao modelo *Baseline*. Este cenário contempla sistema Self-Contained (Ar condicionado), Vidros com Fator Solar de 49% ou FS49 e Iluminação fluorescente. O consumo elétrico desses sistemas citados, totalizam 642.744,77 KWh/ano, assim gerando um custo elétrico de R\$383.654,4 ao ano.

Esse cenário apresenta um gasto excede de 5,6% quando comparado ao modelo *Baseline*, por consequência não atendendo o mínimo para a certificação *LEED*.

6.3.2.3 Cenário 2

O cenário 2 é um modelo que contempla sistema de Ar condicionado Self-contained, iluminação LED e Vidros FS49. Com consumo anual de 559.182,43 KWh esse cenário gera custo anual de R\$ 335.094,62 apresentando uma redução de custo equivalente a 7,8% quando comparado ao custo do modelo baseline. Com essa economia percentual o cenário conseguiu conquistar 3 pontos no crédito de Otimização do Desempenho Energético da certificação LEED. Vale ressaltar também que nessa configuração o sistema de climatização confirmou uma redução de carga térmica equivalente a 5,5 TR.

6.3.2.4 Cenário 3

O cenário 3 apresenta sistema de Ar condicionado Self-contained, iluminação fuorescente e Vidros FS33, nessa configuração o custo elétrico anual chega a R\$ 372.080,73 excendendo em 2,4% o valor de custo anual do modelo baseline, com isso esse cenário não atende o mínimo exigido pela certificação *LEED*. Interessante destacar que mesmo não atendendo o percentual necessário para certificar *LEED*, o cenário apresentou redução de carga térmica equivalente a 11,5 TR.

6.3.2.5 Cenário 4

Este cenário apresenta sistema de Ar condicionado Self-contained, iluminação LED e Vidros de Fator Solar de 33% ou FS33. Essa configuração retorna uma redução de custo elétrico anual de 10,9% em comparação ao modelo baseline, fazendo com que esse cenário receba 4 pontos no crédito de Otimização do Desempenho Energético da certificação *LEED*. Além da pontuação, outro ponto positivo é a redução de carga térmica nesse cenário, equivalente a 16,9 TR.

6.3.2.6 Cenário 5

O cenário 5 apresenta sistema de Ar condicionado VRF, iluminação fluorescente e Vidros FS49. Essa configuração apresenta uma redução do custo anual elétrico de 9,1% quando comparada ao modelo de referência *Baseline*, pelo percentual de economia conquistado o empreendimento garante 4 pontos no crédito de Otimização do Desempenho Energético da certificação *LEED*. Neste cenário o consumo de energia elétrica para o funcionamento do sistema de ar condicionado sofreu grande redução, por conta de estar sendo utilizado VRF para climatização.

6.3.2.7 Cenário 6

Esse cenário utiliza sistema VRF, iluminação LED e Vidros FS49. Com essa configuração o consumo de energia elétrica baixou consideravelmente levando o custo a uma redução de 21,5% quando comparado ao modelo de referência baseline, com esse percentual de redução de custo anual o empreendimento alcançou 10 pontos no crédito de Otimização do Desempenho Energético da certificação *LEED*, além de contribuir para uma redução de carga térmica equivalente a 5,5 TR.

6.3.2.8 Cenário 7

O cenário 7 apresenta sistema de Ar-condicionado VRF, iluminação fluorescente e Vidros FS33. O custo de energia elétrica anual dessa configuração equivale à R\$ 324.058,08 expressando uma redução percentual de 10,8% em comparação ao modelo baseline, recebendo 4 pontos no crédito de Otimização do Desempenho Energético da certificação *LEED*. Importante salientar que nesta configuração houve redução de carga térmica equivalente a 11,5 TR.

6.3.2.9 Cenário 8

Neste último cenário o sistema de Ar condicionado proposto é o VRF, o sistema de iluminação contempla o uso de lâmpadas do tipo LED e os Vidros FS33. Somando a energia elétrica consumida nesse cenário chega-se a 476.072,31 KWh/ano, esse consumo gera um custo anual de R\$ 279.405,84 e por consequência uma economia financeira de 23,1% quando comparado ao modelo baseline. Este cenário é o que apresentou o melhor desempenho energético e a melhor pontuação, com 11 pontos, no crédito de Otimização do Desempenho Energético da certificação *LEED*, e por consequência, a melhor condição de redução de carga térmica, equivalente à 16,9 TR.

6.3.2.10 Resumo dos cenários de modelagem energética

Como forma de facilitar a visualização das informações apresentadas acima do cenário baseline e dos 8 cenários modelados, segue abaixo a tabela resumo 6.7:

Tabela 6.7 – Cenários Modelagem Energética.

Consumo por Uso Final [kWh/ano]					
	Cenário Baseline	Cenário 1 Atual	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Sistema	Baseline	Self-FS49-FLU	Self-FS49-LED	Self-FS33-FLU	Self-FS33-LED
Ar-Condicionado	184.058,35	202.977,66	191.113,62	184.557,13	173.037,05
Iluminação	203.698,56	213.784,85	142.086,55	213.784,85	142.086,55
Equipamentos	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26
Consumo Total [kWh/ano]	613.739,17	642.744,77	559.182,43	624.324,24	541.105,86
Custo Elétrico Anual	363.343,42	383.654,40	335.094,62	372.080,73	323.675,73
Economia Baseline	-	+5,6%	-7,8%	+2,4%	-10,9%
Pontuação Eac	-	Não Atende	3 pontos	Não Atende	4 pontos
Redução Carga Term.	-17,8 TR	-	-5,5 TR	-11,5 TR	-16,9 TR

Consumo por Uso Final [kWh/ano]				
	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7	Cenário 8
Sistema	VRF-FS49-FLU	VRF-FS49-LED	VRF-FS33-FLU	VRF-FS33-LED
Ar-Condicionado	122.452,04	116.756,08	161.796,52	154.591,24
Iluminação	213.784,85	142.086,55	213.784,85	142.086,55
Equipamentos	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26
Consumo Total [kWh/ano]	562.219,15	484.824,89	601.563,63	522.660,05
Custo Elétrico Anual	330.282,06	285.338,71	324.058,08	279.405,84
Economia Baseline	-9,1%	-21,5%	-10,8%	-23,1%
Pontuação Eac	4 pontos	10 pontos	4 pontos	11 pontos
Redução Carga Term.	-	-5,5 TR	-11,5 TR	-16,9 TR

Fonte: Energy Plus, (2021).

6.3.2.11 Análise energética dos Cenários

Avaliando os cenários apresentados após modelagem energética, é notável que o cenário 1 atual, seguido do cenário 3, são os piores dentre os cenários no âmbito da eficiência energética, já que o cenário 1 não apresenta nenhuma economia quando comparado ao modelo de referência baseline, e o cenário 3 apresenta apenas redução de carga térmica de 11,5 TR, levando ambos os cenários a não atenderem o mínimo necessário para a certificação *LEED*, que é de 2% de redução.

Observando ainda a tabela 6.7, de modo geral, é possível perceber que o cenário 6 (VRF-FS49-LED) apresenta o menor consumo de energia elétrica para o sistema de ar condicionado, chegando a 116.756,08 KWh/ano, assim contribuindo na redução do custo anual de energia elétrica.

Os cenários que utilizaram como opção o sistema de iluminação com lâmpadas LED, sofreram redução no consumo de energia em

71.895,71 KWh/ano, contribuindo para a redução do custo anual de energia elétrica desses cenários.

Analisando os cenários 2 (Self-FS49-LED) e 4 (Self-FS33-LED) nota-se que o único sistema diferente entre os cenários é o Fator Solar dos vidros (FS49 e FS33). Com base nisso é possível afirmar que, com a utilização do vidro de FS33, houve a redução considerável no custo anual de energia elétrica, assim aumentando o percentual de economia em comparação ao modelo baseline resultando em 4 pontos no *LEED*. Interessante observar o impacto de redução de carga térmica que, quando utilizado o vidro de FS49, se obteve redução de carga térmica equivalente à 5,5 TR, já utilizando vidros com FS33, a redução aumentou para 16,9 TR, mostrando que a escolha de vidros com menor fator solar impacta diretamente na redução de carga térmica dos ambientes.

Analogamente aos cenários 2 e 4 verificamos a influência da alteração dos vidros mantendo o mesmo sistema de ar condicionado (VRF) e iluminação (LED) nos cenários 6 (VRF-FS49-LED) e 8 (VRF-FS33-LED). A utilização de vidros FS33 em relação aos vidros FS49, proporcionou uma redução maior no consumo anual de energia elétrica, refeltindo no menor custo anual de energia. Observa-se também, que, os mesmos valores de redução de carga térmica obtidos nos cenários 2 e 4, foram obtidos nos cenários 6 e 8 respectivamente, devido a melhoria do desempenho da envoltória com os vidros de menor fator solar.

A mesma análise feita no parágrafo acima entre cenários pode ser aplicada para os cenários 5 e 7, que possuem mesma configuração de ar condicionado (VRF), porém com a opção de iluminação atual (lâmpadas fluorescentes ou FLU), mostrando a redução carga térmica de 11,5 TR no cenário 7, em função da escolha melhor do vidro.

Finalmente, o cenário mais eficiente modelado foi o cenário 8, já que apresenta as melhores características de eficiência de envoltória (vidros FS33), sistema de ar condicionado eficiente (VRF) e iluminação LED. Este cenário mostra que o empreendimento tem condição de

atender o mínimo exigido para a certificação *LEED* (2% de redução de custo anual de energia em relação ao modelo baseline) e também pontuar 11 pontos no crédito de de Otimização do Desempenho Energético da certificação *LEED* na sua versão atual v4, sem contar na redução de 16TR de demanda térmica de resfriamento para o sistema de ar condicionado.

7. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Analisando os cenários apresentados no capítulo anterior e com base nos resultados obtidos, será realizado um estudo de viabilidade econômica que irá definir a atratividade financeira para investimento do projeto proposto para adequação.

7.1 Custos

7.1.1 Custo individuais dos Sistemas

Tabela 7.1 – Custo Aplicação

Custo dos Sistemas					
	Custo		Custo		Custo
	Equipamentos		Mão-de-Obra		Total
Ar-Condicionado	R\$	946.600,00	R\$	189.320,00	R\$ 1.135.920,00
VRF					
Iluminação	R\$	3.416,00	R\$	683,20	R\$ 4.099,20
LED					
Equipamentos	R\$	261.656,43	R\$	52.331,29	R\$ 313.987,72
Vidro FS33					
Total	R\$	1.211.672,43	R\$	242.334,49	R\$ 1.454.006,92

Através dos cenários apresentados, análise energética e de custos individuais dos sistemas, é possível afirmar que os cenários mais atrativos no âmbito energético e financeiro são os cenários 4 (Self-FS33-LED) e 8 (VRF-FS33-LED). O cenário 4 mesmo utilizando sistema Self-Contained para climatização apresenta boa eficiência, pontuação *LEED* e redução de carga térmica, sem contar que seu custo de implantação é relativamente baixo.

O cenário 8, mesmo tendo um custo maior que o cenário 4, apresenta a máxima eficiência obtida dentre todos os cenários expostos.

Para um melhor entendimento dos custos expostos nessa tabela, consultar documento pós-textual (Anexos 1 e 2).

7.1.2 Custos Cenários

Serão apresentados os custos para implantação dos cenários denominados mais atrativos, ou seja, os cenários 4 e 8. Esses cenários são diferentes entre si e apresentaram custos e valores de eficiência distintos, como mostrado nas tabelas a seguir.

7.1.3 Custos Cenário 4

Tabela 7.2 – Custos Cenário 4

	Custo		Custo Energ. Anual		Custo Energ. Anual	
	Total		Cenário 4 (R\$)		Cenário Atual (R\$)	
Ar-Condicionado						
Self-Contained	R\$	-				
Iluminação						
LED	R\$	4.099,20	R\$	323.675,73	R\$	383.654,40
Equipamentos						
Vidro FS33	R\$	313.987,72				
Total	R\$	318.086,92	R\$	323.675,73	R\$	383.654,40

7.1.4 Custos Cenário 8

Tabela 7.3 – Custos Cenário 8

Cenário 8						
			Custo		Custo Energ. Anual	
			Total		Cenário 8 (R\$)	
					Cenário Atual (R\$)	
Ar-Condicionado						
VRF	R\$	1.135.920,00				
Iluminação						
LED	R\$	4.099,20	R\$	279.405,84	R\$	383.654,40
Equipamentos						
Vidro FS33	R\$	313.987,72				
Total	R\$	1.454.006,92	R\$	279.405,84	R\$	383.654,40

7.2 Payback

Foram apresentados os custos envolvidos nos cenários de otimização energética, utilizando esses valores de custo e receita (obtida a partir da economia de energia elétrica) serão apresentados os cálculos de payback para os cenários 4 e 8.

7.2.1 Payback Cenário 4

Tabela 7.4 – Payback Cenário 4

Cenário 4		
Equipamentos VRF	R\$	-
Iluminação LED	R\$	4.099,20
Vidros Fator Sola 33	R\$	313.987,72
Investimento Total (CAPEX)	R\$	318.086,92
Custo Elétrico Anual Cenário Existente	R\$	383.654,40
Custo Elétrico Anual Cenário 4	R\$	323.675,73
Receita Anual por Redução de Custos	R\$	59.978,67
Payback Simples	5 anos e 4 meses	

7.2.2 Payback Cenário 8

Tabela 7. – Payback Cenário 8

Cenário 8		
Equipamentos VRF	R\$	1.135.920,00
Iluminação LED	R\$	4.099,20
Vidros Fator Sola 33	R\$	313.987,72
Investimento Total (CAPEX)	R\$	1.454.006,92
Custo Elétrico Anual Cenário Existente	R\$	383.654,40
Custo Elétrico Anual Cenário 8	R\$	279.405,84
Receita Anual por Redução de Custos	R\$	104.248,56
Payback Simples	13 anos e 11 meses	

8. CONCLUSÃO

O avanço tecnológico atrelado a conscientização da sociedade em relação aos problemas mundiais de escassez de recursos naturais e poluição, são fatores que podem fortalecer a utilização de certificações como LEED (e outras), no ramo da construção civil no Brasil e no mundo.

As construções verdes estão gradativamente crescendo seus números ao longo dos anos, pois a cada dia é mais perceptível pelos profissionais dessa área, a gama de benefícios que essas construções trazem. Por mais que o investimento em uma construção verde seja maior em relação a uma construção convencional, nos projetos sustentáveis existe a garantia de redução de consumo dos recursos naturais, ocasionando em uma economia financeira a longo prazo. Os projetos que podem ser planejados e idealizados segundo as diretrizes sustentáveis da certificação *LEED*, por exemplo, tem vasta vantagem quando comparados à edificações já existentes. Pensando nisso o enfoque desse trabalho foi trazer a idéia de sustentabilidade para empreendimentos existentes, destacando que edificações antigas podem receber adequações que as tornem ambientes mais sustentáveis e confortáveis para o convívio.

A utilização da *LEED* para empreendimentos existentes com salas corporativas comerciais em conformidade com a norma ASHRAE 90.1-2010 mostrou ser muito viável, pois retornou bons resultados após modelagem energética. Para o projeto foram propostas adequações em disciplinas específicas, como iluminação, envoltória e ar-condicionado, essas disciplinas hoje consomem 642.744,77 KWh/ano e geram custo elétrico anual de R\$383.654,40. Com a modelagem do projeto proposto comparado ao baseline, o cenário 8 registrou consumo elétrico total de 476.072,31 KWh/ano gerando um custo elétrico anual de R\$279.405,84 e uma economia financeira anual de R\$104.248,56, quando comparado ao custo atual. Analisando o melhor cenário (cenário 8), comparado ao Baseline a modelagem do projeto proposto apresentou uma economia de energia de 23,1% assim avaliando o projeto proposto com 11 pontos na *LEED* atendendo o crédito “Otimizar Desempenho Energético (EA).

O empreendimento poderia ter alcançado uma pontuação alta com a análise dos demais temas da *LEEDv4 BD+C: CS*, porém a idéia principal desse estudo de caso foi propor soluções para otimização do máximo desempenho energético no empreendimento.

Foi realizado um estudo de viabilidade econômica, a fim de calcular o retorno financeiro em caso de uma possível aplicação das adequações do projeto proposto ao empreendimento. Foram escolhidos os cenários mais atrativos para esse estudo, onde cada cenário possui um valor distinto de capital investido para as implementações. No cenário 4, o investimento para aplicação do retrofit seria equivalente a R\$318.086,92 e o retorno anual da aplicação seria de R\$ 59.978,67, assim o payback desse projeto seria de 5 anos e 4 meses. No cenário 8 o investimento para aplicação do retrofit seria equivalente a R\$1.454.006,92 e o retorno anual da aplicação seria de R\$104.248,56, assim o payback desse projeto seria de 13 anos e 11 meses.

Contudo, esse projeto atestou a viabilidade de certificação *LEED* em edificações existentes de salas comerciais de pequena área², como é o caso desse empreendimento avaliado.

Isso prova que todas as métricas e metodologias *LEED*, utilizadas nos projetos de grandes lajes, também podem ser aplicadas à projetos de menor porte, e que esses projetos retornam bons resultados de otimização do uso dos recursos energéticos.

Esse mercado tende a crescer muito, pelo fato dessa tipologia de edificação (salas comerciais) apresentar uma alta demanda nas grandes cidades, levando os profissionais da construção civil a buscarem cada vez mais tecnologias que visam mitigar os impactos globais, construindo de forma sustentável.

9. REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

GBC BRASIL (Green Building Council Brasil) LEED v4. Disponível em: <<https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>>. Acesso em: 07 abr. 2021.

GBC BRASIL (Green Building Council Brasil) Tipologia LEED. Disponível em: <<https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/tipologia-om/>>. Acesso em: 07 abr. 2021.

GBC BRASIL (Green Building Council Brasil) Retrofit LEED. Disponível em: <<https://www.gbcbrasil.org.br/o-que-e-retrofit-conheca-seus-beneficios-para-construcoes-antigas/>>. Acesso em: 08 abr. 2021.

GBC BRASIL (Green Building Council Brasil) Tipologia BDC LEED. Disponível em: <<https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/tipologia-bdc/>>. Acesso em: 08 maio. 2021.

GBC BRASIL (Green Building Council Brasil) LEED Corel-Shell. Disponível em: <<https://www.gbcbrasil.org.br/operacao-de-empresendimentos-com-certificacao-leed-core-shell/>>. Acesso em: 08 maio. 2021.

USGBC (United States Green Building Council). LEED v4. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/leed>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

SIMÕES MOREIRA, J. R. Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

YAMADA, E. S. Sistemas de iluminação artificial. São Paulo: PECE, 2020. 76 p. Apostila para disciplina de pós-graduação do PECE, ERG 004 - Eficiência energética nas organizações e empreendimentos

SUSTENTARQUI. Evolução da sustentabilidade na construção civil e dos sistemas de certificação. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/dicas/evolucao-da-sustentabilidade-na-construcao-civil-e-dos-sistemas-de-certificacao>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SUSTENTARQUI. LEED v4: a nova versão da certificação sustentável e suas atualizações. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/construcao/leed-v4-nova-versao-da-certificacao-sustentavel-e-suas-atualizacoes>>. Acesso em: 01 jun. 2021.

SIENGE (blog) O que é certificação LEED. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/o-que-e-certificacao-leed/>>. Acesso em: 08 jun. 2021.

ISSUU. Green Building Council Brasil, Anuário 2020/21. Disponível em: <https://issuu.com/jacquesrutman/docs/anu_rio_gbc_brasil_2020_digital>. Acesso em: 08 jun. 2021.

GoingGreen Brasil, Ranking LEED. Disponível em: <<http://goinggreen.com.br/2019/03/28/cresce-o-numero-de-projetos-registrados-leed-no-brasil-em-2018/>>. Acesso em: 07 jun. 2021.

GBC BRASIL (Green Building Council Brasil) Manual LEED v4 BDC. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2019/08/LEED_v4_BDC_10_01_14_PT_3_24_17.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

TEM SUSTENTÁVEL, LEED em edificações, economia de recursos. Disponível em: <<https://www.temsustentavel.com.br/um-edificio-com-certificacao-leed-pode-diminuir-consumo-de-energia-em-aproximadamente-50-e-de-agua-em-ate-40/>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

GBC BRASIL (Green Building Council Brasil) Manual LEED v4 BDC. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2019/08/LEED_v4_BDC_10_01_14_PT_3_24_17.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

SEBRAE (SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS) Construções Verdes. Disponível em:

<<https://sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/noticias-de-impacto/estudos-comprovam-que-as-construcoes-verdes-sao-a-melhor-opcao-de-negocio-imobiliario/5ad5ee6cf26d261800eefa4d>>. Acesso em: 27 jun. 2021.

<https://sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/noticias-de-impacto/brasil-e-o-5o-pais-do-mundo-com-maior-numero-de-certificacoes-de-edificios-sustentaveis/60be2f08a7a88a1800d670fe>

UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) Certificação LEED em Edificações: Aspectos relacionados a materiais e recursos. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10018022.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

CLIMATE – Dados Climáticos. Disponível em: <http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html> Acesso em: 30 jun. 2021.

UFU (Universidade Federal de Uberlândia) Sustentabilidade e qualidade ambiental de projetos corporativos em Fortaleza-CE. Disponível em: <http://www.eventos.ufu.br/sites/eventos.ufu.br/files/documentos/051_f_sustentabilidade_e_qualidade_154.pdf> Acesso em: 02 jul. 2021.

UNINOVE (Universidade Nove de Julho) Eficiência Energética e Certificação LEED no Brasil. Disponível em: <<https://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/1989/2/Fernando%20Luc%3%ads%20de%20Oliveira%20Costa.pdf>> Acesso em: 01 jul. 2021.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético. Nota de discussão, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>> Acessado em: 25 jun. 2021.

Ref: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ND%20-%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20Distribu%C3%ADdos.pdf>

NASA [National Aeronautics and Space Administration]. NASA News & Feature Releases, NOAA Data Show 2016 Warmest Year on Record Globally. Jan, 2017. Disponível em: <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/>

Acessado em: 17 maio 2021.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia. 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/NT%20COP21%20iNDC.pdf>

Acessado em: 15 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401/2008: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários - Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro, 2008. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1/2013: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013. 46 p.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 786, DE 17 DE OUTUBRO DE 2017

GBIG [Green Building Information Gateway]. Pesquisa Empreendimentos. Disponível em: <<http://www.gbig.org/places/96/activities?page=2>> Acessado em: 15 maio 2021.

Apêndice A – Modelagem Energética Ar-Condicionado - Modelo Baseline e Proposto.

Baseline

TORRES DE RESFRIAMENTO

ID	Unidade	TR-01
Tipo		Torre Ventiladores Axiais
Quantidade		1
Capacidade Nominal	TR	182
Temperatura de Entrada Água Cond.	°C	35
Temperatura de Saída Água Cond.	°C	29,5
Vazão de Água Cond.	m³/h	100,5

CHILLERS

ID	Unidade	CH-01
Tipo		Chiller Parafuso a Água
Quantidade		1
Capacidade Nominal	TR	121
COP - AHRI	W/W	4,54
IPLV -AHRI	W/W	5,72
Temperatura de Entrada Água Gelada	°C	13
Temperatura de Saída Água Gelada	°C	6,7
Vazão de Água Gelada	m³/h	64,9

BOMBAS

ID	Unidade	BAGP	BAGS	BAC
Tipo		Água Gelada - Primário	Água Gelada - Secundário	Água Condensada
Quantidade		1	1	1
Vazão	m³/h	64,9	64,9	100,5
Altura Manométrica	Pa	122.499	122.499	217.620
Potência Total	W	3.148	3.148	8.653

FAN COILS

ID	Unidade	FC_P01	FC_PTIP	FC_P15
Pavimento		P01	TIP	P15
Ambiente		Escritórios	Escritórios	Escritórios
Quantidade		1	13	1
Capacidade de Resfriamento	kW	40,9	39,6	40,7
Vazão de Insuflamento	m³/h	5.868	5.721	5.796
Pressão Total	Pa	1.675,1	1.566,7	1.675,5
Potência Total Ventiladores	W	3.901	46.240	3.854

Fonte: HVAC, Apêndice G da ASHRAE 90.1-2010, (2010).

Cenário - VRF Hi-COP + Vidro FS 33

CONDENSADORAS A AR

ID	Unidade	UC-P01-01	UC-P01-02	UC-PTIP-01	UC-PTIP-02	UC-P15-01
Sistema		VRF	VRF	VRF	VRF	VRF
Pavimento		P01	P01	TIP	TIP	P15
Quantidade		1	1	13	13	1
Modelo		ARUN08OLTES	ARUN08OLTES	ARUN08OLTES	ARUN08OLTES	ARUN08OLTES
Capacidade de Resfriamento	kW	22,40	22,40	22,40	22,40	22,40
COP Modo Resfriamento	W/W	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
Capacidade Total	W	22.400	22.400	291.200	291.200	22.400

ID	Unidade	UC-P15-02
Sistema		VRF
Pavimento		P15
Quantidade		1
Modelo		ARUN08OLTES
Capacidade de Resfriamento	kW	22,40
COP Modo Resfriamento	W/W	4,88
Capacidade Total	W	22.400

EVAPORADORAS

ID	Unidade	UE-P01-01	UE-P01-02	UE-P01-03	UE-P01-04	UE-P01-05
Pavimento		Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4	Conjunto 5
Ambiente		P01	P01	P01	P01	P01
Quantidade		1	1	1	1	1
Modelo		ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4	ARNU24GM1A4	ARNU18GM1A4
Capacidade de Resfriamento	kW	5,60	5,60	7,10	7,10	5,60
Vazão de Insuflamento	m³/h	1.020	1.020	1.140	1.140	1.020
ID da Unidade Externa		UC-P01-01	UC-P01-01	UC-P01-01	UC-P01-02	UC-P01-02
Potência Total Ventiladores	W	126	126	141	141	126

ID	Unidade	UE-P01-06	UE-PTIP-01	UE-PTIP-02	UE-PTIP-03	UE-PTIP-04
Pavimento		Conjunto 6	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4
Ambiente		P01	TIP	TIP	TIP	TIP
Quantidade		1	13	13	13	13
Modelo		ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4	ARNU24GM1A4
Capacidade de Resfriamento	kW	5,60	5,60	5,60	7,10	7,10
Vazão de Insuflamento	m³/h	1.020	1.020	1.020	1.140	1.140
ID da Unidade Externa		UC-P01-02	UC-PTIP-01	UC-PTIP-01	UC-PTIP-01	UC-PTIP-02
Potência Total Ventiladores	W	126	1.642	1.642	1.835	1.835

ID	Unidade	UE-PTIP-05	UE-PTIP-06	UE-P15-01	UE-P15-02	UE-P15-03
Pavimento		Conjunto 5	Conjunto 6	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3
Ambiente		TIP	TIP	P15	P15	P15
Quantidade		13	13	1	1	1
Modelo		ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4
Capacidade de Resfriamento	kW	5,60	5,60	5,60	7,10	7,10
Vazão de Insuflamento	m³/h	1.020	1.020	1.020	1.020	1.140
ID da Unidade Externa		UC-PTIP-02	UC-PTIP-02	UC-P15-01	UC-P15-01	UC-P15-01
Potência Total Ventiladores	W	1.642	1.642	126	126	141

ID	Unidade	UE-P15-04	UE-P15-05	UE-P15-06
Pavimento		Conjunto 4	Conjunto 5	Conjunto 6
Ambiente		P15	P15	P15
Quantidade		1	1	1
Modelo		ARNU24GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4
Capacidade de Resfriamento	kW	7,10	5,60	5,60
Vazão de Insuflamento	m³/h	1.140	1.020	1.020
ID da Unidade Externa		UC-P15-02	UC-P15-02	UC-P15-02
Potência Total Ventiladores	W	141	126	141

Fonte: Energy Plus, (2021).

Cenário - VRF Hi-COP + Vidro FS 49

CONDENSADORAS A AR

ID	Unidade	UC-P01-01	UC-P01-02	UC-PTIP-01	UC-PTIP-02	UC-P15-01
Sistema		VRF	VRF	VRF	VRF	VRF
Pavimento		P01	P01	TIP	TIP	P15
Quantidade		1	1	13	13	1
Modelo		ARUN08OLTES	ARUN08OLTES	ARUN08OLTES	ARUN08OLTES	ARUN08OLTES
Capacidade de Resfriamento	kW	22,40	22,40	22,40	22,40	22,40
COP Modo Resfriamento	W/W	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
Capacidade Total	W	22.400	22.400	291.200	291.200	22.400

ID	Unidade	UC-P15-02
Sistema		VRF
Pavimento		P15
Quantidade		1
Modelo		ARUN08OLTES
Capacidade de Resfriamento	kW	22,40
COP Modo Resfriamento	W/W	4,88
Capacidade Total	W	22.400

EVAPORADORAS

ID	Unidade	UE-P01-01	UE-P01-02	UE-P01-03	UE-P01-04	UE-P01-05
Pavimento		Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4	Conjunto 5
Ambiente		P01	P01	P01	P01	P01
Quantidade		1	1	1	1	1
Modelo		ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4	ARNU24GM1A4	ARNU18GM1A4
Capacidade de Resfriamento	kW	5,60	5,60	7,10	7,10	5,60
Vazão de insuflamento	m³/h	1.020	1.020	1.140	1.140	1.020
ID da Unidade Externa		UC-P01-01	UC-P01-01	UC-P01-01	UC-P01-02	UC-P01-02
Potência Total Ventiladores	W	126	126	141	141	126

ID	Unidade	UE-P01-06	UE-PTIP-01	UE-PTIP-02	UE-PTIP-03	UE-PTIP-04
Pavimento		Conjunto 6	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4
Ambiente		P01	TIP	TIP	TIP	TIP
Quantidade		1	13	13	13	13
Modelo		ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4	ARNU24GM1A4
Capacidade de Resfriamento	kW	5,60	5,60	5,60	7,10	7,10
Vazão de insuflamento	m³/h	1.020	1.020	1.020	1.140	1.140
ID da Unidade Externa		UC-P01-02	UC-PTIP-01	UC-PTIP-01	UC-PTIP-01	UC-PTIP-02
Potência Total Ventiladores	W	126	1.642	1.642	1.835	1.835

ID	Unidade	UE-PTIP-05	UE-PTIP-06	UE-P15-01	UE-P15-02	UE-P15-03
Pavimento		Conjunto 5	Conjunto 6	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3
Ambiente		TIP	TIP	P15	P15	P15
Quantidade		13	13	1	1	1
Modelo		ARNU18GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU28GM2A4
Capacidade de Resfriamento	kW	5,60	5,60	7,10	5,60	8,20
Vazão de insuflamento	m³/h	1.020	1.020	1.140	1.020	1.680
ID da Unidade Externa		UC-PTIP-02	UC-PTIP-02	UC-P15-01	UC-P15-01	UC-P15-01
Potência Total Ventiladores	W	1.642	1.642	141	126	208

ID	Unidade	UE-P15-04	UE-P15-05	UE-P15-06
Pavimento		Conjunto 4	Conjunto 5	Conjunto 6
Ambiente		P15	P15	P15
Quantidade		1	1	1
Modelo		ARNU28GM2A4	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4
Capacidade de Resfriamento	kW	8,20	5,60	7,10
Vazão de insuflamento	m³/h	1.680	1.020	1.140
ID da Unidade Externa		UC-P15-02	UC-P15-02	UC-P15-02
Potência Total Ventiladores	W	208	126	141

Fonte: Energy Plus, (2021).

Apêndice B – Modelagem Energética Cenários e Resultados.

Cenários e Resultados

Ar Condicionado	Self -	Self-Contained
	VRF -	Sistema VRF
Vidro	FS49 -	Vidro GA 258 (FS 49 Tvis 48)
	FS33 -	Vidro GA 181 (FS 49 Tvis 35)
Iluminação	FLU -	Lâmpadas Fluorescentes
	LED -	Lâmpadas LED

Consumo por Uso Final [kWh/ano]									
Sistema	Baseline	Self-FS49-FLU	Self-FS49-LED	Self-FS33-FLU	Self-FS33-LED	VRF-FS49-FLU	VRF-FS49-LED	VRF-FS33-FLU	VRF-FS33-LED
Ar Condicionado	184.058,35	202.977,66	191.113,62	184.557,13	173.037,05	122.452,04	116.756,08	161.796,52	154.591,24
Iluminação	203.698,56	213.784,85	142.086,55	213.784,85	142.086,55	213.784,85	142.086,55	213.784,85	142.086,55
Equipamentos	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26	225.982,26
Total	613.739,17	642.744,77	559.182,43	624.324,24	541.105,86	562.219,15	484.824,89	601.563,63	522.660,05

Outras Informações									
Informação	Baseline	Self-FS49-FLU	Self-FS49-LED	Self-FS33-FLU	Self-FS33-LED	VRF-FS49-FLU	VRF-FS49-LED	VRF-FS33-FLU	VRF-FS33-LED
Custo Elétrico Anual	363.343,42	383.654,40	335.094,62	372.080,73	323.675,73	330.282,06	285.338,71	324.058,08	279.405,84
Economia Baseline	-	+5,6%	-7,8%	+2,4%	-10,9%	-9,1%	-21,5%	-10,8%	-23,1%
Pontuação Eac	-	Não Atende	3 pontos	Não Atende	4 pontos	4 pontos	10 pontos	4 pontos	11 pontos
Redução Carga Term.	-17,8 TR	-	-5,5 TR	-11,5 TR	-16,9 TR	-	-5,5 TR	-11,5 TR	-16,9 TR

Fonte: Energy Plus, (2021).

ANEXO 1 – Orçamento Sistema De Iluminação, Fornecedor ÁREA.



ÁREA MARGINAL TIETE DIST MAT ELETR EIRELI



Data: 01/07/2021

Orçamento: 00212620

Vendedor : 364 - DAVI

Empresa : 00.000.000/0000-00 - CONSUMIDOR FINAL

ORÇAMENTO DE LOJA

Hora: 15:33:25

Emissão : 01/07/2021

Item	Quantidade	Unid	Código	Descrição	Fabricante	Preço	Total
001	180,000	PC	1655	LAMPADA TUBO LED T8 18W 6500K BIV -TAM. 1,20MT 1850	GALAXY	13,200	2.376,00
002	160,000	PC	1006R	LAMPADA BULBO LED 7W BIV 6500K E27 600LM A60	GALAXY	6,500	1.040,00

VALOR TOTAL : 3.416,00

Observação :

ÁREA MARGINAL TIETE DIST MAT ELETR EIRELI
 RUA RICARDO CAVALTAN, 365 - POUSO - SÃO PAULO - SP - 05028110
 11 3353-1962 - 11 3355-1962

Página 1

Desenvolvido por S9 Sistemas - www.s9sistemas.com.br

Figura A.1 – Orçamento empresa ÁREA, (2021).

ANEXO 2 – Orçamentos Sistema De Ar-Condicionado.



bhp
ENGENHARIA TÉRMICA

4. CONDIÇÕES COMERCIAIS: - para fornecimento dos condicionadores de ar tipo "VRV / VRF".

Nosso preço de venda para o fornecimento de todos os equipamentos descritos no **item 2.0** desta proposta ("Relação de Modelos e Quantidades"), será de:-

- **R\$ 1.244.00,00** (um milhão duzentos e quarenta e quatro mil Reais).

Observações gerais:

Equipamentos padrão **LG**, quantidades e especificações devem ser analisadas.

As ramificações em "Y" ofertadas são de tamanho estimado. Para o correto dimensionamento deve-se executar o programa de seleção LG LATS.

Não faz parte do escopo de fornecimento a integração para automação.

O preço acima não inclui os materiais e serviços de instalação dos equipamentos.

O preço acima inclui os serviços de partida inicial por técnicos da **LG**. Considerando que os serviços serão executados em horário comercial de segunda a sexta feira das 06:00 h até as 17:00 horas. Serviços excedentes deverão ser revistos e renegociados com o aval do Departamento de Serviços da LG.

Os filtros das unidades evaporadoras são em tela, padrão LG.

Reajustes / Alterações tributárias:

Caso haja alguma alteração na política tributária (interna ou externa), os preços serão ajustados para as condições vigentes na data do faturamento.

Nota:- frete e seguro inclusos até o local da obra - (**Rio de Janeiro - RJ**), - entrega sobre caminhão, não inclui descarregamento e transporte vertical até suas respectivas bases.

Faturamento através de nossa filial de Extrema / MG.

Ver dados da empresa no item **10.0** desta proposta, com todos os impostos estipulados por lei inclusos e com a alíquota de **ICMS = 12%**

Figura A2.1 – Orçamento empresa BHP, (2021).



EDMARCAS
REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO



São Paulo, 02 de julho de 2021

ORÇAMENTO N°.: 0173583

Apresentamos nossa proposta de fornecimento de materiais:

Produto	Qtd.	Un.	Descrição	Clas. Fisc.	ICMS_ST	ICMS	Valor Unitário	Valor Total
999999996	30.0000	PC	UNIDADE CONDENSADORA LG - ARU080LTES UNIDADE CONDENSADORA LG - ARU080LTES CRUN080 LSS0AW Q8SPD VRF LG MULTI V S 6 HP Q/F 380V-3 - COND	84158190	0,00	0,00%	20.985,000	629.550,00
999999996	60.0000	PC	prazo de entrega 15/20 dias UNIDADE EVAPORADORA LG 18000 - ARNU18GM1 UNIDADE EVAPORADORA LG 18000 - ARNU18GM1A4 CRNU18G SRN4AM B8SPD VRF LG MULTI V 18000 HW SMART 220V-1 - EVAP	84158190	0,00	0,00%	3.680,000	220.800,00
999999999	90.0000	PC	prazo de entrega 10/15 dias VRF LG MULTI V CONT LG 24000 - ARNU24GM1 POWRHQ QFDBEN CXLEU VRF LG MULTI V CONTROLE REMOTO S/ FIO STANDART LG 24000 - ARNU24GM1A4 prazo de entrega 5/10 dias	85437099	0,00	18,00%	292,000	26.280,00

ASSISTÊNCIA TÉCNICA AUTORIZADA SPRINGER CARRIER
INSTALAÇÃO – MANUTENÇÃO – HIGIENIZAÇÃO

RUA SILVA BUENO, 721

C.N.P.J.: 02685933000195

IPIRANGA

INSC.: 115233930115

SAO PAULO SP

Fone: 11-2915-2199

Fax: 11-2914-4590

SITE: www.edmarcas.com.br

Desenvolvido por Softland Sistemas - www.softlandsistemas.com.br

Figura A2.2 – Orçamento empresa EDMARCAS, (2021).

99999999	30,0000	PC	UNIDADE EVAPORADORA LG 24000 - ARNU24GM1 UNIDADE EVAPORADORA LG 24000 - ARNU24GM1A4 CRNU24G SKN4AM BBSPO VRF LG MULTI V 24000 HW SMART 220V-1 - EVAP	84158190	0,00	0,00%	3.694,000	110.820,00
99999998	891,0000	KG	TUBO DE COBRE RIG 1/2" 1/16" 0,494 TUBO DE COBRE RIGIDO 1/2" PAREDE 1/16" Prazo de entrega 5 dias	99999999	0,00	0,00%	130,000	115.830,00
99999999	1.800,0000	MT	TUBO ISOL ELASTOMÉRICO 1/2 19mm TUBO ISOLANTE ELASTOMÉRICO	99999999	0,00	0,00%	15,500	27.900,00
005055027	300,0000	PC	CURVA COBRE 90 1/2 CURVA DE COBRE 90° 1/2" PAREDE 1/16" PARA SOLDA	74122000	0,00	0,00%	5,400	1.620,00
005077007	180,0000	PC	prazo de entrega 5 dias TEE COBRE 1/2 SOLDA PAREDE 1/16 CONEXÃO TEE COBRE 1/2" PAREDE 1/16" PARA SOLDA PRAZO DE ENTREGA 5/10 DIAS	74122000	0,00	0,00%	21,000	3.780,00

ASSISTÊNCIA TÉCNICA AUTORIZADA SPRINGER CARRIER

INSTALAÇÃO – MANUTENÇÃO – HIGIENIZAÇÃO

RUA SILVA BUENO, 721

C.N.P.J.: 02685933000195

IPIRANGA

INSC.: 115233930115

SAO PAULO SP

Fone: 11-2915-2199

Fax: 11-2914-4590

SITE: www.edmarcas.com.br

Desenvolvido por Softland Systems - www.softlandsistemas.com.br

Figura A2.3 – Orçamento empresa EDMARCAS, (2021).

	IPI:	0,00
	ICMS ST:	0,00
	Valor Total da Proposta:	R\$1.136.580,00

CONDIÇÕES GERAIS:
 CONDIÇÃO DE PAGAMENTO: 45 D.D.LIQ.
 VALIDADE DA PROPOSTA: 02/07/2021
 PRAZO DE ENTREGA 0 DIAS FRETE NOSSO CARRO

OBSERVAÇÕES

Observações Gerais

O prazo imediato correspondente ao período de entrega de até 72 horas. *** Pedido(s) de compra(s) estão sujeitos a aprovação de crédito pelo nosso departamento financeiro. *** A disponibilidade do(s) item(ns) desta cotação está sujeita à consulta prévia do estoque, no ato da confirmação e aprovação do(s) pedido(s)

Estamos à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,
 DERCILIO

De acordo

NOTA IMPORTANTE:

ST (Substituição Tributária): Os preços do orçamento não contemplam a Substituição Tributária (Pedidos Revenda) ou Diferencial de Alíquotas (Pedidos Consumo/mobilizado), fazendo-se necessária a cobrança de ICMS ST de acordo com legislação atualmente em vigor, os respectivos itens serão faturados com os valores ICMS ST destacados na NF (se houver protocolo/convenio entre os estados). Na ocorrência de alterações nos impostos, consideramos ou em suas alíquotas, novos impostos, haverá o consequente ajuste nos preços ofertados.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA AUTORIZADA SPRINGER CARRIER													
INSTALAÇÃO – MANUTENÇÃO – HIGIENIZAÇÃO													
RUA SILVA BUENO, 721	IPIRANGA	SAO PAULO	SP	Fone: 11-2915-2199	Fax: 11-2914-4590								
C.N.P.J.: 02685933000195	INSC.: 115233930115			SITE: www.edmarcas.com.br									
Desenvolvido por Softland Systems - www.softlandsystems.com.br													

Figura A2.4 – Orçamento empresa EDMARCAS, (2021).

Prezados,

Agradecemos a oportunidade de participar desta cotação. A seguir apresentamos nossa proposta comercial para fornecimento dos equipamentos de ar condicionado de acordo com vossa solicitação.



1. ESCOPO DE FORNECIMENTO FRIGELAR



Evaporadora tipo Duto (alta pressão)
18 e 24 KBTU/h – 850 L x 700 P x 250 A (mm)



Unidade externa (condensadora)
7 HP – 220V – 1F
940 L x 330 P x 1420 A (mm)
Peso: 115 kgf



2. RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Produto	Descrição	Unid.	Qtd.
X155150	UNIDADE EXTERNA VRF 7 HP QUENTE/FRIO 220V DVM S.ECO SAMSUNG	Pc	30,00
X155297	UNIDADE INTERNA DUTO ALTA PRESSÃO 18 KBTUS 220V DVM SAMSUNG	Pc	60,00
X155312	UNIDADE INTERNA DUTO ALTA PRESSÃO 24 KBTUS 220V DVM SAMSUNG	Pc	30,00
	REFINE T TUDO CORRE VRF (EVAPORADORA)	Pc	60,00
X156806	KIT CONTROLE REMOTO SEM FIO WIND FREE SAMSUNG	Pc	60,00
X156807	RECEPTOR DE SINAIS	Pc	60,00

Nota: necessário que a infra seja compatível ao solicitado pelo fabricante em seu manual e fluxograma gerado pelo software de seleção. Utilização de tubulações com diâmetros e parede divergentes ao recomendado deixam o produto sujeito a perda de garantia.



3. PREÇOS E CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

Preço total: R\$805.600,00 (ICMS 4%)

Condição de pagamento: Entrada + 2 x 30DDF (sujeito a análise e aprovação de crédito).

Obs 1: Neste orçamento não está incluso o diferencial de alíquota de ICMS existente entre o Estado (UF) remetente do bem e o Estado (UF) destinatário do bem – salvo quando algo diferente disso estiver expressamente informado nessa proposta. Dessa forma, o pagamento da diferença

FRIGELAR
Soluções que Impulsionam

Solicitamos aqui o pagamento do presente Proponente Concorrente a CONSIGRAC, e recomendamos ainda o encaminhamento aos Clientes, sendo enviado a eles o arquivo de instalação e o manual de operação, sob forma de apresentação e de vídeo demonstrativo.

Figura A2.5 – Orçamento empresa FRIGELAR, (2021).

Página 1 / 2 - 14446464-1



Orçamento(s) Sujeito(s) a Análise de Crédito: 14446464-1

Vendedor: GISELE POMPEO AMBROSINI
 E-mail: GISELEAMBROSINI@FRIGELAR.COM
 Telefone: (51) 998028999
 Filial: 1 RS

Código: 506572
 CNPJ/CPF: 43209436000106
 RG/IE: 286551216110
 Grupo Fiscal: SP-GERAL

FRIGELAR COMERCIO E INDUSTRIA LTDA
 Rua Afonso, 251
 Parque Industrial Anhanguera
 06276-032 Osasco - SP - IBRA
 CNPJ: 9.26804060002-08
 IE: 492438794110
 Ordem de Venda: OV_005993717

Data Criação: 01/07/2021 16:06
 Data envio/Impressão: 02/07/2021 10:58
 Data Validade: 02/07/2021
 Carrinho: 14446464-1

Forma de Pagamento: Faturado
 Faturado 45 Dias
 Valor da entrada:

Ordem de compra do cliente:
 Tipo de Venda: Venda Uso, Consumo Ou Imobilizado (VDA USO/IM)
 Tipo de frete: CIF
 Transportadora: TRANSPORTADORA RODOGARCIA

Sq.	Foto	Código Referência	Descrição	NCM	Origem	PIS COFINS Incluídos	ICMS Calc. Incluído	Unid.	Qtd.	Vi. Unit.	Vi. Unit. IP	Vi. Unit. ST	Vi. Unit. C/Imp	Vi. Total	
1		T167283 1/2" x 12,7mm Barra	Tubo Cobre Rígido Cobresul 1/2" x 12,7mm Parede 1/16" x 1,58mm Barra 4 a 6m 0,5 Kg/m	74111010	5	9,25%	0%	KG	900	R\$123,6300	R\$0,0000	R\$0,0000	R\$123,6300	R\$111.287,0000	
2		C131539 C1BR M 012	TUBO ISOLANTE ELASTOMERICO CLASS1 ARMAFLEX 1/2 12MM PAREDE 19MM (EMB 45)	40091100	5	9,25%	18%	PC	900	R\$17,7500	R\$0,0000	R\$0,0000	R\$17,7500	R\$15.975,0000	
3		C159965 C90E012140	CURVA 90 1/2 PAREDE 1.40 MM	74122000	5	9,25%	0%	Pc	300	R\$8,3700	R\$0,0000	R\$0,0000	R\$8,3700	R\$2.511,0000	
4		C160344 TPSE012159	TEE COBRE 1/2 1/16	74122000	5	9,25%	0%	Pc	600	R\$10,2600	R\$0,0000	R\$0,0000	R\$10,2600	R\$6.156,0000	
5		M11080 11080 EMB C/100	ABRACADEIRA PLASTICA 28CM (BRANCA) 280 X 4,8	39269090	1	9,25%	18%	PC	18	R\$22,7300	R\$3,4512	R\$0,0000	R\$26,1812	R\$471,2612	
6		C160352 LPE012159	LUVA 1/2 PAREDE 1.59 MM	74122000	5	9,25%	0%	Pc	600	R\$4,9000	R\$0,0000	R\$0,0000	R\$4,9000	R\$2.940,0000	
										(Valor x Qtd)	R\$139.258,14	R\$62,11	R\$0,01	R\$139.320,26	R\$139.320,26

TOTAL DE TODAS AS OVS

Total dos Produtos:	R\$139.320,26
Total do Frete:	R\$1.681,73
Arred:	R\$0,00
Total da(s) Ov(s)	R\$141.001,99

Figura A2.6 – Orçamento empresa FRIGELAR, (2021).

ANEXO 3 – Dados Técnicos Evaporadoras e Condensadoras LG Sistema VRF.

Tabela A3.1 – Dados e características das unidades evaporadoras LG.

Type			Ceiling Concealed Duct - Middle Static		
Model		Unit	ARNU15GM1A4	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4
Cooling Capacity		kW	4.5	5.6	7.1
		kcal/h	3,900	4,800	6,100
		Btu/h	15,400	19,100	24,200
Heating Capacity		kW	5.0	6.3	8.0
		kcal/h	4,300	5,400	6,900
		Btu/h	17,100	21,500	27,300
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate
Dimensions(WxHxD)	Body	mm	900 x 270 x 700	900 x 270 x 700	900 x 270 x 700
		inch	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16
Coil	Rows x Columns x FPI		2 x 13 x 18	2 x 13 x 18	3 x 13 x 18
	Face Area	m ²	0.21	0.21	0.21
Fan	Type		Sirocco Fan	Sirocco Fan	Sirocco Fan
	Motor Output x Number	W	136 x 1	136 x 1	136 x 1
	Running Current	A	1.6	1.6	1.6
	Air Flow Rate(H / M / L)	CMM	16.0 / 14.0 / 13.0	16.5 / 14.5 / 13.0	18.0 / 16.5 / 14.5
	(High Mode-factory set)	cfm	565 / 494 / 459	583 / 512 / 459	636 / 583 / 512
	External Static Pressure	mmAq(Pa)	6(59)	6(59)	6(59)
	Air Flow Rate(H / M / L)	CMM	16.0 / 14.0 / 13.0	16.5 / 14.5 / 13.0	18.0 / 16.5 / 14.5
	(Standard Mode)	cfm	565 / 494 / 459	583 / 512 / 459	636 / 583 / 512
	External Static Pressure	mmAq(Pa)	2.5(25)	2.5(25)	2.5(25)
	Drive		Direct	Direct	Direct
Motor type			BLDC	BLDC	BLDC
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating		
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	Foamed polystyrene
Air Filter			-	-	-
Safety Device			Fuse	Fuse	Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)	Ø9.52(3/8)
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)	Ø15.88(5/8)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)	25(1)	25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	25.5(56)	25.5(56)	26.5(58)
Noise Level(Sound Pressure, 1.5m, H / M / L)		dB(A)	38 / 35 / 32	39 / 36 / 33	40 / 37 / 34
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50	1, 220-240, 50
			1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60
Refrigerant Control			EEV	EEV	EEV
Transmission Cable		mm ²	CVV-SB 1.0~1.5 x 2C	CVV-SB 1.0~1.5 x 2C	CVV-SB 1.0~1.5 x 2C

Fonte: LG – MODELO ARNUXXGM1A4, (2021).

Tabela A3.2 – Dados e características da unidade condensadora LG.



HP			8
Model Name	Combination Unit		ARUM080LTE5
	Independent Unit		ARUM080LTE5
Capacity	Cooling (Rated)	kW	22.4
		Btu/h	76,400
	Heating (Rated.)	kW	22.4
		Btu/h	76,400
Input	Heating (Max.)	kW	25.2
		Btu/h	86,000
	Cooling (Rated)	kW	5.28
		Heating (Rated)	kW
	Heating (Max.)	kW	4.78
EER (Rated)			4.24
COP	Rated capacity		5.64
	Max. capacity		5.27
SEER			9.93
SCOP			4.69
Exterior	Color		Warm Gray / Dawn Gray
	RAL (Classic)		RAL 7044 / RAL 7037
Heat Exchanger			Wide Louver Plus
Compressor	Type		Hermetically Sealed Scroll
	Piston Displacement	cm ³ /rev	43.8
	Number of Revolution	rev/min	3,600
	Motor Output x Number	W x No.	4,200 × 1
	Starting Method		Direct On Line
Fan	Oil Type		FVC68D(PVE)
	Type		Propeller fan
	Motor Output x Number	W	1,200 × 1
	Air Flow Rate(High)	m ³ /min	240 × 1
		ft ³ /min	8,476 × 1
	External Static Pressure (Max, Pa)		DC INVERTER
	Drive		80
Discharge		Side / Top	
Pipe Connections #1	Liquid	mm(inch)	9.52(3/8)
	Low Pressure Gas	mm(inch)	19.05(3/4)
	High Pressure Gas	mm(inch)	15.88(5/8)
Pipe Connections #2	Liquid	mm(inch)	9.52(3/8)
	Gas	mm(inch)	19.05(3/4)
Dimensions(W x H x D)		mm	(930 × 1,690 × 760) × 1
		inch	(36-5/8 × 66-17/32 × 29-29/32) × 1

Fonte: LG - ARUM080LTE5, (2021).