

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**LARISSA BARBOSA KRASNIAK**

**PROPOSTA DE REDUÇÃO NO CONSUMO ENERGÉTICO E ESTUDO DE  
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA SEDE ECOVILLE DA UTFPR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CURITIBA**

**2019**

**LARISSA BARBOSA KRASNHAK**

**PROPOSTA DE REDUÇÃO NO CONSUMO ENERGÉTICO E ESTUDO DE  
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA SEDE ECOVILLE DA UTFPR**

Dissertação de mestrado apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Linha de Pesquisa: Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

**CURITIBA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

---

Krasnhak, Larissa Barbosa

Proposta de redução no consumo energético e estudo de geração fotovoltaica na sede Ecoville da UTFPR / Larissa Barbosa Krasnhak.-- 2019.

1 arquivo texto (111 f.): PDF; 5,66 MB.

Modo de acesso: World Wide Web. Título extraído da tela de título (visualizado em 10 out. 2019).

Texto em português com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2019.

Bibliografia: p. 91-96.

1. Engenharia civil - Dissertações. 2. Meio ambiente. 3. Energia - Consumo. 4. Construção sustentável. 5. Lâmpadas de LED. 6. Geração de energia fotovoltaica. 7. Sistemas de energia fotovoltaica. 8. Redes elétricas. I. Urbanetz Junior, Jair, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 624

---

Biblioteca Ecoville da UTFPR, Câmpus Curitiba  
Lucia Ferreira Littiere - CRB 9/1271



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

## TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 171

A Dissertação de Mestrado intitulada PROPOSTA DE REDUÇÃO NO CONSUMO ENERGÉTICO E ESTUDO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA SEDE ECOVILLE DA UTFPR, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Larissa Barbosa Krasnhak**, no dia 07 de junho de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil área de concentração Meio Ambiente, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

### BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr. Jair Urbanetz Junior - Presidente - UTFPR  
Prof(a). Dr. Jorge Assade Leludak - UTFPR  
Prof(a). Dr. Gerson Maximo Tiepolo - UTFPR  
Prof(a). Dr. Rogers Demonti - UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 07 de junho de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por tornar tudo possível, me abençoar e iluminar para alcançar mais um grau de conhecimento.

Ao meu orientador, Professor Jair Urbanetz Junior, que com sua dedicação me guiou e acrescentou minhas ideias. Muito obrigada pela oportunidade de trabalhar ao seu lado durante esse período e por todo conhecimento compartilhado.

Aos meus pais, Lauro e Mara, pelo amor, incentivo, carinho e força. Obrigada por fazerem meus dias melhores e me apoiarem em todas as minhas decisões.

Aos meus irmãos, Igor e Letícia, que me incentivam a ser cada dia melhor.

Ao Pedro, meu companheiro de todas as horas, muito obrigada por todo amor, carinho, dedicação e compreensão. Você faz tudo ser melhor.

Aos Professores e colegas do LABENS, com quem tive o prazer de conviver e colaborar no projeto de pesquisa que está sendo implantado e é fundamental para a disseminação da geração fotovoltaica no Estado do Paraná.

Ao apoio financeiro através do Projeto de Pesquisa P&D COPEL 2866-0464-2017 - Metodologia para análise, monitoramento e gerenciamento da geração distribuída por fontes incentivadas.

Aos meus colegas do PPGEC, em especial à Elis por todos os momentos que vivemos juntas e pela força que transmitimos uma para outra.

Aos meus colegas de trabalho da Igor, que me apoiaram e entenderam a minha ausência durante esse período.

A toda minha família e amigos.

## RESUMO

KRASNHAK, Larissa Barbosa. **Proposta de redução no consumo energético e estudo de geração fotovoltaica na sede Ecoville da UTFPR**. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

A construção civil é o setor que mais contribui com a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos e também é o que mais consome recursos naturais. Com isso, o setor apresenta grande potencial para a recuperação do meio ambiente, além de promover o desenvolvimento sustentável. Este trabalho apresenta uma proposta de redução de consumo de energia elétrica no sistema de iluminação e climatização nos blocos da sede Ecoville do campus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A necessidade da substituição de alguns equipamentos surge através da existência de outros mais eficientes, que proporcionam o mesmo trabalho, porém com gasto energético reduzido. O trabalho também apresenta um estudo para instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica na sede da Universidade, permitindo a geração de energia elétrica no próprio ponto de consumo. Uma vez que a energia solar fotovoltaica é considerada limpa, é uma alternativa para a diversificação da matriz elétrica do país, que atualmente é predominantemente hidráulica. A literatura do estudo está baseada na importância das construções sustentáveis, apresenta uma revisão sobre sistemas de iluminação e de climatização, princípios da energia solar fotovoltaica e o panorama da aplicação dessa tecnologia no Brasil e no mundo. Uma vez determinado que o local de estudo sejam os blocos A, B, C, EF, e IJ, aplicou-se o método de estudo de caso para os sistemas de iluminação e climatização e para o sistema solar fotovoltaico. Foi criado um cenário de consumo para estimar os gastos dos sistemas com base nas faturas de energia da unidade consumidora. A proposta de substituição dos equipamentos de iluminação utilizados atualmente pela tecnologia LED resultou em uma redução de 47% no consumo de energia elétrica e a substituição dos equipamentos de climatização por modelos mais eficientes proporciona uma redução de 9% no gasto energético. Os sistemas fotovoltaicos foram dimensionados na cobertura de cada bloco e ao todo possuem potência nominal de 129,57 kW e a expectativa de geração é em média 12.797 kWh/mês, esse valor representa 19% do consumo atual da sede Ecoville da Universidade e 29% do consumo considerando a substituição dos equipamentos propostos no estudo.

Palavras-chave: eficiência energética; construções sustentáveis; lâmpadas LED; geração fotovoltaica; sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

## ABSTRACT

KRASNHAK, Larissa Barbosa. **Proposal of reduction of energy consumption and study of photovoltaic generation in the buildings of the Ecoville - UTFPR.** 2019. 111 p. Dissertation (Master in Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2019.

*Civil construction is the sector that most contributes to the generation of solid, liquid and gaseous wastes and is also the one that consumes the most natural resources. In fact, the sector presents great potential for environmental recovering, besides to promoting sustainable development. This paper presents a proposal to reduce electric energy consumption in the lighting and air conditioning system in buildings of the Curitiba campus of the Federal Technological University of Paraná – Ecoville. The need to replace some equipment arises through the existence of more efficient ones, which provide the same work, but with reduced energy expenditure. The work also presents a study for the installation of an on grid at the University campus, allowing the generation of electric energy at the point of consumption. Since photovoltaic solar energy is considered inexhaustible and clean, it is an alternative for the diversification of the country's electrical matrix, which is currently predominantly hydraulic. The study's literature is based on the importance of sustainable buildings, presents a review on lighting and air conditioning systems, principles of photovoltaic solar energy and the panorama of the application of this technology in Brazil and in the world. Once the study sites were determined, A, B, C, EF and IJ buildings, the case study method was applied to the lighting system, the air conditioning system and the solar photovoltaic system. A consumption scenario was created to estimate system expenditures based on the energy bills of the consumer unit. The proposed replacement of lighting equipment currently used by LED technology has resulted in a 47% reduction in energy consumption and the replacement of air conditioning equipment with more efficient models provides a 9% reduction in energy expenditure. The photovoltaic systems were dimensioned in the coverage of each block and in the whole they have nominal power of 129.57 kW and the generation expectation is on average 12,797 kWh/month, this value represents 19% of the Ecoville buildings current consumption and 29% of consumption considering the replacement of the equipment proposed in the study.*

*Key-words: energy efficiency; sustainable buildings; led lamps; photovoltaic generation; grid-connected photovoltaic systems.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de energia elétrica por fontes renováveis e não renováveis mundial no ano de 2017	15
Figura 2 - Fluxo luminoso e Iluminância	22
Figura 3 - Componentes do LED	25
Figura 4 - Aparelho de janela	28
Figura 5 - Split ou mini central de pequeno porte	28
Figura 6 - Multisplit	29
Figura 7 - Componentes da radiação solar	31
Figura 8 - Representação do processo de conversão fotovoltaica	32
Figura 9 - Célula de silício policristalino	33
Figura 10 - Célula, módulo e painel fotovoltaico	34
Figura 11 - Sistemas FV	36
Figura 12 - Constituição básica de um sistema isolado	37
Figura 13 - Constituição básica de um sistema conectado à rede	37
Figura 14 - Diagrama esquemático de um SFVCR	38
Figura 15 - Etapas realizadas no estudo de caso do sistema de iluminação	47
Figura 16 - Informações técnicas luminária de sobrepor	48
Figura 17 - Reator eletrônico 2x32W	49
Figura 18 - Lâmpada fluorescente compacta 26W	52
Figura 19 - Lâmpada vapor metálico 250W	53
Figura 20 - Ficha técnica e características reator lâmpada vapor metálico	54
Figura 21 - Etapas realizadas no estudo de caso do sistema de climatização	56
Figura 22 - Planta de cobertura dos blocos	60
Figura 23 - Módulo CS3U-360P	60
Figura 24 - Lâmpada tubular de LED	63
Figura 25 - Características técnicas lâmpada tubular LED	64
Figura 26 - Lâmpada LED compacta	64
Figura 27 - Características técnicas lâmpada compacta de LED	65
Figura 28 - Refletor de LED 200W	66
Figura 29 - Características técnicas refletor de LED	66
Figura 30 - Dados de irradiação na sede Ecoville	71
Figura 31 - Painéis FV bloco A	73

Figura 32 - Bordas livres painéis bloco A	74
Figura 33 - Simulação RADIASOL bloco A	74
Figura 34 – Painéis FV bloco B	76
Figura 35 - Bordas livres painéis bloco B	76
Figura 36 – Painéis FV bloco C	77
Figura 37 - Bordas livres painel 1 bloco C	78
Figura 38 - Bordas livres painel 2 bloco C	78
Figura 39 - Paineis FV bloco EF	80
Figura 40 - Bordas livres paineis bloco E	81
Figura 41 - Bordas livres paineis bloco F	82
Figura 42 - Paineis FV bloco IJ	84
Figura 43 - Paineis FV bloco IJ	85
Figura 44 - Painéis propostos nos blocos	86

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Blocos da sede Ecoville	45
Fotografia 2 - Luminária de sobrepor	47
Fotografia 3 - Luminária de embutir	48
Fotografia 4 - Luminária de sobrepor sem aletas	50
Fotografia 5 - Luminária sem aletas e sem corpo	51
Fotografia 6 - Luminária circular de embutir	51
Fotografia 7 - Luminária quadrada de embutir	52
Fotografia 8 - Refletor de sobrepor	53
Fotografia 9 - Ar condicionado 12.000 BTUs/h	57
Fotografia 10 - Ar condicionado 48.000 BTUs/h	57
Fotografia 11 - Selo PROCEL ar condicionado 48.000 BTUs/h	59
Fotografia 12 – Terraço bloco IJ	72
Fotografia 13 - Cobertura parcial do bloco IJ	72

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Eficiência luminosa de alguns tipos de lâmpadas	23
Gráfico 2 - Capacidade mundial instalada SFV	39
Gráfico 3 - Capacidade mundial instalada SFV por país	40
Gráfico 4 - Matriz elétrica brasileira 2017	41
Gráfico 5 - Expectativa da potência fotovoltaica distribuída acumulada	42
Gráfico 6 - Expectativa de geração de energia	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica de 2010 a 2014 em TWh	15
Tabela 2 - Tipos de lâmpadas	26
Tabela 3 - Tipos de células fotovoltaicas	33
Tabela 4 - Capacidade instalada em MW	41
Tabela 5 - Consumo de energia período de 01/2018 a 12/2018	46
Tabela 6 - Informações técnicas lâmpada fluorescente tubular T8	49
Tabela 7 - Informações técnicas reator eletrônico 2x32W	50
Tabela 8 - Informações técnicas lâmpada de vapor metálico	53
Tabela 9 - Equipamentos de iluminação existentes nos blocos analisados	55
Tabela 10 - Informações ar condicionado 48.000 BTUs/h	58
Tabela 11 - Resumo iluminação dos blocos	62
Tabela 12 - Redução na potência dos equipamentos	67
Tabela 13 - Cenário de consumo sistema de iluminação	68
Tabela 14 - Ar condicionado instalados nos blocos	69
Tabela 15 - Cenário de consumo ar condicionados	70
Tabela 16 - Irradiação solar no plano do painel FV bloco A	75
Tabela 17 - Expectativa de geração de energia bloco A	75
Tabela 18 - Expectativa de geração de energia bloco B	77
Tabela 19 - Expectativa de geração de energia bloco C	79
Tabela 20 - Simulação RADIASOL bloco EF	83
Tabela 21 - Irradiação no plano dos painéis do bloco EF	83
Tabela 22 - Expectativa de geração de energia do bloco EF	83
Tabela 23 - Expectativa de geração de energia do bloco IJ	85
Tabela 24 - Expectativa de geração fotovoltaica em kWh	87
Tabela 25 – Consumo de energia atual e proposto	89

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisas e Energia Elétrica
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
DEPRO	Departamento de Projetos e Obras
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FV	Fotovoltaico
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
$I_{mpp}$	Corrente de máxima potência
$I_{sc}$	Corrente de curto-circuito
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RPM	Rotações por minuto
SFVCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFVI	Sistema Fotovoltaico Isolado
SFV	Sistema Fotovoltaico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
$V_{mpp}$	Tensão de máxima potência
$V_{oc}$	Tensão de circuito aberto
Wp	Watt-pico

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
1.1 PROBLEMA DO ESTUDO .....	17
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 Objetivo Geral .....	17
1.2.2 Objetivos Específicos .....	17
1.3 JUSTIFICATIVA .....	18
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	18
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	19
2.1 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS.....	19
2.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL .....	21
2.2.1 Conceitos básicos .....	21
2.2.2 Lâmpadas empregadas na construção civil .....	23
2.3 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL.....	26
2.3.1 Ar condicionado .....	27
2.4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	29
2.4.1 Radiação Solar.....	30
2.4.2 Células e módulos fotovoltaicos.....	31
2.4.2.1 Associação de módulos fotovoltaicos .....	35
2.4.3 Sistemas fotovoltaicos.....	35
2.4.3.1 Panorama atual e perspectivas futuras.....	39
3 METODOLOGIA .....	44
3.1 ESTUDO DE CASO REFERENTE AO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO .....	46
3.2 ESTUDO DE CASO REFERENTE AO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO .....	55
3.3 ESTUDO DE CASO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	59
4 RESULTADOS .....	62
4.1 ESTUDO DE CASO REFERENTE AO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO .....	62
4.1.1 Cenário de consumo .....	67
4.2 ESTUDO DE CASO REFERENTE AO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO .....	68
4.2.1 Cenário de consumo .....	70
4.3 ESTUDO DE CASO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	71
4.3.1 Sistema fotovoltaico bloco A.....	73
4.3.2 Sistema fotovoltaico bloco B .....	75
4.3.3 Sistema fotovoltaico bloco C .....	77
4.3.4 Sistema fotovoltaico bloco EF .....	79
4.3.5 Sistema fotovoltaico bloco IJ.....	84

4.3.6 Expectativa de geração fotovoltaica total .....	86
5 CONCLUSÃO .....	88
REFERÊNCIAS .....	91
APÊNDICE A – Equipamentos de iluminação utilizados em cada bloco .....	97

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico, o aumento da população e o processo de urbanização das cidades são uns dos diversos fatores que contribuem para o crescimento da demanda de energia elétrica mundial. Entre os anos de 2010 e 2014, o consumo de energia elétrica mundial cresceu mais de 11% e no ano de 2014, o Brasil foi o 7º país do mundo que mais consumiu energia elétrica conforme ilustrado na Tabela 1 (EPE, 2017).

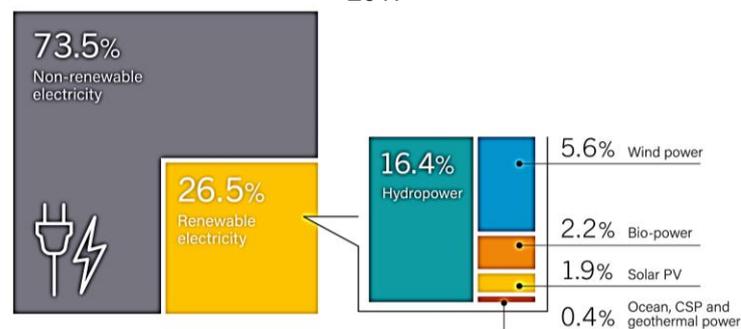
Tabela 1 - Consumo de energia elétrica de 2010 a 2014 em TWh

	2010	2011	2012	2013	2014	Δ% (2014/2013)	Part. % (2014)
<b>Mundo</b>	<b>18.654,5</b>	<b>19.341,6</b>	<b>19.706,4</b>	<b>20.326,0</b>	<b>20.730,6</b>	<b>2,0</b>	<b>100</b>
China	3.713,3	4.178,9	4.434,9	4.845,7	5.066,8	4,6	24,4
Estados Unidos	3.886,5	3.882,6	3.832,3	3.868,3	3.912,8	1,1	18,9
Índia	727,1	802,2	831,4	903,5	972,6	7,6	4,7
Japão	1.038,4	1.028,6	966,1	959,1	934,4	-2,6	4,5
Rússia	858,5	874,8	889,1	881,1	890,9	1,1	4,3
Alemanha	553,0	546,6	546,7	544,6	533,0	-2,1	2,6
Brasil	464,7	481,0	498,4	516,2	532,6	3,2	2,6
Canadá	501,8	519,4	514,3	530,9	528,1	-0,5	2,5
Coreia do Sul	450,2	472,7	482,9	487,8	495,0	1,5	2,4
França	474,0	443,6	454,7	455,1	431,0	-5,3	2,1
Outros	5.986,9	6.111,3	6.255,6	6.333,5	6.433,3	1,6	31,0

Fonte: EPE (2017).

Em 2017, a geração de energia elétrica mundial através de fontes renováveis representou 26,5% e de fontes não renováveis 73,5%. Dentre as fontes renováveis, a geração hidráulica é a mais utilizada com 16,4% e a solar fotovoltaica em 4º lugar com 1,9%, REN21(2018). Na Figura 1 estão apresentados esses dados.

Figura 1 - Produção de energia elétrica por fontes renováveis e não renováveis mundial no ano de 2017



Fonte: REN21 (2018).

Segundo o BEN 2018 (2018), no ano de 2017 a geração de energia elétrica por fontes renováveis no Brasil apresentou 80,4% do total e 18,6% para não renováveis. Comparando esses percentuais com a estatística mundial, o Brasil está entre os países com maior índice de geração de energia elétrica por fontes renováveis do mundo.

Apesar dos altos índices de geração renovável, a tarifa de energia elétrica cresce ano a ano no Brasil. Conforme o anuário estatístico de energia divulgado pela EPE (2017) foi registrado um aumento médio de 6,1% na tarifa de energia elétrica entre o ano de 2015 e 2016 no Brasil, passando de 395,00 para 419,09 R\$/MWh.

Diante desse cenário, vários estudos vêm sendo conduzidos com o intuito de aumentar o desenvolvimento de fontes alternativas para geração de energia elétrica com uma cultura sustentável, utilizando menos recursos esgotáveis e, conseqüentemente, causando menos impacto ao meio ambiente.

O desenvolvimento exige novas alternativas que tragam resultados efetivos para reduzir os impactos ao meio ambiente e o consumo de matéria prima, haja vista que as fontes não renováveis de energia são as mais utilizadas no mundo atualmente, o que vem causando grande preocupação, pois a tendência é que as fontes de matéria prima se esgotem.

Sendo assim, é possível citar diversas fontes renováveis, tais como: energia hídrica; energia eólica; energia solar; energia geotérmica; energia das ondas e marés; energia da biomassa, entre outras.

Dentre as referidas fontes renováveis, a energia solar fotovoltaica vem sendo cada vez mais utilizada em todo o mundo, demonstrando ótimos resultados, pois sua geração é advinda do Sol, a qual é abundante e considerada inesgotável em nosso planeta.

Entretanto, a preocupação não pode centrar-se apenas com a forma de geração de energia, mas também com o consumo, buscando, para tanto, a utilização de equipamentos mais eficientes e edifícios com estratégias e modelos de funcionamento que visam a redução do consumo de energia, pois é mais vantajoso reduzir o desperdício de energia do que necessitar cada vez mais de uma maior geração de energia para o desenvolvimento das atividades.

O diagnóstico energético é uma das ferramentas utilizadas para levantar e quantificar os gastos energéticos em uma edificação seja em sistemas de climatização, iluminação, motorização e bombeamento ou em aplicações industriais e

seus processos como ar comprimido, bombeamento e vapor. Depois de realizado o levantamento, inicia-se um estudo que permite avaliar as perdas, seus custos e identificar medidas corretivas, avaliar os custos de investimentos em modificações através da aquisição de novos equipamentos e projetos, calcular o tempo de retorno dos investimentos, a fim de orientar os gestores dos empreendimentos na tomada de decisões (PROCEL, 2011).

## 1.1 PROBLEMA DO ESTUDO

Quanto é possível reduzir o consumo de energia elétrica com a substituição de equipamentos do sistema de iluminação e climatização nos blocos A, B, C, EF e IJ da sede Ecoville da UTFPR? Quanto a geração fotovoltaica pode suprir da demanda de energia elétrica?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é verificar o impacto que a utilização de equipamentos mais eficientes no sistema de iluminação e climatização causaria no gasto energético dos blocos A, B, C, EF e IJ localizados na sede Ecoville da UTFPR, e também o quanto um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica pode contribuir com a demanda de energia da sede da universidade.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Realizar uma revisão da literatura;
- Realizar um levantamento dos equipamentos utilizados no sistema de iluminação atualmente;
- Realizar um levantamento dos equipamentos utilizados no sistema de

climatização atualmente;

- Propor o uso de equipamentos de iluminação mais eficientes;
- Propor o uso de equipamentos de climatização mais eficientes;
- Estimar a geração de energia dos sistemas fotovoltaicos propostos no estudo e o quanto poderia suprir da demanda da universidade.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O estudo justifica-se diante da necessidade do desenvolvimento e implementação de alternativas que reduzam o consumo de energia elétrica e a utilização de fontes renováveis de energia, devido ao cenário atual do planeta, o qual se encontra com seus recursos naturais cada dia mais escassos frente ao uso de modo desenfreado.

As fontes renováveis e limpas reduzem o impacto ao meio ambiente e proporcionam eficiência para as atividades humanas, causando uma relação sustentável entre os envolvidos.

Para tanto será feito uma análise para propor a substituição de equipamentos no sistema de iluminação e climatização de modo a reduzir o consumo de energia nas edificações estudadas, bem como um estudo para implantação de um sistema fotovoltaico.

### 1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O tema se restringe a analisar o consumo de energia elétrica dos sistemas de iluminação e climatização nos blocos A, B, C, EF e IJ da sede Ecoville com base nas faturas de energia do ano de 2018 e encontrar alternativas para diminuir o gasto energético nas edificações. Também analisar o potencial da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica no local. O local de estudo é a sede Ecoville do campus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizado na Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, número 5.000, no bairro Campo Comprido, na cidade de Curitiba, estado do Paraná.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

O alto crescimento populacional, a desigualdade social, a falta de planejamento das cidades, as mudanças climáticas, os desastres naturais, o alto consumo de recursos e a exploração desenfreada das florestas descrevem o modelo de crescimento atual, o qual desequilibra a relação entre o homem e o ambiente natural (LAMBERTS et al., 2007).

Segundo o Conselho Internacional da Construção (CIB), a indústria da construção é o setor que mais consome recursos naturais e energia, e o que mais contribui com a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A estimativa é que os resíduos sólidos gerados pelo setor equivalem a mais de 50% do total. Sendo assim, as edificações possuem grande potencial para trazer bons resultados no processo de recuperação do meio ambiente, trazendo para esse setor o grande foco da busca pelo desenvolvimento sustentável (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

Diante desse contexto, surgem as edificações sustentáveis, que promovem o uso racional de recursos naturais e a utilização de materiais ecologicamente corretos, minimizando assim, os efeitos no ambiente em que estão inseridas. A durabilidade e a capacidade de perdurar ao longo do tempo também estão diretamente ligadas ao conceito de sustentabilidade das edificações, sendo a durabilidade uma das principais questões, pois considera a qualidade do processo construtivo e dos materiais empregados (BLUMESCHEIN, 2004).

Segundo Triana (2005), as edificações devem seguir algumas diretrizes para atingirem um nível de sustentabilidade. Dentre as diversas diretrizes e categorias, destacam-se para a aplicação desse estudo: promover a eficiência energética da edificação; reduzir o consumo de energia levando em consideração os sistemas de iluminação, aquecimento de água, desempenho térmico da edificação e equipamentos para condicionamento térmico e demais equipamentos e promover a geração de energia com fontes alternativas como: fotovoltaica, solar térmica, eólica, biomassa, biogás e a aplicação de critérios de projeto bioclimático; especificar materiais em função da durabilidade, do transporte (utilizar materiais locais ou regionais) e do valor

energético do material através de uma análise de ciclo de vida do mesmo; promover a reciclagem e a recuperação de resíduos, minimizar a emissão de gases prejudiciais à camada de ozônio durante a operação do edifício e utilizar sistemas de condicionamento ambiental sem o uso de gases refrigerantes CFC (Clorofluorcarbono); promover a ventilação natural na edificação através da ventilação cruzada; maximizar a iluminação natural na edificação, evitar o uso excessivo de luminárias e fazer uso de luminárias e lâmpadas mais eficientes; proporcionar bom desempenho em relação ao ruído e acústica na edificação e utilizar materiais isolantes acústico nas paredes e piso; prever a flexibilidade e adaptabilidade para novos usos e sistemas técnicos, favorecer a desmontagem, reciclagem e reutilização de componentes e fornecer controle aos ocupantes do edifício nos sistemas de ventilação e iluminação, garantir a operação parcial dos sistemas técnicos em caso de falta de energia, manter projetos e documentação *as built* para evitar problemas futuros.

As construções sustentáveis, além de contribuírem na redução dos impactos gerados ao meio ambiente, apresentam perspectivas de promoção do bem-estar social e aumento da produtividade dos usuários. Os aspectos relacionados ao projeto como uso da energia e da água, qualidade do ar interno e especificação dos materiais devem ser pensados de forma combinada e simultânea (LAMBERTS et al., 2007).

A geração de energia elétrica convencional é centralizada e distante do ponto de consumo. Com a distribuição da energia ocorrem perdas que ocasionam o aumento nos custos de produção, aumentam custos às concessionárias e ao meio ambiente. Devido a esses fatores, uma boa estratégia para solucionar alguns dos problemas enfrentados pelas concessionárias e pelo meio ambiente é aumentar a eficiência energética, pois ela reduz a taxa de crescimento de demanda da energia sem diminuir os bens e serviços fornecidos (SALAMONI e RÜTHER, 2003).

Dentre diversas diretrizes e recursos aplicáveis às edificações sustentáveis, o trabalho está direcionado na eficiência energética da edificação, focado na redução do consumo de energia nos sistemas de iluminação e climatização artificial e na geração de energia no ponto de consumo.

## 2.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

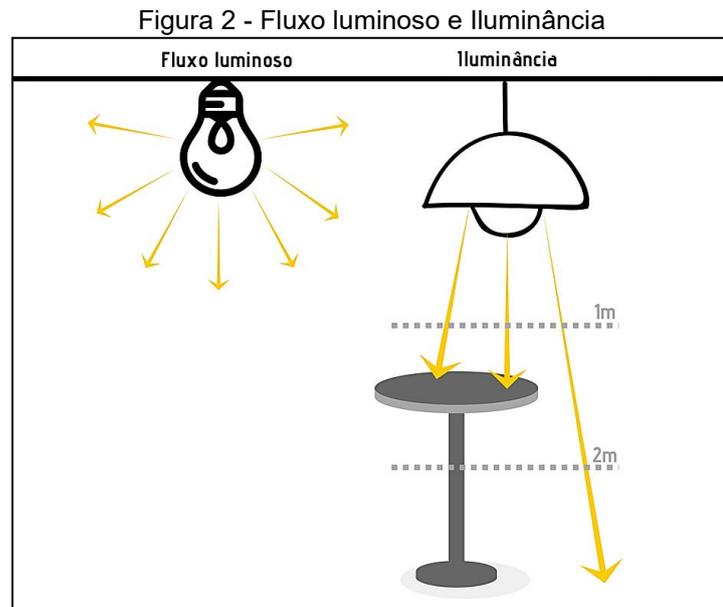
Na área de iluminação, a qualidade da luz é primordial, tanto no desempenho das atividades como na influência no estado emocional e no bem-estar das pessoas. Vários trabalhos realizados no Brasil apontam alguns problemas frequentes nos sistemas de iluminação, os quais geralmente estão fora dos padrões técnicos adequados. Os problemas mais recorrentes são: iluminação em excesso, falta de aproveitamento da iluminação natural, uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa, falta de comandos (interruptores) nas luminárias, ausência de manutenção e hábitos de uso inadequados (RODRIGUES, 2002).

A eficiência dos sistemas de iluminação artificial está diretamente ligada às características técnicas, ao rendimento e eficiência de um conjunto de elementos, dentre eles: lâmpadas, luminárias, reatores, circuitos de distribuição e controle, iluminação natural, cores das superfícies internas e mobiliário (RODRIGUES, 2002).

### 2.2.1 Conceitos básicos

A iluminação eficiente de um ambiente depende do desempenho visual requerido para a realização de uma determinada atividade. Para entender melhor, a seguir estão alguns conceitos básicos de iluminação retirados do Manual de Iluminação Eficiente (RODRIGUES, 2002) e do Manual ELEKTRO de Eficiência Energética (ELEKTRO, 2014).

- Fluxo luminoso: representa a potência luminosa emitida por uma fonte luminosa, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz. Sua unidade é o lúmen (lm).
- Iluminância: é o fluxo luminoso (lúmen) incidente em uma superfície por unidade de área, sendo sua unidade o lux. Portanto, um lux corresponde a iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, na qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen. Ainda, iluminância é a densidade de luz necessária para a realização de uma determinada tarefa visual. Na Figura 2 estão ilustrados os conceitos de fluxo luminoso e iluminância.

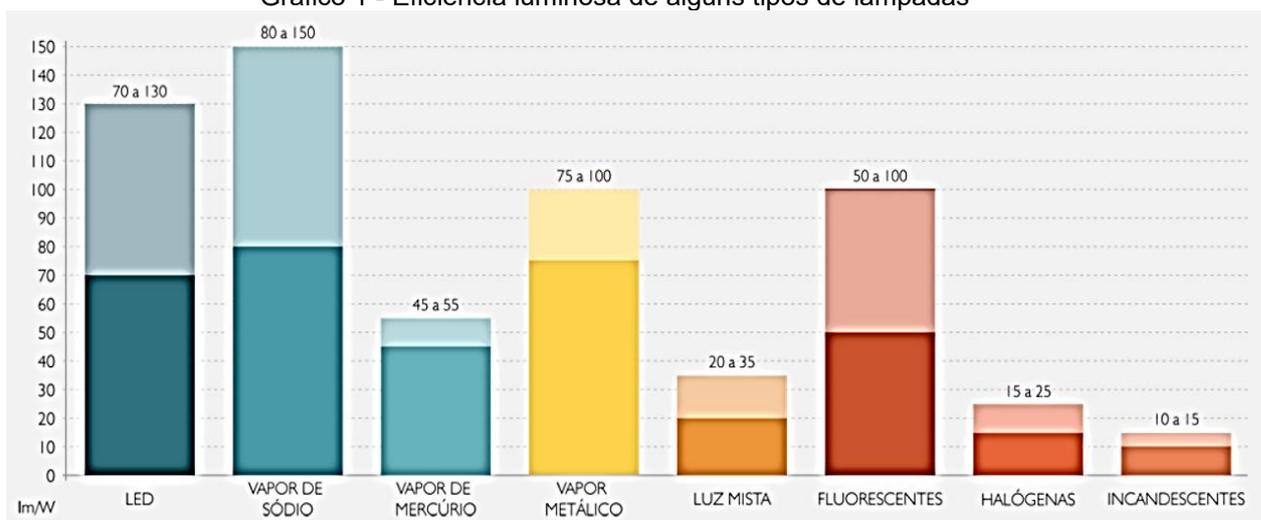


Fonte: A autora (2019).

A NBR 5413 estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esportes e outras (ABNT, 1991).

- Luminância: é a luz refletida pelo objeto observado e seu entorno na direção dos olhos do observador;
- Eficiência luminosa: é a “quantidade” de luz que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 Watt. É calculada pelo quociente entre o fluxo luminoso emitido em lúmens e a potência consumida em Watts. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo. No Gráfico 1 é apresentada a eficiência luminosa de alguns tipos de lâmpadas, a faixa de cores indica a eficiência, sendo o tom mais claro a variação entre o valor mínimo e máximo para cada tipo.

Gráfico 1 - Eficiência luminosa de alguns tipos de lâmpadas



Fonte: EMPALUX (2016).

- Índice de Reprodução de Cor (ICR): é a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz. Lâmpadas com Índice de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais ineficiente é a reprodução das cores.
- Temperatura de cor: é a grandeza que expressa a aparência de cor da luz, sua unidade é o Kelvin. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A “luz quente” possui aparência amarelada e temperatura de cor baixa: 3.000K ou menos. Já a “luz fria” tem aparência azul-violeta e temperatura de cor elevada: 6.000K ou mais.
- Curva de distribuição luminosa: a curva que representa em coordenadas polares as intensidades luminosas nos planos transversal e longitudinal.
- Ofuscamento: é o efeito de uma luz forte no campo de visão do olho humano, podendo provocar desconforto e prejudicar o desempenho das atividades no local.

### 2.2.2 Lâmpadas empregadas na construção civil

As lâmpadas comerciais de iluminação são caracterizadas pela potência elétrica absorvida (W), fluxo luminoso produzido (lm), temperatura de cor (K) e índice de reprodução de cor (IRC). Os aspectos que mais contribuem para a eficiência

energética do sistema de iluminação artificial são a eficiência luminosa e a vida útil, portanto, merecem grande atenção, seja na elaboração de projetos ou reformas, seja na inserção de programas de conservação e uso eficiente de energia (FREITAS, 2009).

São diversas as opções de lâmpadas disponíveis atualmente no mercado. As lâmpadas incandescentes foram as primeiras lâmpadas elétricas comercializadas e por apresentarem menor eficiência luminosa (GHISI, 1997) atualmente foram banidas do mercado.

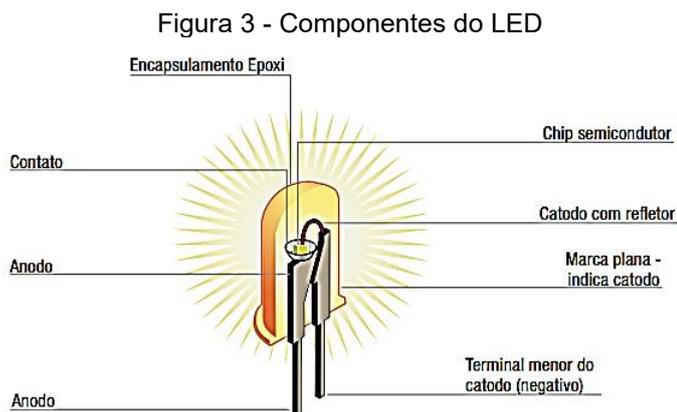
Nas lâmpadas de descarga, a luz é produzida pela excitação de um gás contido entre dois eletrodos, através da passagem de energia elétrica. Assim, é produzida uma radiação ultravioleta (invisível) e, quando a radiação atinge as paredes internas do bulbo é transformada em luz. Devido ao seu princípio de funcionamento, as lâmpadas de descarga necessitam de equipamentos auxiliares como reatores e *starters*. Uma das desvantagens dessas lâmpadas é o efeito estroboscópico que elas produzem, pois piscam na mesma frequência da tensão de alimentação (60 Hz), podendo causar acidentes de trabalho em locais que possuem motores que giram em alta velocidade (LAMBERTS et al., 2013).

Segundo Viana et al. (2012), as lâmpadas de descarga são divididas em:

- Lâmpadas de alta pressão: Mercúrio, Sódio, Mista e Vapores metálicos.
- Lâmpadas de baixa pressão: Fluorescentes (Vapor de mercúrio) e Sódio baixa pressão.

Uma das tecnologias mais utilizadas atualmente é o LED (*light-emitting diode*), um diodo semicondutor que quando energizado emite luz visível. A emissão de luz ocorre com a mudança de camada dos elétrons, ocasionada pela passagem de corrente elétrica. É monocromático, e a cor depende do cristal e da impureza de dopagem com que é fabricado (ELEKTRO, 2014).

É um componente do tipo bipolar, possui um terminal chamado anodo e outro cátodo. Dependendo de como for polarizado, permite ou não a passagem da corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração de luz. O componente mais importante do LED é o *chip* semicondutor, pois é responsável pela geração de luz (SCOPACASA, 2008). Na Figura 3 é apresentado um esquema básico dos componentes do LED.



Fonte: ELEKTRO (2014).

Os LEDs possuem tamanho reduzido e estão disponíveis em encapsulamentos de 3mm, 5mm e 10mm e em diversas cores como branco, vermelho, verde, laranja, azul e demais. Essa tecnologia está sendo produzida com custos cada vez menores e sendo utilizada na substituição a diversos tipos de lâmpadas (VIANA et al., 2012).

As vantagens são inúmeras, entre elas: sua vida útil pode atingir 100.000 horas; baixo custo de manutenção; baixo consumo de energia (possuem excelente eficiência energética); efeito visual máximo (possibilidade de colorir superfícies com luz); acendimento imediato; resistente a grandes variações de temperatura e vibração; são ecologicamente corretos (não utilizam vapor de mercúrio nem chumbo); não emitem radiação ultravioleta (não atraem mosquitos e insetos); operam em baixa tensão e oferecem segurança para os usuários durante instalação e operação (ELEKTRO, 2014).

Segundo Leludak (2013), as lâmpadas fluorescentes possuem boa eficiência luminosa e o sistema para substituir essa tecnologia deve ser superior e não deve aumentar o fluxo de calor. A tecnologia que se adéqua nessa substituição são as lâmpadas LED, pois a relação lm/W é superior e ainda possui melhor reprodução de cores, inexistência de radiação ultravioleta e infravermelha e todos os materiais são recicláveis após utilização.

A Tabela 2 apresenta um comparativo entre as lâmpadas incandescentes, alguns tipos de lâmpadas de descarga e as lâmpadas LED, conforme os autores AKARI (2018); ARAUJO (2018); AVANTILUX (2017); ELEKTRO (2014); EMPALUX (2016); FREITAS (2009); GHISI (1997); INMETRO (2018); LAMBERTS et al. (2013); RODRIGUES (2002); VIANA et al. (2012).

Tabela 2 – Alguns tipos de lâmpadas empregadas na construção civil

	Tipo de lâmpada	Temperatura de cor	Eficiência	IRC	Reator	Vida útil	Aplicações	Imagem
LÂMPADAS INCANDESCENTES	Lâmpadas incandescentes	2700K	10 a 15 lm/W	100%	Não	1.000 horas	Residências, comércios, hotéis, entre outros.	
LÂMPADAS DE DESCARGA	Fluorescentes	3.500K a 5.000K	50 a 100 lm/W	Acima de 80%	Sim	6.000 a 16.000 horas	Residências, comércios, hotéis, entre outros.	
	Fluorescentes compactas	3.500K a 5.000K	50 a 69 lm/W	85%	Sim	Até 10.000 horas	Residências, comércios, hotéis, entre outros.	
	Vapor metálico	4.000 a 6.000K	75 a 100 lm/W	Até 90%	Sim	15.000 horas	Grandes lojas, estádios de futebol, monumentos, indústria, automóveis, entre outros.	
	Vapor de mercúrio	4.000 a 5.000K	45 a 55 lm/W	40 a 48%	Sim	6.000 a 9.000 horas	Iluminação pública, indústrias, monumentos, jardins, fachadas de edifícios, entre outros.	
LED	LED	2.700 a 7.000K	70 a 130 lm/W	80%	Sim	Até 100.000 horas	Desde pequenos pontos luminosos a grandes instalações.	

Fonte: Adaptado de AKARI (2018); ARAUJO (2018); AVANTILUX (2017); ELEKTRO (2014); EMPALUX (2016); FREITAS (2009); GHISI (1997); INMETRO (2018); LAMBERTS et al. (2013); RODRIGUES (2002); VIANA et al. (2012).

### 2.3 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL

As estratégias de projetos que utilizam sistemas naturais (iluminação natural e ventilação natural, por exemplo) nem sempre são suficientes para promover o conforto térmico dos usuários, sendo necessária a utilização de sistemas artificiais de climatização. Em edifícios públicos e comerciais o uso de climatização ativa é

praticamente obrigatório, pois o desconforto térmico pode provocar baixa produtividade e perda de clientes. Os sistemas de resfriamento controlam simultaneamente a temperatura, umidade, pureza e distribuição do ar, conforme as necessidades em um ambiente, tornando o ar compatível com as necessidades térmicas e ambientais de um recinto independente das condições externas (LAMBERTS et al., 2013).

Por representar grande parte do consumo de energia nas edificações, os equipamentos de ar condicionados e refrigeração são fundamentais no processo de gestão de energia elétrica. As características arquitetônicas influenciam no consumo, pois o tipo de parede, forro, janela, iluminação e orientação solar empregados causam variação de temperatura, aumentando a carga térmica e conseqüentemente, o aumento do consumo para manter o condicionamento do ambiente (MORALES, 2007).

### 2.3.1 Ar condicionado

Uma das maneiras de classificar os sistemas de condicionamento de ar é quanto à troca de calor com o ar ambiente, sendo: expansão direta e expansão indireta. Nos sistemas de expansão direta o ar é resfriado diretamente pelo fluido refrigerante “freon” e esse tipo de sistema é utilizado em instalações de pequenas e médias capacidades: *splits*, *self contained*, aparelhos de janela. Nos sistemas de expansão indireta, o ar do recinto troca calor com a água e por sua vez troca calor com um fluido refrigerante, de forma indireta. A água geralmente é resfriada em um equipamento denominado *chiller*, através de um circuito de refrigeração e esse tipo de sistema é utilizado em instalações médias e grandes (CEPEL, 2014).

Os aparelhos de janela, Figura 4, são simples e compactos, pois o condensador e o evaporador estão no mesmo invólucro. A unidade puxa o ar externo, onde é condicionado e imediatamente entregue ao ambiente. Por ficar exposto à radiação solar, a capacidade de refrigeração fica prejudicada, gerando desgaste e consumos excessivos. Os recentes lançamentos apresentam compressores rotativos que reduzem o consumo de energia e o peso do conjunto. Esse tipo de equipamento possui o menor custo de aquisição e instalação, possuem simples manutenção e bastante flexibilidade para mudanças de posição. As desvantagens são a interferência

nas fachadas das edificações, alto nível de ruído, e outros (LAMBERTS et al., 2013).

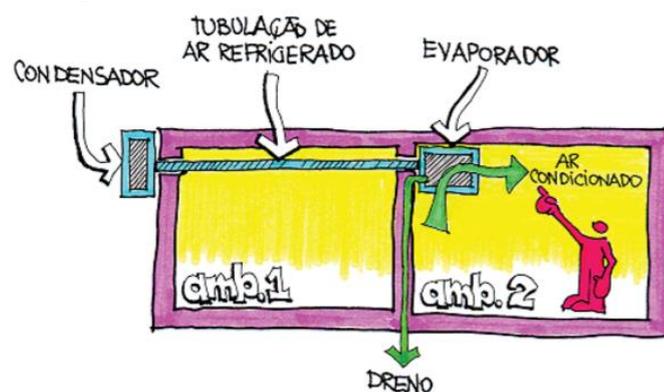
Figura 4 - Aparelho de janela



Fonte: LAMBERTS et al. (2013).

Os *splits* ou mini centrais de pequeno porte, Figura 5, possuem a unidade evaporadora separada da condensadora (podendo estar distantes em até 30 metros), atendem ambientes onde não possuem parede voltada para o exterior. A unidade condensadora é a principal fonte de ruído e deve ser alocada em um local bem ventilado e sem exposição à radiação solar. A unidade evaporadora deve ser instalada no local onde se quer condicionar e a interligação com o condensador é realizada através de uma tubulação de gás refrigerante que necessita de uma abertura de 8 centímetros de diâmetro na parede. Possuem baixo ruído, porém maior custo que os aparelhos de janela e a manutenção mais complexa (LAMBERTS et al., 2013).

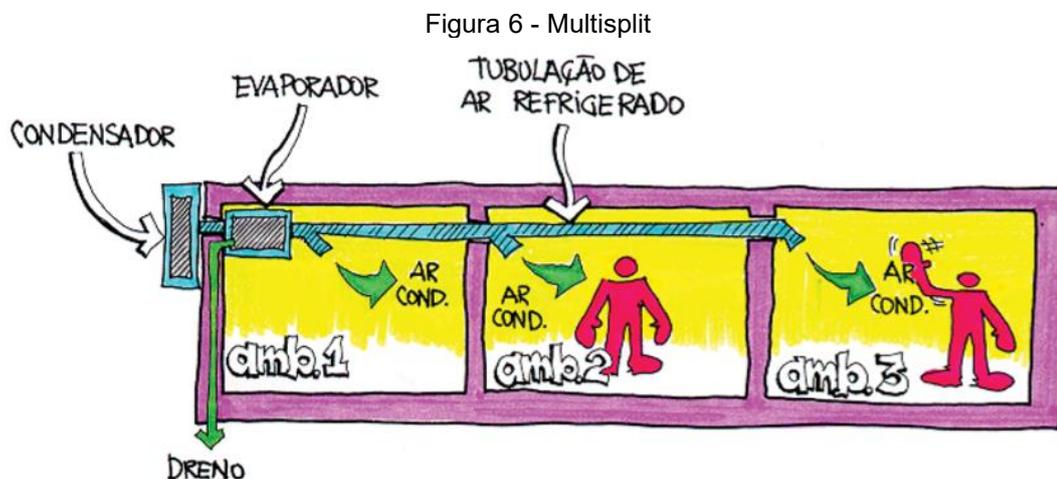
Figura 5 - Split ou mini central de pequeno porte



Fonte: LAMBERTS et al. (2013).

A capacidade de refrigeração dos *multisplits* é muito maior que os *splits*. É um equipamento de menor porte projetado para trabalhar de forma ambiente ou em dutos. Nos espaços maiores, podem ser combinadas várias unidades dispostas estrategicamente, reduzindo assim o custo de instalação de dutos. Uma das grandes vantagens é que o sistema climatiza vários ambientes simultaneamente, porém possui

um único termostato, implicando na variação das temperaturas dos ambientes segundo a variação da carga térmica em um único ponto, Figura 6 (LAMBERTS et al., 2013).



Fonte: LAMBERTS et al. (2013).

Segundo Harada (2015), um dos métodos para definir qual equipamento e qual a quantidade é utilizando o cálculo de BTU (*British Thermal Unit*). Escolher a quantidade de BTU incorreta pode fazer com que o ar-condicionado não resfrie adequadamente o ambiente ou, caso haja excesso de BTU, resulta em um gasto de energia maior do que o necessário.

O cálculo de BTU deve considerar as quatro regras a seguir:

- Para cada metro quadrado do cômodo, multiplica-se por 600 BTU;
- Cada pessoa adicional soma 600 BTU (a primeira não é contabilizada);
- Cada equipamento eletrônico soma 600 BTU;
- Se o cômodo ficar diretamente exposto ao sol, recomenda-se acrescentar mais 800 BTU para cada medida.

As regras são válidas para ambientes com pé direito padrão (2,60 a 3 metros).

## 2.4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Os raios solares, além de trazerem a luz e o calor essencial para a vida na Terra, podem gerar energia tanto na forma de calor como de eletricidade. A conversão

direta de luz em eletricidade é chamada Energia Solar Fotovoltaica. O processo de conversão ocorre pelo efeito fotovoltaico, quando as células fotovoltaicas (dispositivos fabricados com um material semicondutor) recebem os fótons despertando os elétrons. O movimento dos elétrons, presente no material semicondutor, gera corrente elétrica e consequentemente eletricidade (PINHO e GALDINO, 2014).

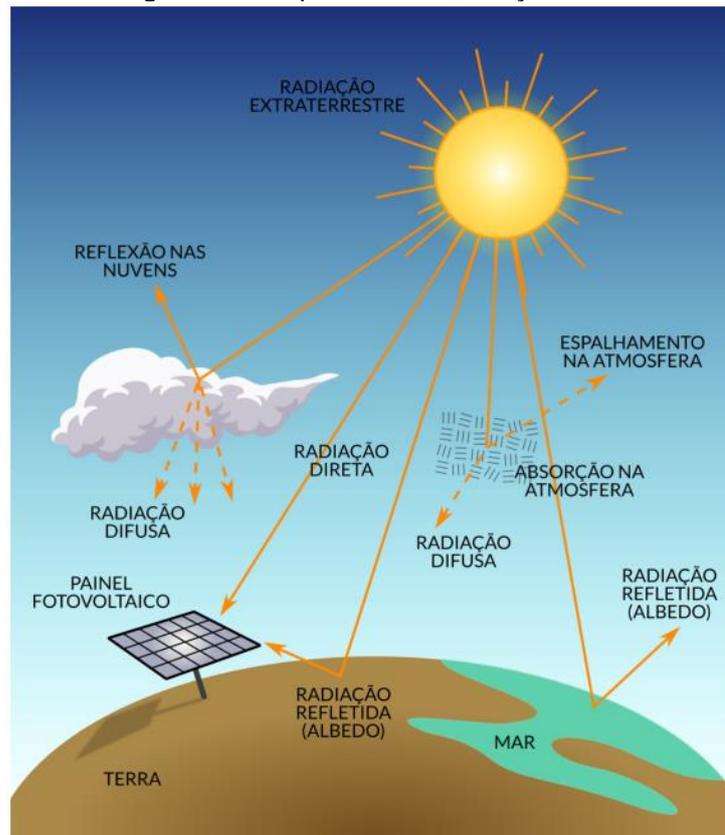
O processo é silencioso, não emite gases, e não necessita de um operador no sistema e somente a componente luminosa da energia solar (fótons) é utilizada na conversão fotovoltaica. A componente térmica, radiação infravermelha, é utilizada em outros processos, como por exemplo: aquecimento de água ou geração de energia em sistemas termo solares com concentradores (LAMBERTS et al., 2010).

#### 2.4.1 Radiação Solar

O Sol é a fonte de energia com maior potencial para suprir a demanda energética crescente no mundo. O aproveitamento direto da sua oferta ajuda a reduzir os efeitos causados pelas mudanças climáticas, pois a queima de combustíveis fósseis como carvão e petróleo são prejudiciais e aceleram os efeitos danosos ao meio ambiente (IBCT, 2016).

A radiação que chega à atmosfera da Terra pode ser dividida em duas componentes: radiação direta e radiação difusa. A direta não sofre desvios e a difusa é oriunda de todas as direções, pois o feixe direto que atinge a atmosfera sofre espalhamento devido a nuvens, moléculas e aerossóis. Porém, caso a superfície analisada seja inclinada em relação a horizontal, haverá um terceiro componente denominado Albedo (coeficiente de reflexão das superfícies) (TIEPOLO et al., 2017). Na Figura 7 estão representados os componentes da radiação solar.

Figura 7 - Componentes da radiação solar

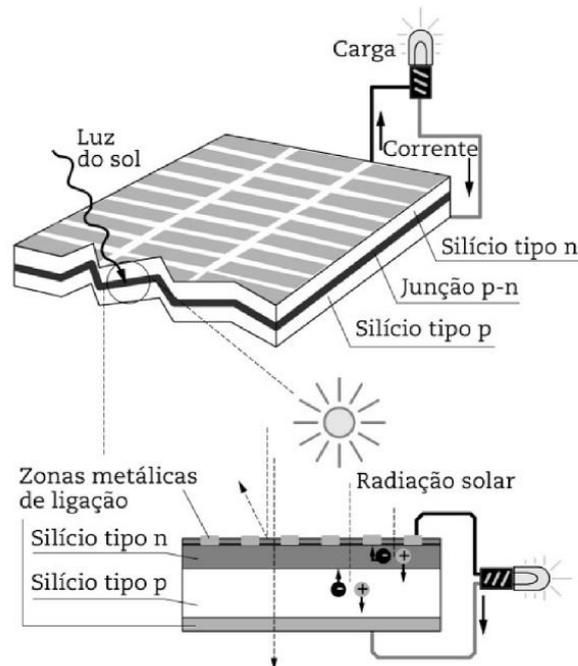


Fonte: TIEPOLO et al. (2017).

#### 2.4.2 Células e módulos fotovoltaicos

A geração fotovoltaica faz uso de elementos semicondutores fotossensíveis que convertem a radiação solar em uma diferença de potencial nos terminais da junção P-N, Figura 8. A circulação de corrente elétrica é resultado da ligação elétrica desses terminais (EPE, 2012). Em condições normais de teste, uma célula solar produz diferença de potencial entre 0,5 e 0,8V (PINHO e GALDINO, 2014), sendo necessário para utilização prática serem arranjadas em ligações série-paralelo, constituindo os módulos de baixa potência (EPE, 2012). Atualmente, encontram-se módulos para este tipo de aplicação com potências na faixa dos 250W e 380W.

Figura 8 - Representação do processo de conversão fotovoltaica



Fonte: ZILLES et al. (2012).

As células fotovoltaicas podem ser classificadas em três gerações tecnológicas. A primeira e mais utilizada é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), é considerada uma tecnologia confiável e consolidada e possui a melhor eficiência comercialmente disponível. A segunda geração, conhecida como filmes finos, é dividida em três cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Com dificuldade na disponibilidade dos materiais, vida útil, rendimento e toxicidade (cádmio), sua utilização em larga escala é prejudicada e seu rendimento é normalmente inferior a tecnologia de primeira geração. A terceira geração vem sendo estudada, pesquisada e testada e são as células fotovoltaicas multijunção e células fotovoltaicas por concentração, células sensibilizadas por corante e células orgânicas ou poliméricas. As células fotovoltaicas por concentração demonstraram ter potencial para módulos de alta eficiência, porém atualmente não possuem preço competitivo (PINHO e GALDINO, 2014). Na Tabela 3 é apresentada a eficiência de três tipos de células fotovoltaicas.

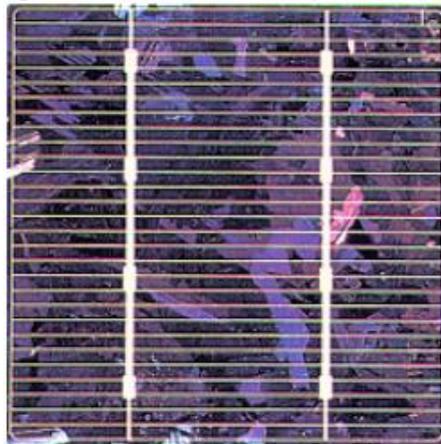
Tabela 3 - Tipos de células fotovoltaicas

Tipo de Módulo	Eficiência	Imagem
Monocristalino	14-20%	
Poli ou Multicristalino	11-19%	
Amorfo	6-9%	

Fonte: FREITAS e HOLLANDA (2015).

Cerca de 90% dos módulos fotovoltaicos produzidos no mundo são compostos por células de silício monocristalino ou policristalino, conforme a Figura 9, sendo as de silício monocristalino, mais eficientes, porém com maiores custos de produção (EPE, 2012).

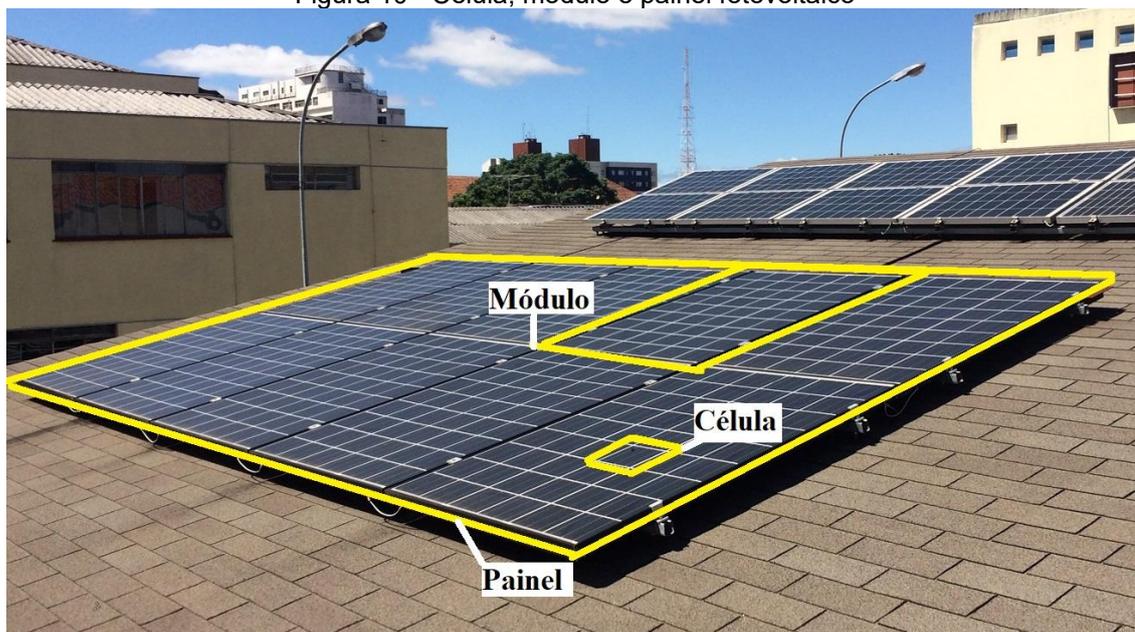
Figura 9 - Célula de silício policristalino



Fonte: CRESESB (2008).

O módulo fotovoltaico é um conjunto de células fotovoltaicas interligadas e acondicionadas a fim de produzir tensão e correntes suficientes para a utilização da energia. Os módulos são projetados e fabricados para dispor as células e suas ligações elétricas, garantir suporte estrutural e proteger as células de danos mecânicos e agentes ambientais externos, como: sol, chuva, vento e demais, com expectativa de atuar por 30 anos ou mais (RÜTHER, 2004). Na Figura 10 estão ilustrados o painel, módulo e célula fotovoltaica.

Figura 10 - Célula, módulo e painel fotovoltaico



Fonte: A autora (2019).

A seleção das células a serem associadas no momento da fabricação do módulo é muito importante, pois se houver incompatibilidade entre suas características elétricas os módulos produzidos serão de baixa qualidade, haja vista que as células de menor corrente irão limitar o desempenho do conjunto e, conseqüentemente, a eficiência global do módulo FV será reduzida. O aumento da irradiância solar aumenta a corrente elétrica gerada pelo módulo, elevando assim, o seu desempenho. Porém a incidência de radiação solar e variação da temperatura ambiente provocam uma variação de temperatura nas células que concebem os módulos, ocasionando, portanto, uma queda de tensão e uma pequena elevação na corrente, a qual não compensa a perda de tensão, diminuindo assim, o desempenho do módulo (PINHO e GALDINO, 2014).

No aspecto ambiental, a cadeia produtiva dos painéis FV possui baixo impacto e, apesar de existirem rejeitos químicos (principalmente cádmio, arsênio e selênio) decorrentes da produção, o correto descarte desses produtos evita efeitos negativos. A emissão de gases do efeito estufa dos painéis, em todo seu ciclo de vida, são extremamente baixas e a energia empregada na fabricação é compensada em alguns meses de funcionamento (GREENPEACE, 2010).

Além dos ganhos ambientais, a energia solar fotovoltaica permite a utilização em pequena escala e pode ser instalada próxima ao ponto de consumo (na forma distribuída), minimizando as perdas de energia na transmissão e distribuição da

geração centralizada (SALAMONI e RÜTHER, 2003).

#### 2.4.2.1 Associação de módulos fotovoltaicos

A tensão e a corrente desejadas para o sistema definem o tipo de associação dos módulos, que podem ser conectados em ligações em série e/ou em paralelo, sendo necessário para a escolha: as informações de como será a instalação e quais componentes serão utilizados no sistema, pois a tensão e corrente resultante do arranjo deve ter total compatibilidade com os componentes (PINHO e GALDINO, 2014).

As conexões em série são realizadas conectando-se o terminal positivo de um módulo com o terminal negativo de outro. Assim como em ligações de células fotovoltaicas, na ligação em série somam-se as tensões e a corrente permanece a mesma, (RÜTHER, 2004). Realizada a conexão em série, a corrente que passa por cada módulo é sempre igual entre si, mas para que a corrente global não seja afetada em relação à corrente individual de um módulo, assumem-se que os módulos estejam sob mesmas condições de irradiância e temperatura e sejam idênticos. No caso de uma divergência de características elétricas ou sombreamento, a corrente do conjunto conectado é alterada e definida pelo módulo com menor corrente individual (PINHO e GALDINO, 2014).

As conexões em paralelo são feitas unindo-se todos os terminais positivos dos módulos entre si e igualmente os terminais negativos. Nessa ligação, somam-se as correntes e a tensão não se altera (PINHO e GALDINO, 2014).

#### 2.4.3 Sistemas fotovoltaicos

Sistema Fotovoltaico (SFV) consiste no conjunto de elementos necessários para converter diretamente energia solar em energia elétrica. O principal componente do SFV é o painel fotovoltaico e dependendo da aplicação inclui dispositivos para controle, supervisão, armazenamento e condicionamento da energia gerada. A fiação, estrutura de suporte e a fundação (quando necessária) fazem parte do SFV

(LAMBERTS et al., 2010).

Os Sistemas Fotovoltaicos podem ser classificados em duas categorias principais: sistemas isolados e sistemas conectados à rede, Figura 11. Nos dois casos pode operar com apenas uma fonte energética (fotovoltaica) ou mais de uma fonte, denominado sistema híbrido que pode combinar energia fotovoltaica e eólica, por exemplo. Para definir qual sistema será utilizado, deve ser feito um estudo levando em consideração qual a aplicação, a disponibilidade de recursos, as restrições de cada projeto como: investimento inicial, custo de manutenção, área ocupada pelo SFV, entre outros (PINHO e GALDINO, 2014).

Figura 11 - Sistemas FV

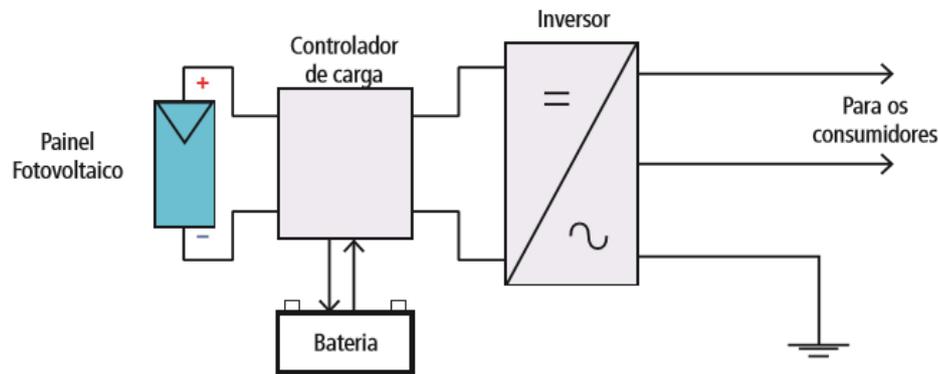


Fonte: A autora (2019).

a) Sistemas isolados:

Os Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFVI) são normalmente instalados em locais que não possuem acesso à rede elétrica e necessitam de um elemento que armazene energia elétrica (URBANETZ JUNIOR, 2010). Na Figura 12 estão ilustrados os equipamentos básicos do sistema: painel fotovoltaico, controlador de carga, bateria e inversor.

Figura 12 - Constituição básica de um sistema isolado

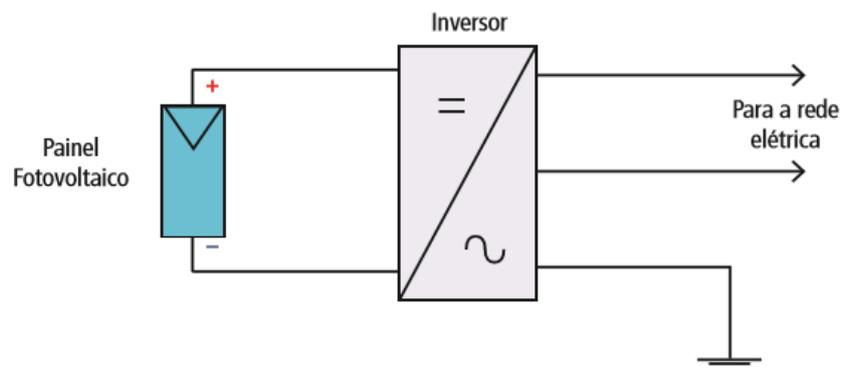


Fonte: LAMBERTS et al. (2010).

b) Sistemas conectados à rede:

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR) correspondem, em escala global, a mais de 95% do total de FV instalados (EPE, 2014). Os SFVCRs são basicamente constituídos pelo painel FV e por um inversor, Figura 13. Segundo Urbanetz Junior (2010), a rede elétrica da concessionária é vista como elemento armazenador, pois toda a energia gerada é inserida em paralelo com a energia da rede. O sistema apresenta diversas vantagens, sendo as principais: elevada produtividade (toda energia gerada é utilizada) e ausência de baterias, que são consideradas um elo frágil no SFVI devido à baixa vida útil se comparada aos módulos FV e aos inversores.

Figura 13 - Constituição básica de um sistema conectado à rede

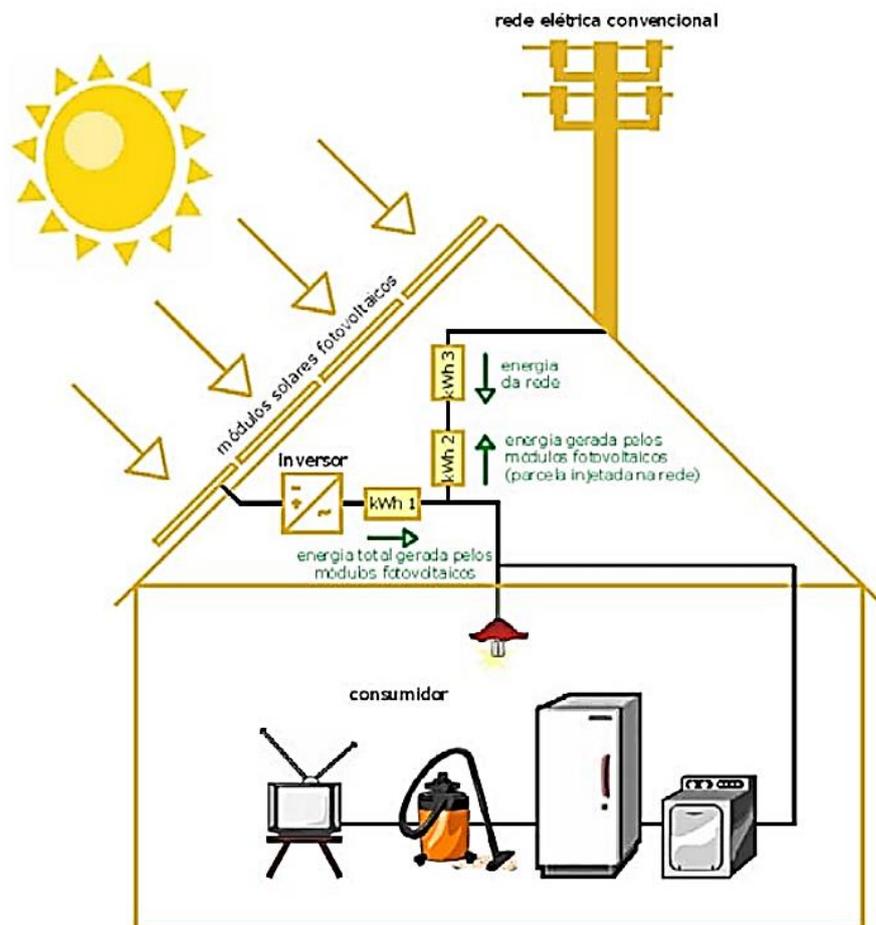


Fonte: LAMBERTS et al. (2010).

O inversor, ao detectar a presença da rede, converte a tensão contínua vinda do painel FV em tensão alternada, com o mesmo padrão de tensão, frequência e fase da rede elétrica a qual está conectado. A energia é injetada na rede elétrica e o

inversor desliga automaticamente, cessando o fornecimento caso seja desconectado da rede ou a rede não esteja energizada. Além do painel fotovoltaico e do inversor, os SFVCRs possuem componentes de comando e proteção como: chaves, fusíveis, disjuntores e demais. Podem ser instalados como uma planta fotovoltaica, gerando energia de forma centralizada e distante do ponto de consumo, semelhante a uma usina geradora convencional. Outro modo é integrá-los as edificações urbanas, nos telhados e fachadas de casas e edifícios, Figura 14, gerando energia de forma descentralizada (no ponto de consumo) e seu excedente é enviado à rede pública (LAMBERTS et al., 2010).

Figura 14 - Diagrama esquemático de um SFVCR



Fonte: RÜTHER (2004).

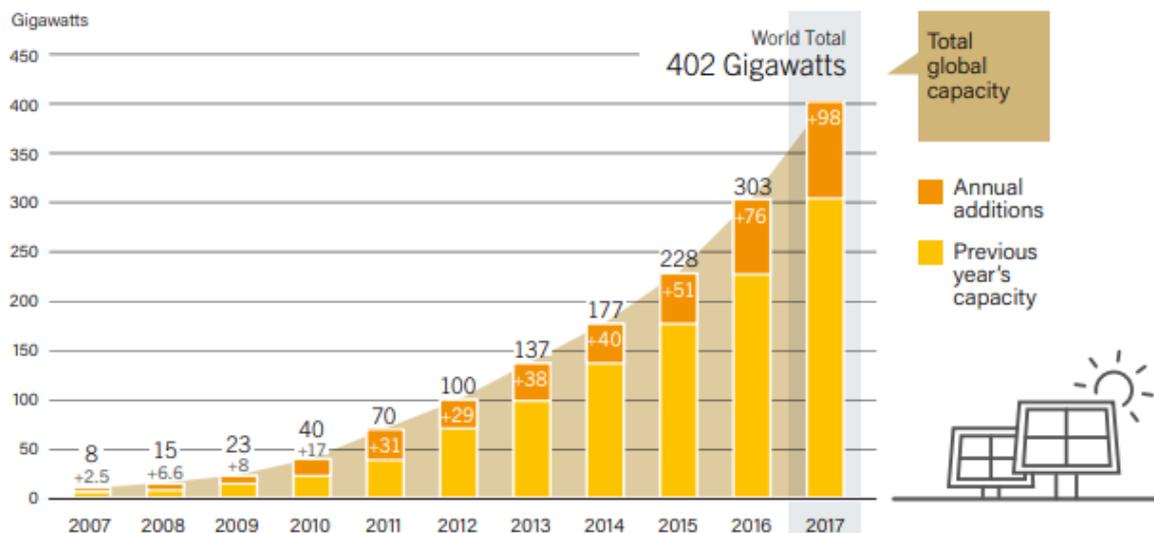
No Brasil, a Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 da ANEEL estabelece condições gerais para o acesso de minigeração e microgeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e fornece outras providências. Na resolução, a ANEEL autoriza a

compensação de energia nos sistemas fotovoltaicos (ANEEL, 2012). A Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015 atualizou e aperfeiçoou alguns itens da Resolução Normativa nº 482 (ANEEL, 2015).

#### 2.4.3.1 Panorama atual e perspectivas futuras

Segundo o REN21 (2018), a capacidade mundial de FV instalados até o final de 2017 é 402 GW, um acréscimo de 98 GW (praticamente 1/3) em comparação ao ano de 2016. A expansão do mercado é devida principalmente: aos novos programas governamentais; ao aumento da demanda por eletricidade e a compensação do potencial solar dos FV em países que necessitam diminuir a poluição e emissão de CO<sub>2</sub>. No Gráfico 2 é apresentada a evolução de carga instalada no mundo no período de 2007 a 2017.

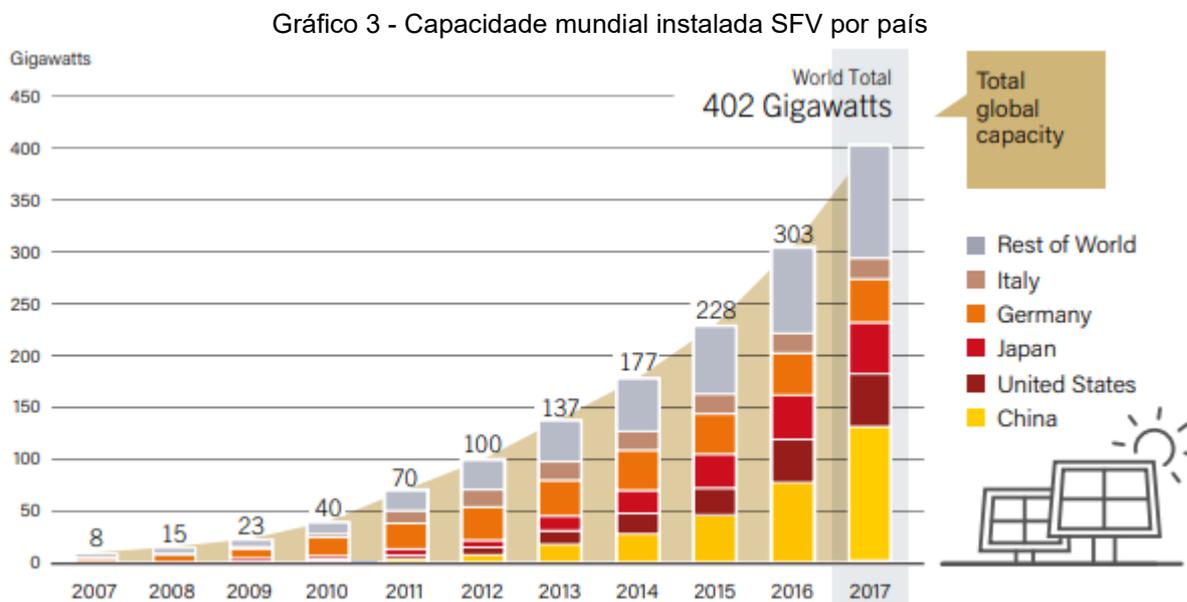
Gráfico 2 - Capacidade mundial instalada SFV



Fonte: REN21 (2018).

Embora a China, Estados Unidos, Índia, Japão e Turquia sejam responsáveis pela maior parte da capacidade adicionada, cerca de 84%, a globalização contribuiu para novos mercados em todos os continentes. Alemanha, Austrália, Coreia do Sul, Reino Unido e Brasil, completam a lista dos 10 países que mais instalaram a tecnologia no ano de 2017. A demanda era concentrada em países ricos, mas, atualmente os países emergentes colaboraram significativamente para o crescimento global de FV. No Gráfico 3 é apresentada a carga de FV instalada setorizada pelos 5

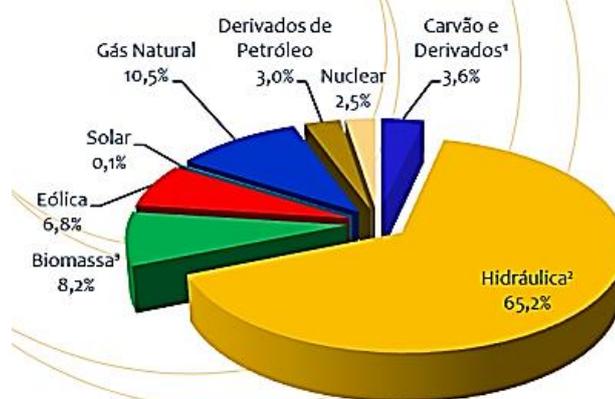
principais países adeptos dessa tecnologia e o resto do mundo, no período de 2007 a 2017 (REN21, 2018).



Em 2015 a China ultrapassou a líder de longa data Alemanha tornando-se a líder mundial em capacidade instalada de energia solar fotovoltaica, com aproximadamente 44 GW instalados e 19% do total mundial. Em 2016, adicionou 34,5 GW, totalizando 77,4 GW de capacidade instalada. No ano de 2017 superou todas as expectativas com adição de 53,1 GW e pela primeira vez a energia FV representou o primeiro lugar em novas instalações de fonte energética no país. Até o final de 2017, a capacidade instalada na China era de 131,1 GW, muito mais que a meta para o ano de 2020, que era 105 GW. O fato se deve ao governo central da China continuar elevando o alvo de instalações para aumentar a geração de energia renovável no país, abordando os problemas de poluição que enfrentam e apoiando a produção da indústria doméstica (REN21, 2018).

No Gráfico 4 está indicada a distribuição de energia elétrica gerada por fonte no ano de 2017 no Brasil. Com 65,2% do total e 407,3 TWh gerados, a energia hidráulica permanece disparada na primeira colocação (EPE, 2018). A dependência do sistema elétrico brasileiro pela chuva, devido ao setor hidrelétrico, pode ser aliviada pela inserção em grande escala da geração solar, que apesar de depender do sol, pode contribuir significativamente para diminuir essa dependência (SALAMONI e RÜTHER, 2003).

Gráfico 4 - Matriz elétrica brasileira 2017  
**BRASIL (2017)**



Fonte: EPE (2018).

A EPE (2018) divulgou através do BEN 2018 que a capacidade instalada de FV no Brasil até o final do ano de 2017 foi 935 MW, representando o maior percentual de acréscimo de capacidade instalada dentre as fontes, sendo igual a 3.836%, conforme indicado na Tabela 4 (EPE, 2018).

Tabela 4 - Capacidade instalada em MW

Fonte	2016	2017	$\Delta$ 17/16
Hidrelétrica	96.925	100.275	3,5%
Térmica <sup>2</sup>	41.275	41.628	0,9%
Nuclear	1.990	1.990	0,0%
Eólica	10.124	12.283	21,3%
Solar	24	935	3836%
Capacidade disponível	150.338	157.112	4,5%

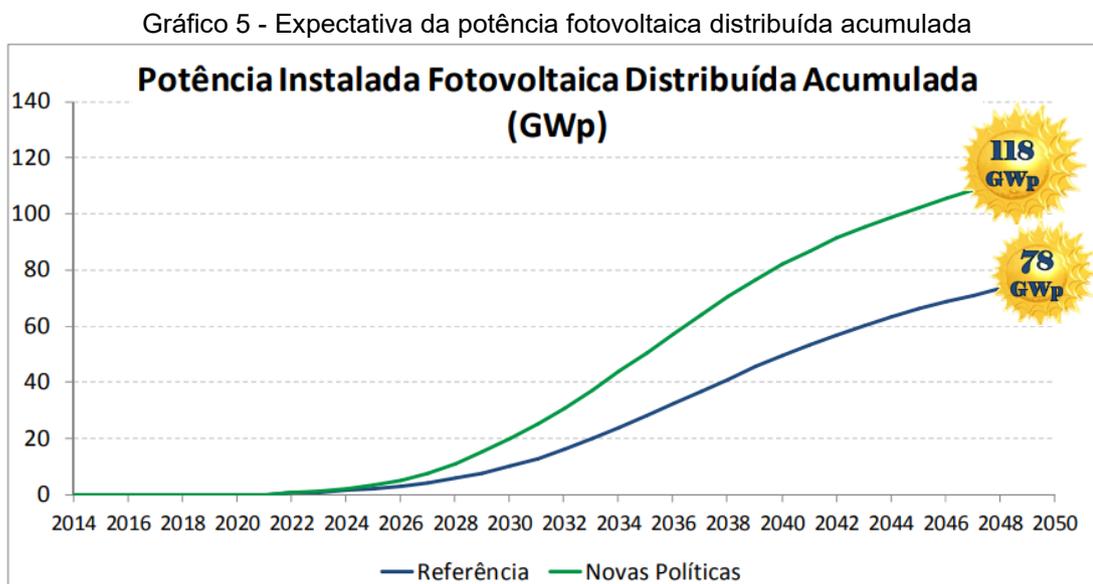
<sup>1</sup> Não inclui micro e minigeração distribuídas

<sup>2</sup> Inclui biomassa, gás, petróleo e carvão mineral

Fonte: EPE (2018).

Até o final do século passado, a predominância da capacidade fotovoltaica mundial instalada era proveniente dos sistemas isolados e no Brasil também. As aplicações no país visavam atender sistemas remotos viabilizados através de programas federais como o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) e posteriormente o LUZ PARA TODOS. Porém, ao longo da última década, a redução de custos e programas de incentivo, possibilitou a inserção em sistemas conectados à rede, de forma que em 2012 em torno de 99% da potência

acumulada total correspondia a este tipo de aplicação (IEA, 2013). A expectativa é que a geração FV no Brasil continue crescendo, conforme indica a projeção da EPE (2016) para a capacidade distribuída instalada no Brasil até o ano de 2050, Gráfico 5.



Fonte: EPE (2016).

O projetado é que em 2050 o Brasil tenha 78 GWp de potência instalada de FV distribuída no cenário de Referência (EPE, 2016). Apesar de ser bem inferior às capacidades de alguns países como China, EUA, Japão, Austrália e outros países europeus, devido ao fato de alguns desses países possuírem a matriz energética predominantemente fóssil, além da necessidade de reduzir as emissões e diversificarem sua matriz, (EPE, 2014), países que adotam a política *feed-in* aumentam a atratividade para os investidores contribuindo substancialmente na expansão do mercado (EPE, 2012). A projeção de Referência levou em consideração a manutenção da política de compensação de energia, a redução de custo nos sistemas, um limitador referente às restrições técnicas de cada tipo de instalação, um fator de adoção ao sistema entre a população, entre outros (EPE, 2016).

Considerando um cenário mais favorável ao consumidor, a projeção denominada Novas Políticas considera a disseminação da tecnologia em maior escala levando em consideração diversos fatores, a projeção é que em 2050 a tecnologia FV distribuída acumule 118 GWp em instalações (EPE, 2016).

O Convênio ICMS 6 estabelece a incidência do ICMS sobre o consumo bruto de eletricidade proveniente da distribuidora, antes de qualquer compensação da

geração própria. Isto é, o montante de energia elétrica gerada que não é consumido instantaneamente é exportado à rede de distribuição e, ao ser compensado em outra oportunidade, será tributado. Essa tributação muda a realidade do sistema de compensação de energia e, conseqüentemente, a competitividade e perspectiva de penetração da micro e minigeração distribuída (EPE, 2014).

Em contrapartida, o Convênio ICMS 16 de 22 de abril de 2015 autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da ANEEL. Os Estados foram aderindo gradativamente e atualmente todos os Estados e o Distrito Federal aderiram ao Convênio e estão autorizados a conceder isenção do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originada na própria unidade consumidora, para micro e minigeração de energia (CONFAZ, 2018).

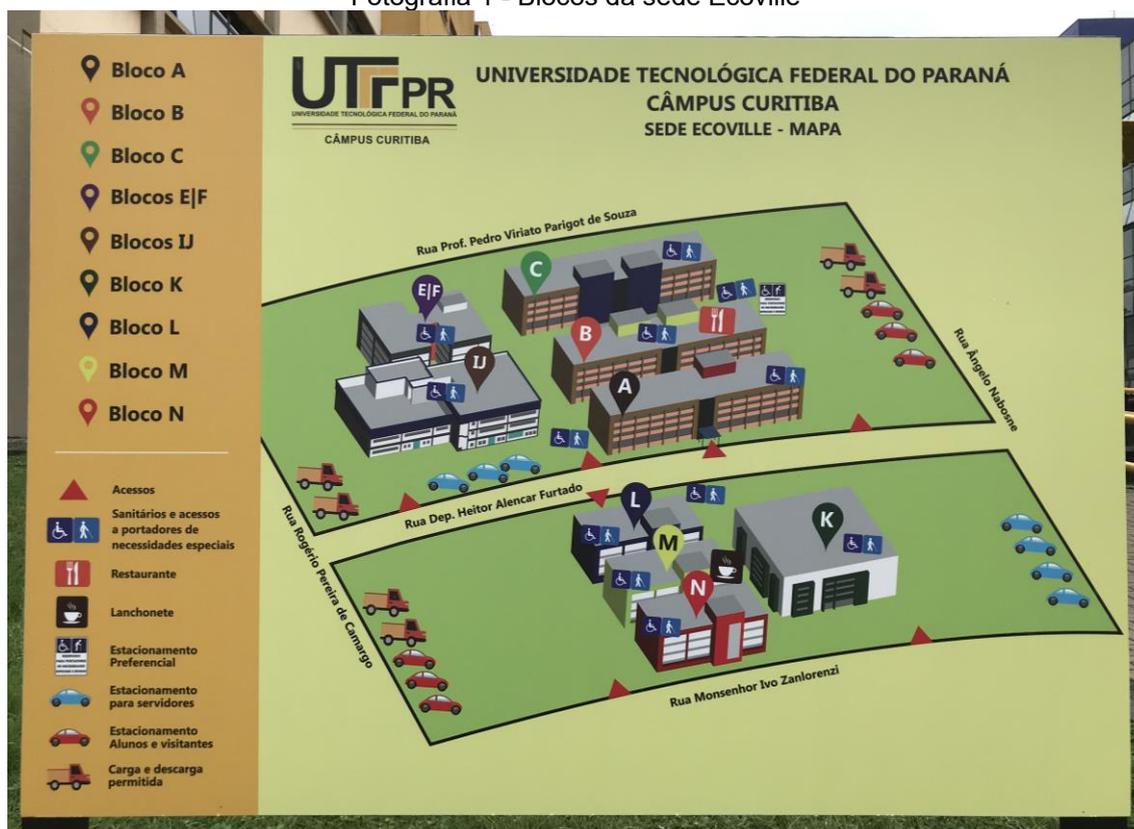
### 3 METODOLOGIA

O estudo é classificado como aplicado, prático e de campo (YYN, 2015). Foi dividido em três estudos de caso: estudo de caso referente ao sistema de iluminação, estudo de caso referente ao sistema de climatização e estudo de caso referente ao sistema de geração fotovoltaica.

A metodologia proposta para o trabalho abordou, primeiramente, uma pesquisa bibliográfica dos conceitos básicos a serem utilizados sobre construções sustentáveis, sistemas de iluminação artificial, sistemas de climatização artificial e energia solar fotovoltaica.

Para os estudos de caso referente aos sistemas de iluminação e climatização artificial foram realizados levantamentos visuais e fotográficos *in loco* dos blocos A, B, C, EF e IJ da sede Ecoville, e posteriormente comparado com os projetos fornecidos pelo Departamento de Projetos e Obras (DEPRO) da UTFPR. Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, foram obtidos os dados como área disponível e as dimensões necessárias, mediante os projetos de planta de cobertura, também fornecido pela DEPRO. Na Fotografia 1 está ilustrada toda a sede Ecoville, e a localização dos blocos A, B, C, EF e IJ que foram escolhidos para o estudo.

Fotografia 1 - Blocos da sede Ecoville



Fonte: A autora (2019).

Ainda no dimensionamento do sistema fotovoltaico, os valores típicos de irradiação solar foram retirados do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná. O programa Radiasol foi utilizado para calcular a irradiação solar incidente no plano dos painéis FV, considerando seu ângulo de inclinação e desvio azimutal.

O presente estudo demonstrará o quanto é possível reduzir o consumo de energia do sistema de iluminação e climatização utilizando equipamentos mais eficientes e, ainda, o quanto de energia um sistema fotovoltaico aplicado à edificação é capaz de gerar.

Obteve-se acesso à conta de energia do endereço Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, nº 4900, unidade de consumo onde se situam os blocos A, B, C, EF e IJ da sede Ecoville campus Curitiba da UTFPR e na Tabela 5 estão discriminados os valores de consumo de energia no horário de ponta e fora do horário de ponta, no período de 01/2018 a 12/2018. O horário de ponta é de segunda a sexta-feira das 18 horas as 21 horas e no horário de verão é das 19 horas as 22 horas.

Tabela 5 - Consumo de energia período de 01/2018 a 12/2018

Mês/ano	Consumo no horário de ponta (kWh)	Consumo fora do horário de ponta (kWh)
01/2018	10.609	39.996
02/2018	11.610	46.258
03/2018	7.040	52.310
04/2018	9.374	64.633
05/2018	9.351	61.615
06/2018	9.742	62.057
07/2018	8.627	57.972
08/2018	7.345	54.102
09/2018	9.580	61.148
10/2018	8.625	56.655
11/2018	9.124	61.798
12/2018	7.633	59.851
<b>SOMA</b>	<b>108.660</b>	<b>678.395</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>9.055</b>	<b>56.533</b>

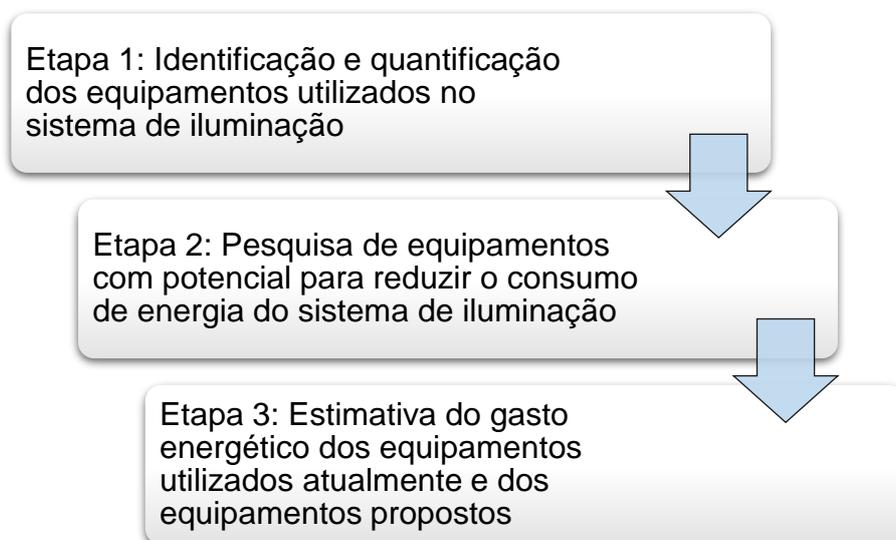
Fonte: Adaptado de COPEL (2019).

Com esses valores de consumo, os equipamentos utilizados nos sistemas do estudo e a expectativa de geração de energia dos sistemas FV, foi possível estimar através de um cenário de consumo e dos dados de consumo obtidos na conta de energia o quanto é possível reduzir no consumo de energia da Universidade e, ainda, o quanto a geração fotovoltaica pode suprir deste consumo.

### 3.1 ESTUDO DE CASO REFERENTE AO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

As etapas realizadas para encontrar formas para reduzir o consumo de energia no sistema de iluminação dos blocos estudados estão descritas na Figura 15.

Figura 15 - Etapas realizadas no estudo de caso do sistema de iluminação



Fonte: A autora (2019).

Através da leitura e interpretação dos projetos fornecidos pelo DEPRO e um levantamento visual e fotográfico *in loco*, foi possível a identificação dos equipamentos de iluminação utilizados atualmente. Os blocos seguem um padrão de iluminação e todos os equipamentos utilizados no sistema de iluminação estão descritos a seguir.

A luminária mais utilizada está presente nas salas de aula, laboratórios, salas de professores e áreas de circulação de todos os blocos analisados, seu modelo é de sobrepor ou embutir e seu conjunto contém 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W com refletor e aletas refletivas fabricados em alumínio, ilustrada na Fotografia 2 e Fotografia 3.

Fotografia 2 - Luminária de sobrepor



Fonte: A autora (2019).

Fotografia 3 - Luminária de embutir



Fonte: A autora (2019).

Essas luminárias possuem as seguintes dimensões: 131,7x30,7x7,5cm, o material utilizado no corpo é chapa de aço pintada na cor branca e seu refletor é facetado em alumínio de alto brilho, suas informações técnicas estão descritas na Figura 16.

Figura 16 - Informações técnicas luminária de sobrepor

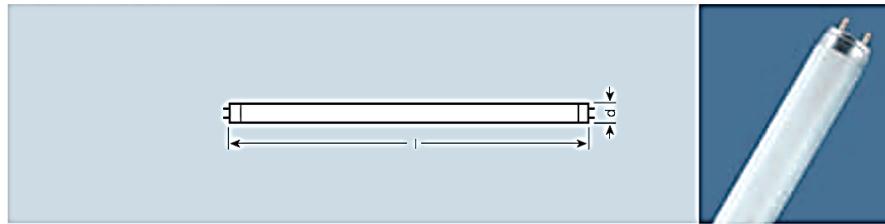
Fluxo	4.700 lm			
Iluminância	300 lx		500 lx	
Pé direito	2,5 m	3,0 m	2,5 m	3,0 m
Área	Número de luminárias			
10 m <sup>2</sup>	1,5	1,7	2,4	2,8
20 m <sup>2</sup>	2,5	2,8	4,2	4,7
30 m <sup>2</sup>	3,6	3,9	6,0	6,5
40 m <sup>2</sup>	4,6	4,9	7,6	8,2
50 m <sup>2</sup>	5,6	6,0	9,3	9,9

Fonte: Lumicenter (2017).

As lâmpadas utilizadas nessas luminárias são fluorescentes tubulares e possuem potência nominal de 32W, conhecidas como T8. O fluxo luminoso dessas lâmpadas variam entre 2.350 e 2.700 lm, conforme a temperatura e o índice de reprodução de cor (OSRAM, 2015). Suas informações técnicas estão descritas na Tabela 6.

Tabela 6 - Informações técnicas lâmpada fluorescente tubular T8

**Fluorescente Tubular**  
**T8 F016W / F032W**



	<b>W</b> Potência	<b>lm</b> Fluxo Luminoso	 Temp. de Cor	<b>IRC</b> Índice de reprod.	 Diâmetro	 Comprimento	 Base
<b>FLUORESCENTE TUBULAR T8 15W/30W</b>							
F016W/640	16	1050	4000	60-69	26	590	G13
F016W/830	16	1200	3000	80-89	26	590	G13
F016W/840	16	1200	4000	80-89	26	590	G13
F016W/850	16	1150	5000	80-89	26	590	G13
F032W/640	32	2350	4000	60-69	26	1200	G13
F032W/830	32	2700	3000	80-89	26	1200	G13
F032W/840	32	2700	4000	80-89	26	1200	G13
F032W/850	32	2600	5000	80-89	26	1200	G13

Fonte: Adaptado de OSRAM (2015).

É necessária a utilização de um reator para o funcionamento das lâmpadas. O reator utilizado é eletrônico e compatível com as 2 lâmpadas de 32W, pois possui a mesma potência da lâmpada, a fim de tornar o sistema compatível. Na Figura 17 está ilustrado esse equipamento.

Figura 17 - Reator eletrônico 2x32W



Fonte: OSRAM (2015).

As características técnicas do reator eletrônico estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 - Informações técnicas reator eletrônico 2x32W

Referência:	RTA 2x32W Bivolt	
Lâmpada:	32W T8	32W T8
Potência da Lâmpada [W]:	2x32	2x32
Potência do Sistema [W]:	69	65
Corrente de entrada [A]:	0,543	0,31
Tipo de partida:	Partida Instantânea	
Tensão de entrada:	127 V ± 10 %	220 V ± 10 %
Frequência de entrada:	50 / 60 Hz	
Frequência de saída:	48 kHz	50 kHz
Corrente da lâmpada [A]:	0,23	0,22
Corrente do filamento [A]:	0,251	0,269
Fator de potência:	0,98c	0,96c
Fator de fluxo:	0,90	
T.D.H.:	10 %	20 %
Faixa de temperatura ambiente:	+ 10° a 50° C	
Temperatura máxima da caixa:	+ 75° C	
Comprimento dos cabos na entrada:	160 mm	
Comprimento dos cabos na saída:	600 mm	
Dimensões (C x L x H):	156,5 x 43,5 x 39,5 mm	
Peso:	193,7 g	
Distância entre os furos de fixação:	150,5 mm	

Fonte: OSRAM (2015).

Portanto, o conjunto que compõe essas luminárias consome, conforme especificação dos fabricantes, 69 W e o fluxo luminoso corresponde a 4700 lúmens.

Outra luminária presente nas salas de aula, laboratórios, salas de professores e áreas de circulação, nos blocos A, B e C, apresenta pequena variação em relação à luminária descrita anteriormente, pois basicamente ela não possui as aletas refletivas e é indicada para ambientes que não necessitam de controle de ofuscamento como: auditórios, consultórios, lojas e restaurantes, que não é o caso onde está sendo aplicada (LUMICENTER, 2019). Essa luminária apresenta as mesmas características técnicas e utiliza as mesmas lâmpadas e reator das luminárias de sobrepor ou embutir com aletas refletivas. Na Fotografia 4 está ilustrada essa luminária.

Fotografia 4 - Luminária de sobrepor sem aletas



Fonte: A autora (2019).

Outra luminária que apresenta as mesmas características técnicas e utiliza as

mesmas lâmpadas e reator que as descritas anteriormente, foi encontrada em algumas áreas de circulação dos blocos A, B e C. Ela se diferencia por não possuir corpo como as outras; é um modelo mais simples, que possui somente o refletor facetado em alumínio de alto brilho, ilustrada na Fotografia 5.

Fotografia 5 - Luminária sem aletas e sem corpo



Fonte: A autora (2019).

A luminária utilizada em todos os banheiros é circular e possui 2 lâmpadas fluorescentes compactas, ilustrada na Fotografia 6.

Fotografia 6 - Luminária circular de embutir



Fonte: A autora (2019).

São utilizadas 2 lâmpadas fluorescentes compactas de 2 pinos nessa luminária e cada uma possui potência de 26W e fluxo luminoso igual a 1.800 lm. O reator está acoplado nas lâmpadas, portanto o conjunto dessa luminária possui 52W, eficiência luminosa de 68 lm/W e vida útil especificada em 6.500 horas (SANTIL,

2019). A lâmpada utilizada está ilustrada na Figura 18.

Figura 18 - Lâmpada fluorescente compacta 26W



Fonte: SANTIL (2019).

Nos miniauditórios presentes no bloco B, foram encontradas luminárias quadradas de embutir com 2 lâmpadas fluorescentes 2 pinos de 26W, iguais as ilustradas na Fotografia 7. Essas luminárias possuem 23x23cm e potência de 52W.

Fotografia 7 - Luminária quadrada de embutir



Fonte: A autora (2019).

Os refletores de sobrepor orientáveis estão presentes nos maiores laboratórios multidisciplinares no bloco IJ, dispostos na altura indicada de 4 metros. A Fotografia 8 ilustra esse equipamento.

Fotografia 8 - Refletor de sobrepor



Fonte: A autora (2019).

O refletor é composto com uma lâmpada de vapor metálico com potência de 250W, ilustrada na Figura 19, e por um reator. As informações técnicas da lâmpada estão descritas na Tabela 8.

Figura 19 - Lâmpada vapor metálico 250W



Fonte: ALUMBRA (2015).

Tabela 8 - Informações técnicas lâmpada de vapor metálico

Ref.	Bulbo	Potência (W)	Base	Temp. de cor (k)	Fluxo Luminoso	Emb.
5924	Ovóide	250	E-40	4.000	18.000	12
5925	Ovóide	400	E-40	4.000	30.000	12
5926	Bipolar	70	Rs7	4.000	5.200	10
5927	Bipolar	70	Rs7	3.000	5.200	10
5928	Bipolar	150	Rs7	4.000	11.250	10
5929	Bipolar	150	Rs7	3.000	5.200	10
5930	Tubular	250	E-40	4.000	20.000	25
5931	Tubular	400	E-40	4.000	34.000	25

Fonte: ALUMBRA (2015).

A lâmpada de vapor metálico possui fluxo luminoso de 18.000 lm e necessitam de um reator para funcionarem. As características e dimensões do reator utilizado no refletor estão descritas na Figura 20. O conjunto lâmpada e reator possuem potência de 264 W.

Figura 20 - Ficha técnica e características reator lâmpada vapor metálico

<b>intraL</b> REATORES E LUMINÁRIAS		REATOR PARA UMA LÂMPADA VAPOR METÁLICO ALTA PRESSÃO – USO INTERNO	Código comercial: 01326 Referência :MAL-250/62 AFP Potência: 250 watts Tensão: 220 Volts Frequência: 60 Hz
Dimensões e Características			
		<p>Rede:</p> <p>Tensão de entrada .....220V  Corrente de Rede ..... 1,30A  Potência de entrada ..... 264W  Fator de potência ..... ≥0,92</p> <p>Lâmpada:</p> <p>Corrente nominal de lâmpada ..... 2,15A  Corrente de curto-circuito (máxima) ..... 4,50A  Potência de lâmpada ..... 250W  Perda Máxima ..... 23W</p> <p>Temperatura:</p> <p>Elevação de temperatura ..... 65°C  Temperatura máxima no fio ..... 130°C</p> <p>TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE</p> <p>Todos os invólucros passam por um processo de fosfatização.</p>	

Fonte: INTRAL (2007).

Após a identificação e conferência de todos os equipamentos utilizados no sistema de iluminação dos blocos analisados, foi elaborada uma tabela resumindo esses equipamentos. Na Tabela 9 estão apresentados todos os equipamentos de forma resumida e na coluna “Tipo de luminária”, os equipamentos foram identificados como: I, II, III, IV e V.

Tabela 9 - Equipamentos de iluminação existentes nos blocos analisados

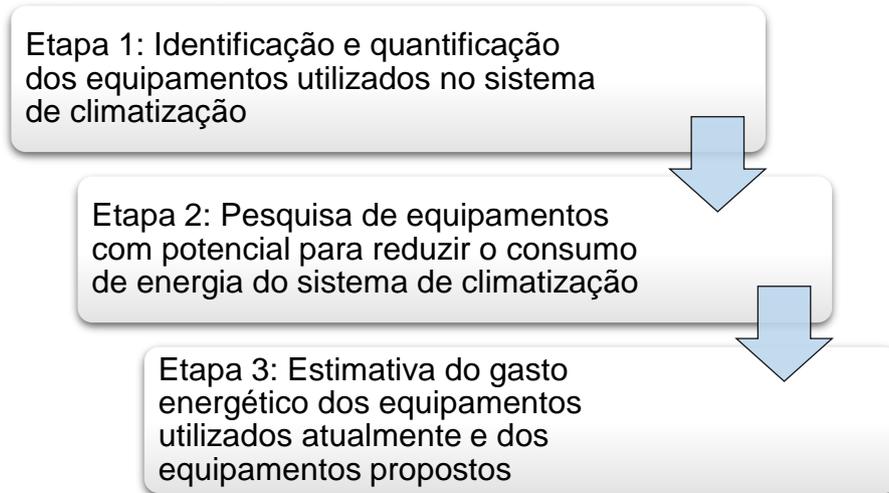
Tipo de luminária	Imagem	Descrição	Lâmpada	Potência total	Vida útil	Locais
I		Luminária de sobrepor ou embutir para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W com refletor e aletas reflexivas.	Fluorescente tubular 32W 	69W	16.000 horas	Salas de aula, salas de professores, salas em geral, laboratórios, áreas de circulação, biblioteca e restaurante. Blocos A,
II		Luminária de sobrepor ou embutir para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W com refletor.	Fluorescente tubular 32W 	69W	16.000 horas	Salas de aula, salas de professores, salas em geral, laboratórios e áreas de circulação. Blocos A e B.
III		Luminária circular de embutir com 2 lâmpadas fluorescentes compactas.	Fluorescente compacta 26W 	52W	6.500 horas	Banheiros de todos os blocos.
IV		Luminária quadrada de embutir com 2 lâmpadas fluorescentes compactas.	Fluorescente compacta 26W 	52W	6.500 horas	Miniauditórios do bloco B.
V		Refletor orientável com lâmpada de vapor metálico e reator.	Vapor metálico 	264W	20.000 horas	Grandes laboratórios do bloco IJ.

Fonte: A autora (2019).

### 3.2 ESTUDO DE CASO REFERENTE AO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Para o sistema de climatização dos blocos, foram realizadas as etapas descritas na Figura 21 para atender os objetivos do estudo.

Figura 21 - Etapas realizadas no estudo de caso do sistema de climatização



Fonte: A autora (2019).

Com o levantamento visual realizado, foi observado que os blocos possuem poucos equipamentos de climatização e foram encontrados somente dois modelos de ar condicionado nas edificações, denominados Modelo 1 e Modelo 2.

O Modelo 1 é *split*, frio e com fluxo de 12.000 BTUs/h. Seu consumo de energia normalizado pelo INMETRO é de 26,2 kWh/mês, considerando 1 hora de uso por dia ao longo do mês. Sua potência é de 1.246 W e classificação conforme eficiência energética do selo PROCEL é “C” (INMETRO, 2014). O fabricante é a Komeco, modelo KOS 12FC2LX. Na Fotografia 9 está ilustrado esse equipamento.

Fotografia 9 - Ar condicionado 12.000 BTUs/h



Fonte: A autora (2019).

O Modelo 2 também é *split*, porém funciona entre temperaturas quente e frio e fluxo de 48.000 BTUs/h. O equipamento também é da marca Komeco, modelo KOP 48 QC e possui potência de 4.987 W. Na Fotografia 10 está ilustrado esse equipamento e na Tabela 10 suas especificações.

Fotografia 10 - Ar condicionado 48.000 BTUs/h



Fonte: A autora (2019).

Tabela 10 - Informações ar condicionado 48.000 BTUs/h

MODELO			KOP 48 FC G2 UE220	KOP 48 QC G2 UE220
DADOS TÉCNICOS			PISO TETO	PISO TETO
VERSÃO			FRIO	FRIO / QUENTE
CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO	BTU/h		48.000	48.000
	W		14064	14064
TENSÃO / FASE	V	Unid. Int.	220 - 60 - 1F	220 - 60 - 1F
		Unid. Ext.	220 - 60 - 3F	220 - 60 - 3F
CORRENTE	A		11,33	11,33
POTÊNCIA	W		4.987	4.987
VAZÃO DE AR	m³/h	Unid. Int.	2450 / 2220 / 1968	2450 / 2220 / 1968
		Unid. Ext.	7.400	7.400
EER	W/W		2,82	2,82
NÍVEL DE RUÍDO	dB (A)	Unid. Int.	54/ 50 / 47	54 / 50 / 47
		Unid. Ext.	62	62
COMPRESSOR	TIPO		SCROLL	SCROLL
ÁREA DE APLICAÇÃO*	m³		68 - 96	68 - 96
DIMENSÕES	(L x A x P) mm	Unid. Int.	1670 X 240 X 680	1670 X 240 X 680
		Unid. Ext.	710 X 759 X 710	710 X 759 X 710
MASSA	kg	Unid. Int.	47	50
		Unid. Ext.	76	80
PESO*	N	Unid. Int.	460,91	490,33
		Unid. Ext.	745,31	784,53
COMPRIMENTO MÁXIMO	m		30	30
DESNÍVEL MÁXIMO	m		20	20
DIÂMETRO LINHA	pol (mm)	Líquido	3/8 (9.5)	3/8 (9.5)
		Sucção	3/4 (19)	3/4 (19)

Fonte: KOMEKO (2019).

Seu consumo especificado é de 104,7 kWh/mês e sua classificação de eficiência energética também é “C”, conforme ilustrado na Fotografia 11.

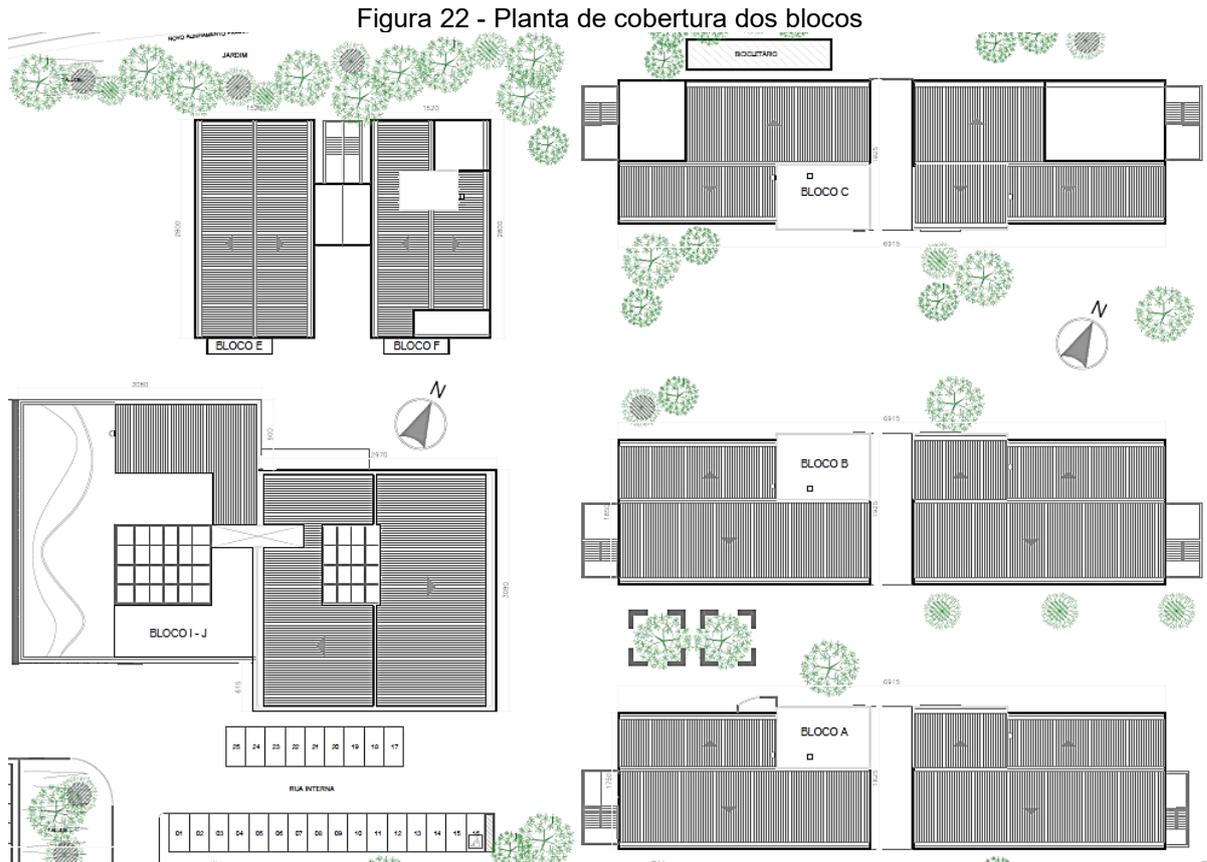
Fotografia 11 - Selo PROCEL ar condicionado 48.000 BTUs/h



Fonte: A autora (2019).

### 3.3 ESTUDO DE CASO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

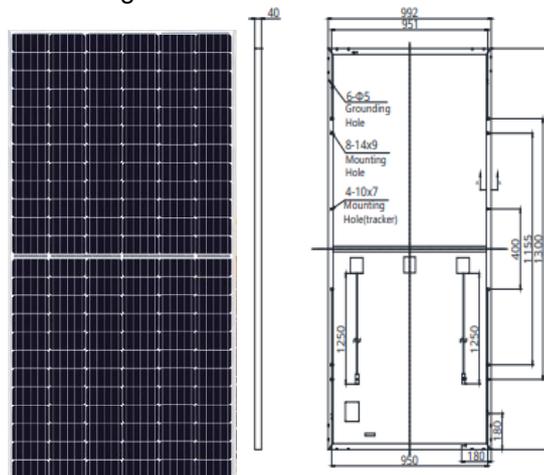
O ponto de partida para o estudo de dimensionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica foi identificar a cobertura dos blocos, a área disponível, as características construtivas e as condições para instalação dos módulos. Na Figura 22 está ilustrada a planta de cobertura de todos os blocos e também a orientação do norte geográfico.



Fonte: A autora (2019).

Para o dimensionamento, foi adotado o módulo de silício monocristalino PERC (Passivated Emitter Rear Cell) modelo CS3U-365MS da Canadian Solar, que possui 365W de potência nominal. O módulo escolhido é de alta performance e está sendo utilizado em outros projetos da UTFPR. Suas dimensões são: 2000x992x40mm e está ilustrado na Figura 23.

Figura 23 - Módulo CS3U-360P



Fonte: CANADIAN SOLAR (2017).

O Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná (2017), possui uma ferramenta interativa disponível *online* onde é possível obter os valores da irradiação global horizontal, no plano inclinado da latitude, direta normal e difusa do local que se deseja.

Com os valores de irradiação global horizontal obtidos na ferramenta interativa do Atlas Solar do Paraná, foi possível simular os valores de irradiação no plano dos painéis fotovoltaicos através do *software* Radiasol. O *software* é alimentado com o valor da irradiação global no plano horizontal (obtido no Atlas), o ângulo de inclinação dos módulos e o ângulo do desvio azimutal em relação ao Norte geográfico. Com o valor da irradiação no plano do painel FV é possível estimar a produção de energia elétrica do sistema.

Os cálculos para estimar a geração de energia elétrica (E) foram obtidos com a utilização da Equação (1):

$$E = \frac{P_{fv} \times H_{tot} \times PR}{G} \quad (1)$$

Onde:

$P_{FV}$	Potência do painel FV (kW)
$H_{TOT}$	Irradiação solar incidente no plano dos módulos FV (kWh/m <sup>2</sup> .dia)
PR	<i>Performance Ratio</i> (Adotado: 0,75)
G	1 kW/m <sup>2</sup>

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica foram dimensionados para serem aplicados na cobertura de cada bloco e foram denominados conforme a nomenclatura dos blocos, sendo: Sistema A, Sistema B, Sistema C, Sistema EF e Sistema IJ. Foi possível estimar a geração de energia dos SFVCR e quantificar a contribuição dos sistemas FV no consumo de energia da sede da Universidade.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos nos estudos de caso. A redução no consumo de energia elétrica através da proposta de substituição dos equipamentos nos sistemas de iluminação e climatização estão discriminadas nos itens 4.1 e 4.2, respectivamente. Para o estudo de geração fotovoltaica, foi estimada a geração de energia elétrica na sede da Universidade conforme o item 4.3.

### 4.1 ESTUDO DE CASO REFERENTE AO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para o estudo de caso referente ao sistema de iluminação e a partir das luminárias e equipamentos auxiliares especificados no item 3.1, foi possível elaborar tabelas que identificam qual luminária e a quantidade existente atualmente em cada local. Essas tabelas estão divididas por “porta” ou sala, bloco e pavimento. A existência de sensor de presença também foi observada. No Apêndice A encontram-se todas as tabelas que indicam quais equipamentos e a quantidade existentes em cada sala de cada andar dos blocos A, B, C, EF e IJ.

Através da quantificação dos equipamentos de iluminação utilizados nos blocos analisados, foi possível obter o número total de cada luminária e a carga instalada. Na Tabela 11 estão descritas a quantidade e potência de equipamentos de iluminação I, II, III, IV e V presentes nos blocos A, B, C, EF e IJ.

Tabela 11 – Quantidade de luminárias por bloco

Bloco	Tipo de luminária				
	I	II	III	IV	V
Bloco A	35	705	128	0	0
Bloco B	414	191	84	74	0
Bloco C	865	0	109	0	0
Bloco EF	531	0	39	0	0
Bloco IJ	648	0	24	0	38
<b>Quantidade total</b>	<b>2.493</b>	<b>896</b>	<b>384</b>	<b>74</b>	<b>38</b>
Potência dos equipamentos (W)	69	69	52	52	264
<b>Potência total instalada (W)</b>	<b>172.017</b>	<b>61.824</b>	<b>19.968</b>	<b>3.848</b>	<b>10.032</b>

Fonte: A autora (2019).

Com a identificação das principais características do sistema de iluminação artificial, iniciou-se a pesquisa para encontrar soluções que possam reduzir o consumo de energia no sistema.

Para as lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 32W, encontrou-se disponível no mercado lâmpadas LED T8 que substituem as fluorescentes T8. Essas lâmpadas se encaixam perfeitamente nas luminárias e ainda, não necessitam de reator para o acionamento. Na Figura 24 está ilustrada a lâmpada LED, com potência de 18W, mais eficiente que as lâmpadas fluorescentes utilizadas atualmente que possuem potência de 32W.

Figura 24 - Lâmpada tubular de LED



Fonte: PHILIPS (2019).

As luminárias que utilizam as lâmpadas fluorescentes tubulares possuem potência de 69W, já contabilizando o reator, e com a substituição das lâmpadas por LED, o sistema teria uma potência de 36W, uma redução de 48% no consumo de energia, além de ganho em durabilidade pois as lâmpadas LED possuem durabilidade especificada em 30.000 horas e as fluorescentes 16.000 horas. O fluxo luminoso passaria de 2.350 para 1.850 lm. Na Figura 25 estão descritas as características técnicas da lâmpada tubular de LED modelo CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G.

Figura 25 - Características técnicas lâmpada tubular LED

General Information	
Cap-Base	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]
RoHS mark	RoHS mark
Main Application	Industrial
Nominal Lifetime (Nom)	30000 h
Switching Cycle	50000X
B50L70	30000 h
Light Technical	
Color Code	840 [ TCC de 4000K (841)]
Luminous Flux (Rated) (Nom)	1850 lm
Correlated Color Temperature (Nom)	4000 K
Color Consistency	<6
Índice de restituição cromática (Nom.)	82
Llmf At End Of Nominal Lifetime (Nom)	70 %
Operating and Electrical	
Input Frequency	50-60 Hz
Power (Rated) (Nom)	18 W
Starting Time (Nom)	0,5 s
Warm Up Time To 60% Light (Nom)	instant full light
Power Factor (Nom)	0.92
Voltage (Nom)	100-240 V

Fonte: PHILIPS (2019).

Para a substituição das lâmpadas fluorescentes de 2 pinos, que possuem potência de 26W, encontrou-se um modelo na tecnologia LED. A lâmpada escolhida possui potência especificada em 13,5W, representando uma economia de 48%. Será necessário adaptar as luminárias com o bocal para a instalação dessas lâmpadas, pois são de rosca. Na Figura 26 está ilustrada a lâmpada de LED escolhida.

Figura 26 - Lâmpada LED compacta



Fonte: PHILIPS (2019).

As luminárias que utilizam a lâmpada fluorescente de 2 pinos possuem 2 lâmpadas e com a proposta de substituição para a lâmpada LED o sistema passaria de 52W para 27W. O fluxo luminoso de cada lâmpada passaria de 1.800 lm para 1.521 lm. Na Figura 27 estão descritas as características técnicas da lâmpada compacta de LED.

Figura 27 - Características técnicas lâmpada compacta de LED

#### General Information

Cap-Base	E27 [ E27]	Switching Cycle	50000X
Nominal Lifetime (Nom)	25000 h	Technical Type	13.5-100W

#### Light Technical

Color Code	830 [ TCC de 3000K]	Luminous Efficacy (rated) (Nom)	112,00 lm/W
Beam Angle (Nom)	150 °	Color Consistency	<6
Luminous Flux (Nom)	1521 lm	Índice de restituição cromática (Nom.)	80
Luminous Flux (Rated) (Nom)	1521 lm	Llmf At End Of Nominal Lifetime (Nom)	70 %
Color Designation	Branco (WH)		
Correlated Color Temperature (Nom)	3000 K		

#### Operating and Electrical

Input Frequency	50-60 Hz	Warm Up Time To 60% Light (Nom)	0.5 s
Power (Rated) (Nom)	13.5 W	Power Factor (Nom)	0.7
Lamp Current (Max)	110 mA		110 mA
Lamp Current (Min)	65 mA		65 mA
Wattage Equivalent	100 W	Voltage (Nom)	100-240 V
Starting Time (Nom)	0,5 s		

Fonte: PHILIPS (2019).

Outra pesquisa foi realizada com o objetivo de encontrar um equipamento que reduza o consumo de energia dos refletores utilizados, e novamente a tecnologia LED é mais adequada para a situação. O refletor de LED escolhido possui potência de 200W e fluxo luminoso de 20.000 lm, superior ao fornecido pelo sistema atual com lâmpada de vapor metálico, que é 18.000 lm (ILUMINIM, 2019). Na Figura 28 está ilustrado o refletor de LED de 200W.

Figura 28 - Refletor de LED 200W



Fonte: ILUMINIM (2019).

Com a substituição do refletor com lâmpada de vapor metálico pelo refletor de LED, o sistema passaria de 264W para 200W, representando uma redução de 24% no consumo de energia. Além disso, a durabilidade da lâmpada de vapor metálico varia de 5.000 a 20.000 horas, já para o refletor a estimativa é 30.000 horas (ILUMINIM, 2019). Na Figura 29 estão descritas as características técnicas do refletor.

Figura 29 - Características técnicas refletor de LED

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Potência	200w
Tipo	Super LED
Modelo	2019
Cor da Luz	Branco Frio
Luminosidade	20.000 lúmens
Ângulo de Luz	120 graus
Índice Reprodução Cor	> 70
Vida Útil	 30.000 horas
Voltagem	 Bivolt Automático (110v - 220v)
Material	Alumínio - Cor Cinza
Proteção	IP66 - Máximo Nível de Proteção
Certificação	CEE, RohS
Dimensões	 41cm x 33cm x 20,8cm
Peso	 4 kg

Fonte: ILUMINIM (2019).

Na Tabela 12 estão descritas as potências das luminárias e refletor utilizados atualmente e a potência com a substituição das lâmpadas que foram propostas. A metodologia para escolha desses equipamentos foi manter as mesmas características do sistema atual, considerando uma potência luminosa (lúmens) aproximada, sabendo-se que a eficiência da tecnologia LED é superior.

Tabela 12 – Resumo da potência dos equipamentos atuais e propostos

Potência	Tipo de luminária				
	I	II	III	IV	V
Atual (W)	69	69	52	52	264
Proposta (W)	36	36	27	27	200
Redução na potência do equipamento	48%	48%	48%	48%	24%

Fonte: A autora (2019).

#### 4.1.1 Cenário de consumo

Para tornar o presente estudo mais prático e estimar a redução de consumo em kWh que a substituição dos equipamentos de iluminação proporcionaria, foi criado um cenário de utilização dos equipamentos, pois a medição do consumo da edificação é global e os gastos não são individualizados. O cenário orienta que os equipamentos de iluminação I e II (presentes nas salas de aula, salas administrativas e de professores e áreas de circulação) utilizam 8 horas de iluminação diária, as luminárias III e IV (presentes nos banheiros e miniauditórios do bloco B) estão acionadas 6 horas por dia e o refletor V (presente nos grandes laboratórios do bloco IJ) estão acesos por 4 horas diariamente. A consideração também define o uso em dias úteis, de segunda a sexta-feira e 22 dias úteis mensais.

Na Tabela 13 estão apresentados os dados de estimativa de consumo de energia tendo como base o cenário de utilização criado para o sistema de iluminação, e como resultado o consumo atual e o consumo com os equipamentos propostos.

Tabela 13 - Cenário de consumo do sistema de iluminação

Bloco	Tipo de luminária				
	I	II	III	IV	V
Bloco A	35	705	128	0	0
Bloco B	414	191	84	74	0
Bloco C	865	0	109	0	0
Bloco EF	531	0	39	0	0
Bloco IJ	648	0	24	0	38
<b>Quantidade total</b>	<b>2.493</b>	<b>896</b>	<b>384</b>	<b>74</b>	<b>38</b>
Potência dos equipamentos atuais (W)	69	69	52	52	264
Horas de utilização conforme cenário	8	8	6	6	4
<b>Consumo atual (kWh/mês)</b>	<b>30.275</b>	<b>10.881</b>	<b>2.636</b>	<b>508</b>	<b>883</b>
Potência dos equipamentos propostos (W)	36	36	27	27	200
<b>Consumo com equipamentos propostos (kWh/mês)</b>	<b>15.796</b>	<b>5.677</b>	<b>1.369</b>	<b>264</b>	<b>669</b>
<b>% DE REDUÇÃO</b>	<b>48%</b>	<b>48%</b>	<b>48%</b>	<b>48%</b>	<b>24%</b>

Fonte: A autora (2019).

Estima-se que consumo mensal do atual sistema de iluminação é de 45.182 kWh e com a substituição dos equipamentos mencionados nesse item, passaria para 23.774 kWh, representando uma redução de 47%.

#### 4.2 ESTUDO DE CASO REFERENTE AO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Foram encontrados dois modelos de ar condicionado nas edificações, que estão detalhados no item 3.2. No levantamento *in loco*, observou-se que há poucas unidades instaladas nos blocos e na Tabela 14 está indicado qual local foi encontrado e qual modelo de ar condicionado.

Tabela 14 - Ar condicionado instalados nos blocos

<b>LEVANTAMENTO CLIMATIZAÇÃO</b>		
<b>BLOCO A - 2° ANDAR</b>		
<b>Local</b>	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>
Porta 082 EA208	1	-
<b>BLOCO A - 1° ANDAR</b>		
Porta 058 EA117	1	-
<b>BLOCO EF - 1° ANDAR</b>		
EE101	1	-
<b>BLOCO EF - TÉRREO</b>		
EF001	1	-
<b>BLOCO IJ - 3° ANDAR</b>		
Porta 379 EIJ207	-	2
Porta 378 EIJ208	-	2
Porta 377 EIJ209	-	2
<b>Quantidade total</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

Fonte: A autora (2019).

Ao todo, existem 4 unidades de ar condicionado Modelo 1 e 6 unidades do Modelo 2. Como os dois modelos estão classificados como “C” conforme o selo de eficiência energética do PROCEL buscou-se equipamentos que possuem classificação A, pois são mais eficientes e consomem menos energia.

Para o Modelo 1, de 12.000 BTUs/h, o estudo propõe substituir por um equipamento mais eficiente, que proporciona os mesmos 12.000 BTUs/h porém é classe “A” em eficiência, sua potência é 960W com consumo de energia especificado em 20,2 kWh/mês. O equipamento é da Fujitsu, modelo da unidade interna ASBG12LJCA e unidade externa AOBG12LJC, *inverter* e possui a maior eficiência conforme PROCEL (2018).

Para o Modelo 2, DE 48.000 BTUs/h, o equipamento mais eficiente possui classificação “B” conforme o PROCEL, sua potência é de 4.638W, modelo piso-teto *space* frio (CARRIER, 2019). Os equipamentos modelo *inverter* e que possuem classificação “A”, não estão disponíveis com fluxo de 48.000 BTUs/h, portanto optou-se por esse equipamento.

#### 4.2.1 Cenário de consumo

Assim como no sistema de iluminação, foi criado um cenário de utilização para estimar a redução no consumo de energia que a substituição dos equipamentos proporcionaria. O cenário orienta os equipamentos de ar condicionado presentes nos blocos são utilizados por 2 horas diárias, de segunda a sexta-feira e considerando 22 dias úteis mensais.

Na Tabela 15 estão apresentados os dados de estimativa de consumo de energia tendo como base a utilização de 2 horas diárias para os equipamentos de ar condicionado e como resultado o consumo atual e o consumo com os equipamentos propostos.

Tabela 15 - Cenário de consumo ar condicionados

<b>REDUÇÃO DE CONSUMO</b>		
<b>Bloco x Ar condicionado</b>	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>
BLOCO A	2	0
BLOCO EF	2	0
BLOCO IJ	0	6
<b>Quantidade total</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
Potência dos equipamentos atuais (W)	1.246	4.987
<b>Potência total instalada (W)</b>	<b>4.984</b>	<b>29.922</b>
Horas de utilização conforme cenário	2	2
<b>Consumo atual (kWh/mês)</b>	<b>219</b>	<b>1.317</b>
Potência dos equipamentos propostos (W)	960	4.628
<b>Consumo com equipamentos propostos (kWh/mês)</b>	<b>169</b>	<b>1.222</b>
<b>% DE REDUÇÃO</b>	<b>23%</b>	<b>7%</b>

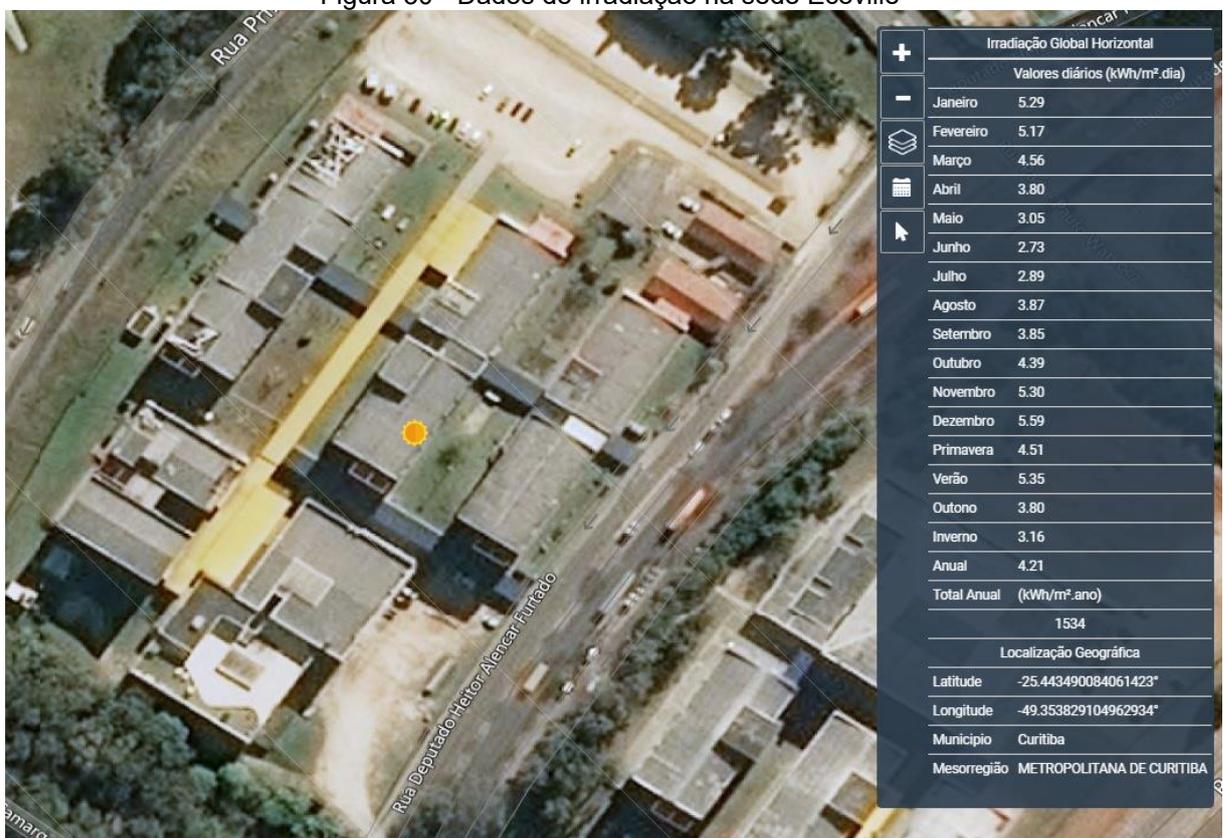
Fonte: A autora (2019).

O consumo estimado dos dois modelos atuais é de 1.535 kWh/mês e com a substituição por equipamentos mais eficientes passaria para 1.390 kWh/mês, redução de 9% no consumo de energia.

### 4.3 ESTUDO DE CASO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para obter os dados de geração fotovoltaica para cada bloco, inicialmente foi determinado qual o módulo irá compor os sistemas. Após a escolha do módulo, foram obtidos os dados de irradiação global horizontal na sede Ecoville através da ferramenta interativa do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná (2017), e estão discriminados na Figura 30.

Figura 30 - Dados de irradiação na sede Ecoville



Fonte: TIEPOLO et al (2017).

Os sistemas foram projetados conforme o bloco e serão apresentados nos próximos itens. Como não foi possível medir o ângulo de inclinação dos telhados e também essa informação não estava nos projetos fornecidos pelo DEPRO, foi adotado o ângulo de inclinação de 10° para a instalação dos módulos em todos os blocos para favorecer a auto limpeza dos módulos com a água da chuva, conforme estabelecido em PINHO E GALDINO (2014). Os módulos considerados em todos os projetos possuem dimensões de 2000x992x40mm, conforme apresentado no item 3.3.

O levantamento visual foi realizado através da ferramenta do Google Earth pois não se teve acesso à cobertura dos blocos, visto que era necessário a utilização de equipamentos de proteção e também o acompanhamento de um funcionário da equipe de manutenção da universidade. Somente o bloco IJ possui acesso parcial para a cobertura e foram registradas imagens da cobertura do bloco, conforme Fotografia 12 e Fotografia 13.

Fotografia 12 – Terraço bloco IJ



Fonte: A autora (2019).

Fotografia 13 - Cobertura parcial do bloco IJ



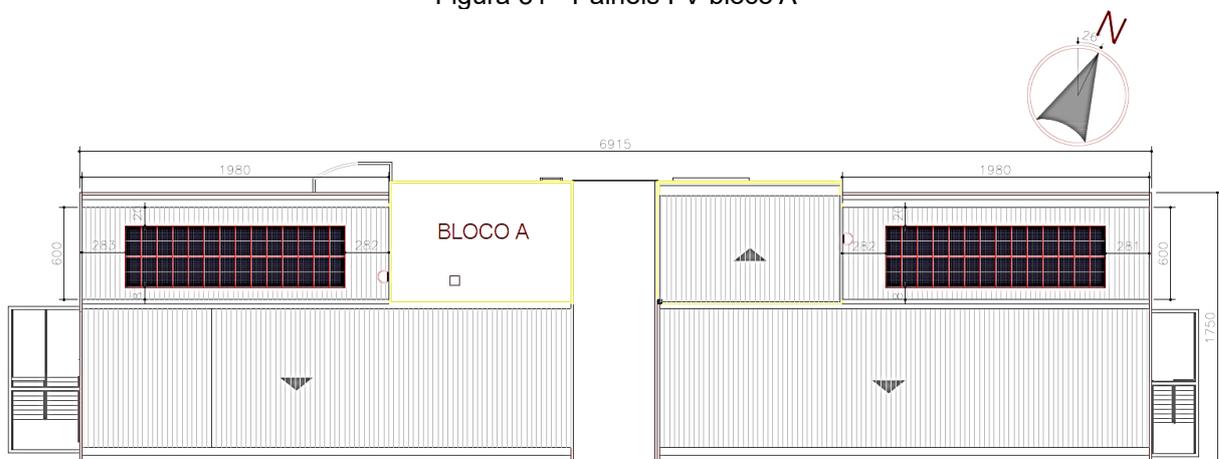
Fonte: A autora (2019).

O bloco IJ possui um terraço para acesso dos alunos, de onde foram registradas as fotografias, porém não foi possível acesso ao telhado para conferência de medidas.

#### 4.3.1 Sistema fotovoltaico bloco A

No projeto do Sistema fotovoltaico do bloco A, o ângulo de desvio azimutal em relação ao norte é de  $26^\circ$  oeste. As águas do telhado escolhidas foram as mais apropriadas para a instalação fotovoltaica, pois a inclinação do telhado é favorável para a instalação e a orientação privilegia a geração fotovoltaica. Os módulos foram projetados na posição retrato e consideradas bordas ao redor do painel para facilitar o acesso e a manutenção. A projeção do bloco A tem aproximadamente  $1.230 \text{ m}^2$  e na Figura 31 estão ilustrados os dois painéis projetados para o bloco A.

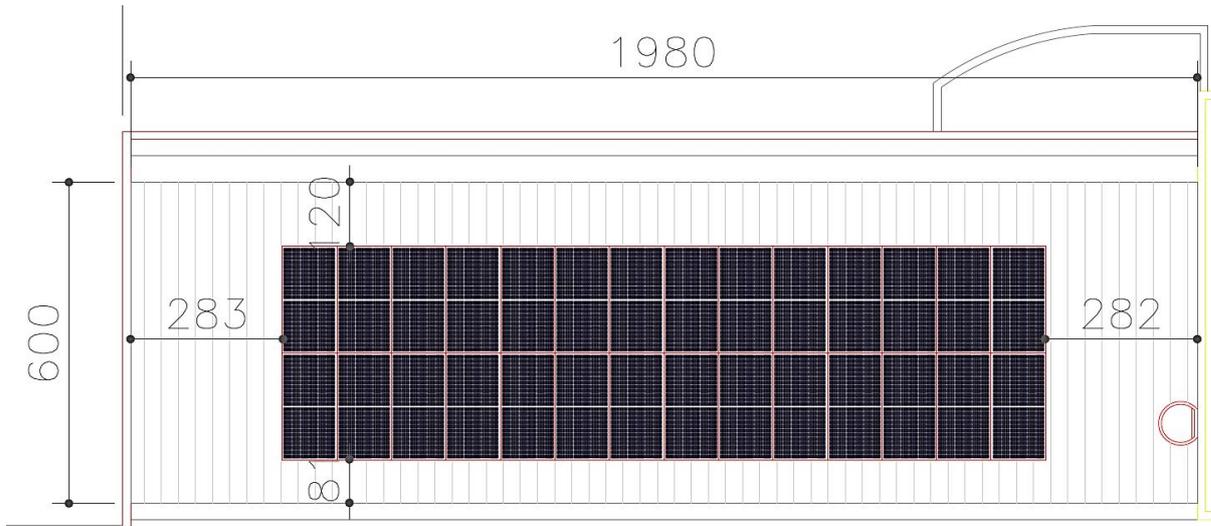
Figura 31 - Painéis FV bloco A



Fonte: A autora (2019).

Os dois painéis são iguais e possuem 28 módulos cada, sendo 2 fileiras com 14 módulos, e as mesmas dimensões de bordas. A dimensão de cada água do telhado é  $19,80 \text{ m} \times 6,00 \text{ m}$  e a borda livre nas laterais do painel são  $2,82 \text{ m}$ , frontal de  $1,20 \text{ m}$  e traseira de  $0,81 \text{ m}$ , conforme ilustrado na Figura 32.

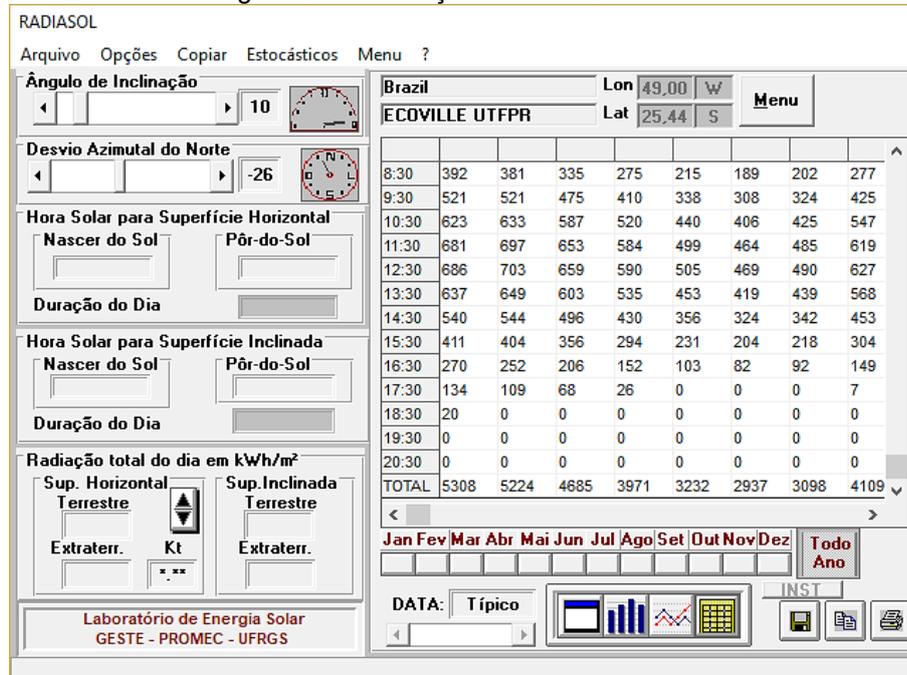
Figura 32 - Bordas livres painéis bloco A



Fonte: A autora (2019).

Para encontrar os dados de irradiação solar no plano do painel, foi criada a estação “ECOVILLE UTFPR” no *software* Radiasol e inseridos os valores de inclinação do painel de  $10^\circ$  e o desvio azimutal de  $26^\circ$  oeste, Figura 33.

Figura 33 - Simulação RADIASOL bloco A



Fonte: RADIASOL (2019).

Os valores de irradiação no plano do painel fotovoltaico resultantes da simulação no Radiasol estão detalhados na Tabela 16. Os valores estão em kWh/m<sup>2</sup>.dia.

Tabela 16 - Irradiação solar no plano do painel FV bloco A

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$H_{TOT} =$ kWh/m <sup>2</sup> .dia	5,31	5,22	4,69	3,97	3,23	2,94	3,10	4,11	3,97	4,46	5,32	5,60

Fonte: Adaptado de RADIASOL (2019).

Com esses valores, foi possível quantificar a geração de energia dos dois painéis propostos para a cobertura do bloco A, através da equação apresentada no capítulo 3.3 e abaixo:

$$E = \frac{P_{fv} \times H_{tot} \times PR}{G} \quad (1)$$

Considerando  $P_{fv}=20,44$  kW (365 W x 56 módulos),  $H_{tot}=4,327$  kWh/m<sup>2</sup>.dia e  $PR=0,75$ , estima-se que os painéis irão gerar em média 66,36 kWh/dia, representando 1.990 kWh/mês e 24,21 MWh/ano. Na Tabela 17 estão os valores em kWh de expectativa de geração do SVFCR proposto, mês a mês, em kWh.

Tabela 17 - Expectativa de geração de energia bloco A

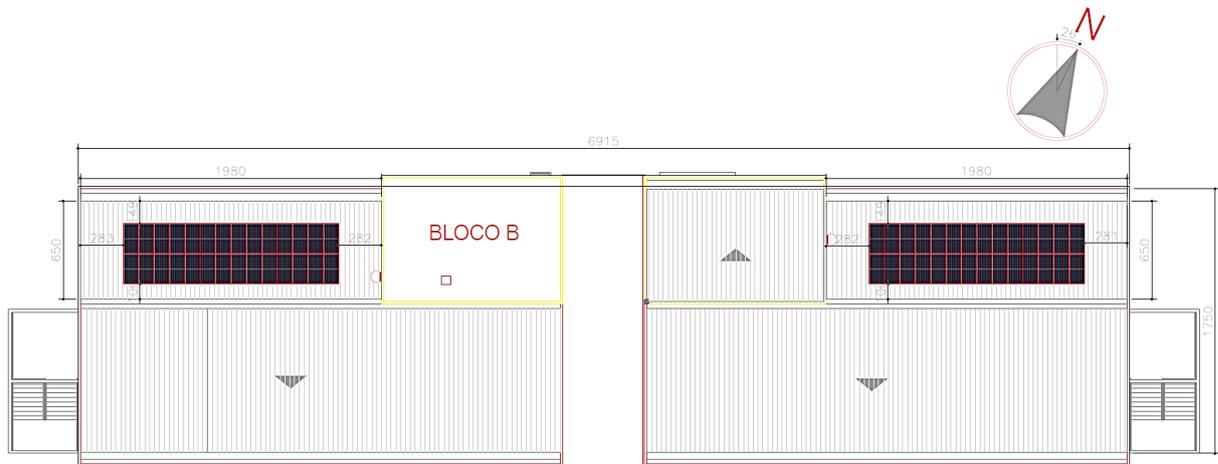
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$E =$ kWh	2.523	2.242	2.226	1.826	1.536	1.351	1.472	1.953	1.827	2.121	2.449	2.659

Fonte: A autora (2019).

#### 4.3.2 Sistema fotovoltaico bloco B

O projeto do Sistema fotovoltaico do bloco B é similar ao Sistema do bloco A, a única diferença são as dimensões da borda. A projeção do bloco B possui aproximadamente 1.300 m<sup>2</sup>. Na Figura 34 estão ilustrados os dois painéis projetados para o bloco B.

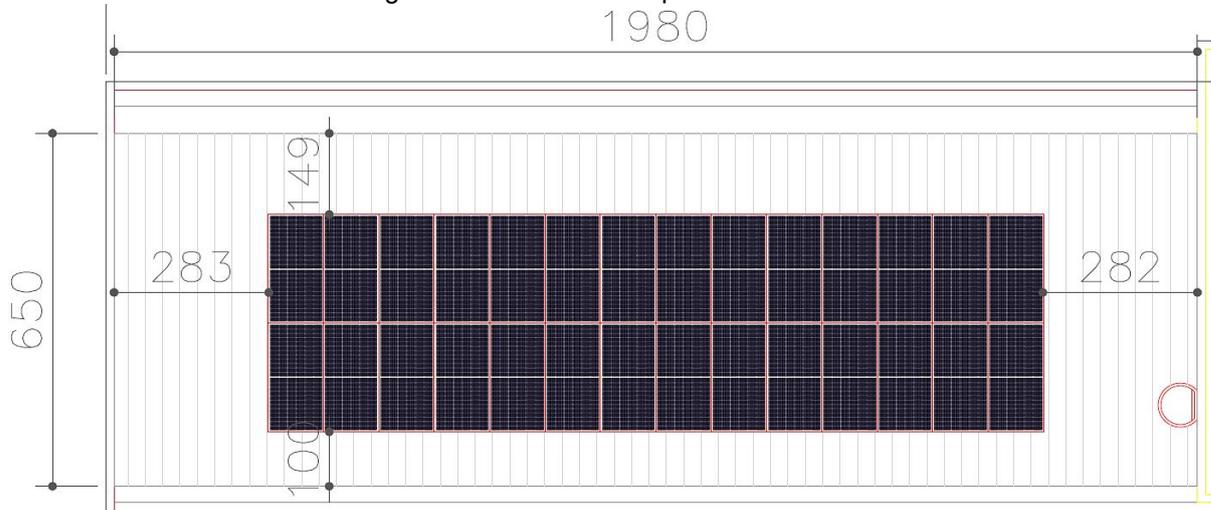
Figura 34 – Painéis FV bloco B



Fonte: A autora (2019).

Ambos os painéis possuem 28 módulos e as mesmas dimensões de bordas. A dimensão das águas do telhado são 19,80m x 6,50m e a borda livre nas laterais do painel são 2,82m e 2,83m, frontal de 1,49m e traseira de 1,00m, conforme ilustrado na Figura 35.

Figura 35 - Bordas livres painéis bloco B



Fonte: A autora (2019).

Por apresentar as mesmas condições de instalação (ângulo de inclinação e desvio azimutal) e a mesma quantidade de módulos o Sistema B possui a mesma expectativa de geração do Sistema A, pois  $P_{fv}=20,44$  kW (365 W x 56 módulos),  $H_{tot}=4,327$  kWh/m<sup>2</sup>.dia e  $PR=0,75$ , e a geração estimada em 66,36 kWh/dia,

representando 1.990 kWh/mês e 24,21 MWh/ano, conforme valores médios de em kWh apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Expectativa de geração de energia bloco B

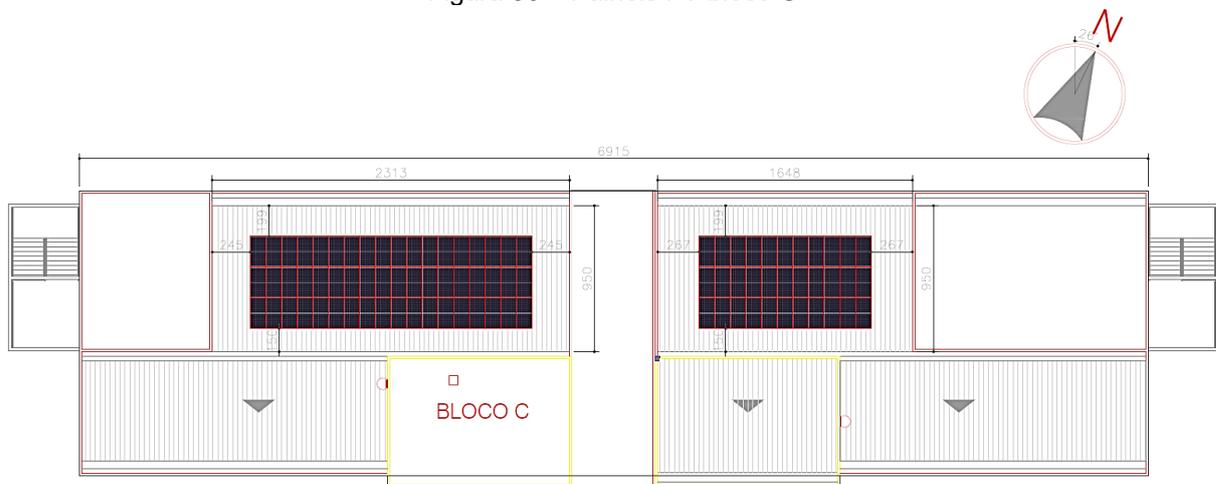
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
E = kWh	2.523	2.242	2.226	1.826	1.536	1.351	1.472	1.953	1.827	2.121	2.449	2.659

Fonte: A autora (2019).

#### 4.3.3 Sistema fotovoltaico bloco C

O SFVCR proposto para o bloco C contempla 2 painéis fotovoltaicos, projetados nas águas do telhado mais favoráveis para a geração de energia. A área de projeção do bloco é em torno de 1.300 m<sup>2</sup> e também apresenta o desvio azimutal em relação ao norte de 26° oeste. Na Figura 36 é possível observar os dois painéis.

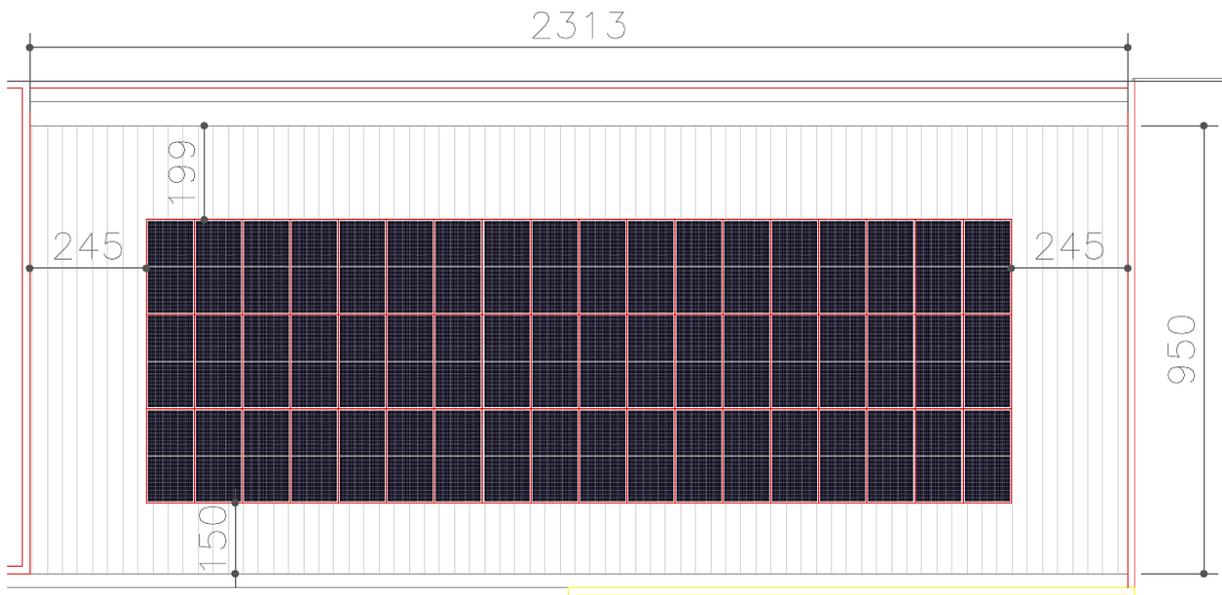
Figura 36 – Painéis FV bloco C



Fonte: A autora (2019).

O painel 1, lado esquerdo, possui 3 fileiras de 18 módulos na posição retrato, totalizando 54. A dimensão do telhado que o comporta é 23,12m x 9,50m e as bordas livres das laterais são 2,45m, frontal de 1,99m e traseira de 1,50m, conforme ilustra a Figura 37.

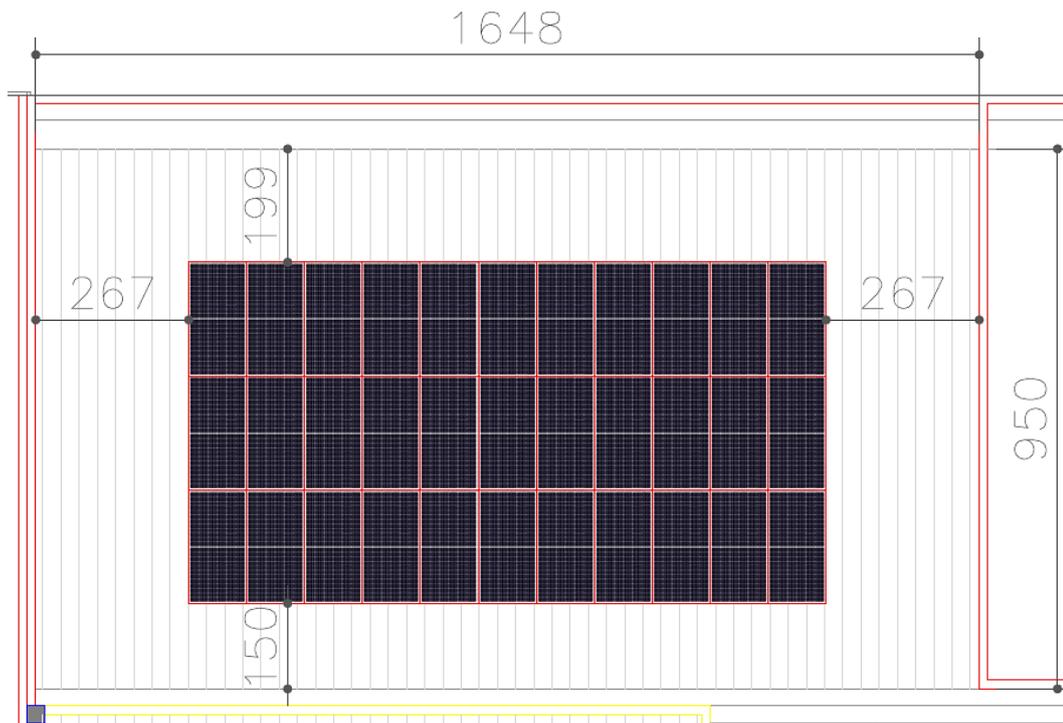
Figura 37 - Bordas livres painel 1 bloco C



Fonte: A autora (2019).

O painel 2, lado direito, possui 3 fileiras de 11 módulos na posição retrato, totalizando 33. As dimensões do telhado que o comporta são 16,48m x 9,50m e as bordas livres das laterais são 2,67m, frontal de 1,99m e traseira de 1,50m, conforme ilustra a Figura 38.

Figura 38 - Bordas livres painel 2 bloco C



Fonte: A autora (2019).

Os valores de irradiação no plano do painel são os mesmos dos sistemas dos blocos A e B, pois estão nas mesmas condições de instalação. Considerando  $P_{fv}=31,755$  kW (365 W x 87 módulos),  $H_{tot}=4,327$  kWh/m<sup>2</sup>.dia e  $PR=0,75$ , estima-se que os painéis irão gerar 103 kWh/dia, representando 3.091 kWh/mês e 37,61 MWh/ano. Na Tabela 19 estão os valores em kWh da expectativa de geração do SFVCR proposto, mês a mês.

Tabela 19 - Expectativa de geração de energia bloco C

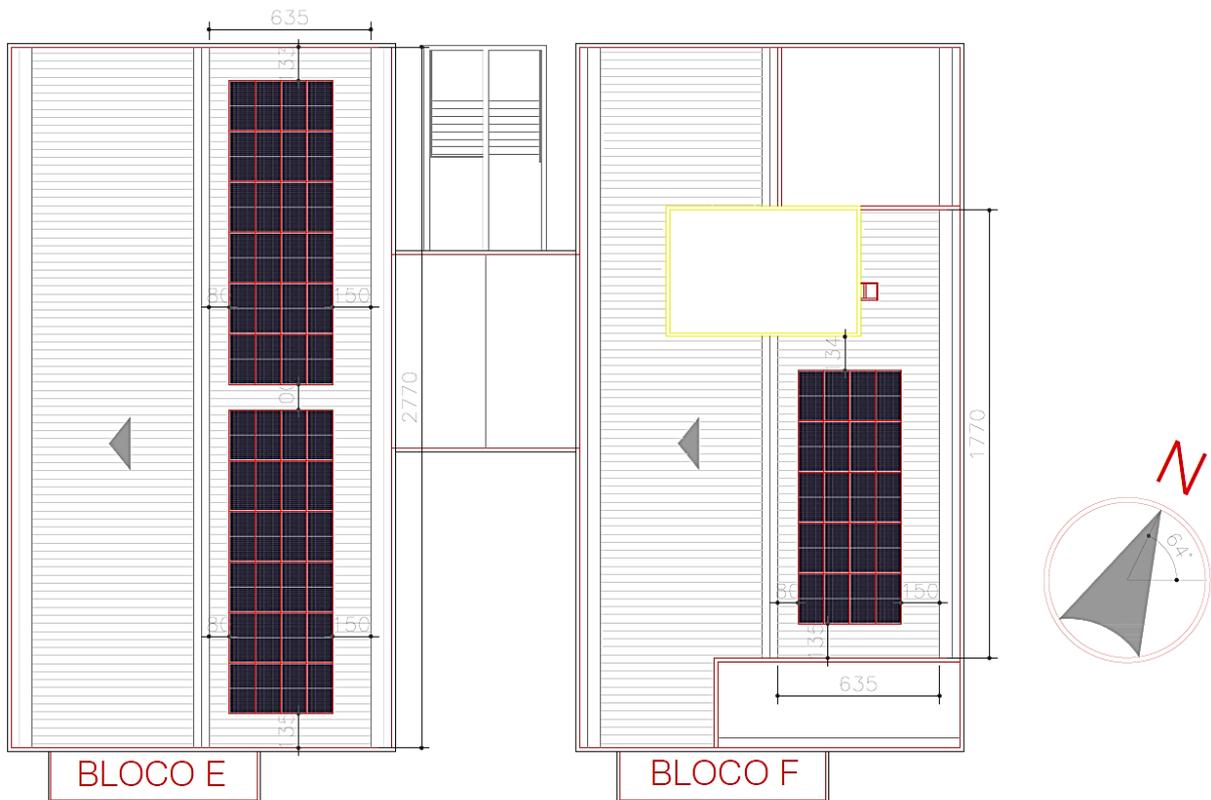
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
E = kWh	3.919	3.484	3.459	2.837	2.386	2.098	2.287	3.034	2.839	3.295	3.804	4.132

Fonte: A autora (2019).

#### 4.3.4 Sistema fotovoltaico bloco EF

O SFVCR proposto para o bloco EF é composto por 3 painéis, sendo 2 no bloco E e 1 no bloco F. A área de projeção da cobertura do bloco EF é aproximadamente 960 m<sup>2</sup> e a edificação possui desvio azimutal em relação ao norte de 64° leste. Os módulos foram projetados para serem instalados na posição paisagem e nas águas que privilegiam a geração de energia. Na Figura 39 estão ilustrados os 3 painéis.

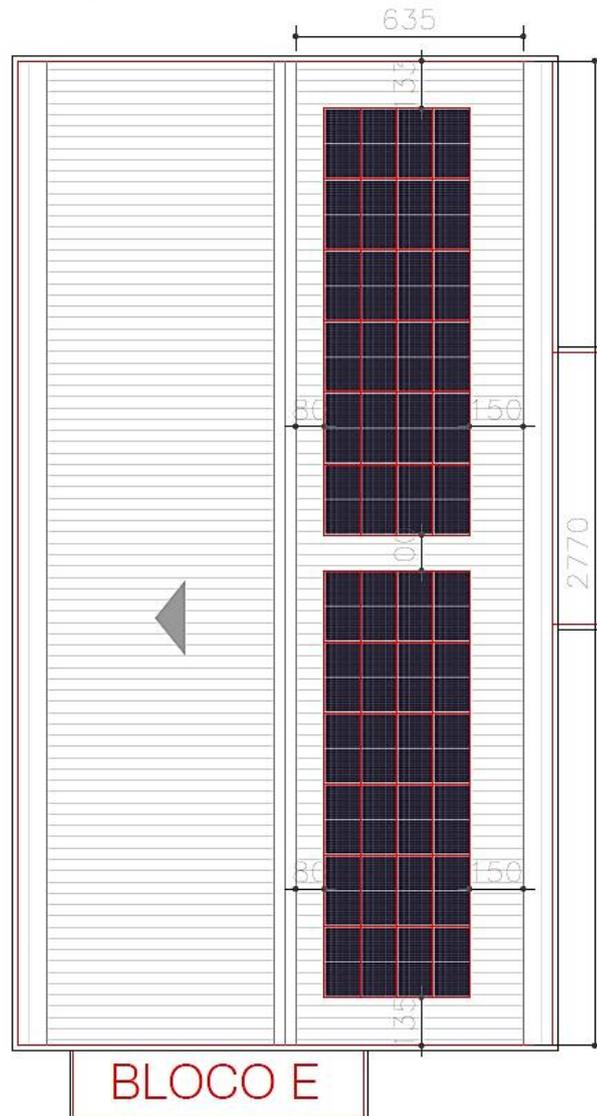
Figura 39 - Paineis FV bloco EF



Fonte: A autora (2019).

Na cobertura do bloco E foram dimensionados 2 painéis que possuem a mesma quantidade de módulos. A água do telhado a que pertencem possui dimensões de 27,70m x 6,35m. Foi considerada uma distância entre painéis de 1 metro e bordas livres na lateral de 1,33m, frontal de 1,50m e traseira de 0,80m. Cada painel possui 4 fileiras de 6 módulos, totalizando 24 módulos cada. Na Figura 40 estão apresentados os dois painéis.

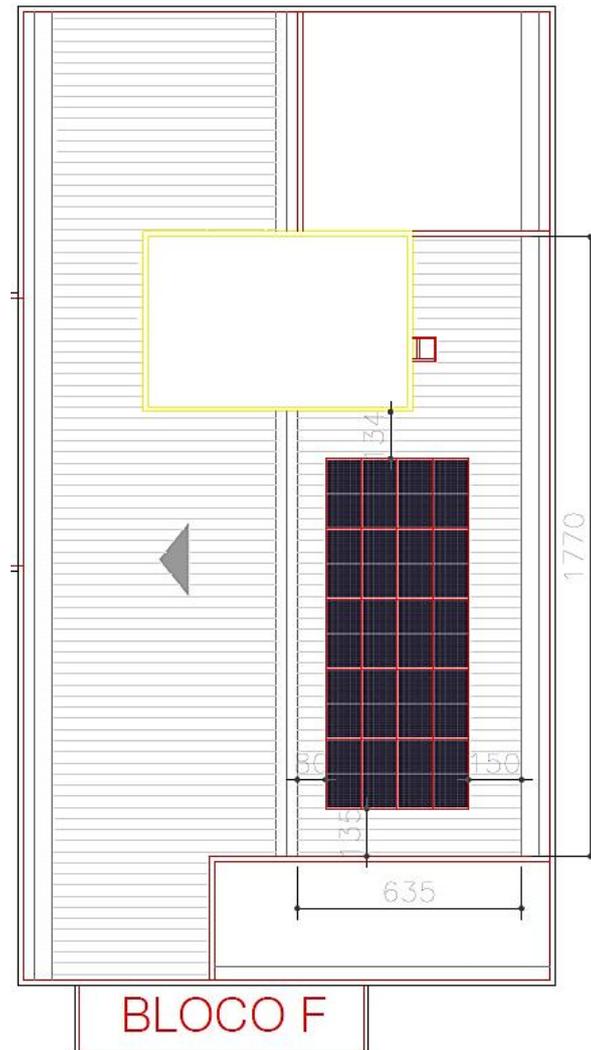
Figura 40 - Bordas livres painéis bloco E



Fonte: A autora (2019).

O painel da cobertura do bloco F, cuja água possui dimensões aproximadas de 17,70m x 6,35m, possui 4 fileiras de 5 módulos, totalizando 20 módulos. As bordas livres na lateral são 1,34m e 1,35m, frontal de 1,50m e traseira de 0,80m, conforme demonstra a Figura 41.

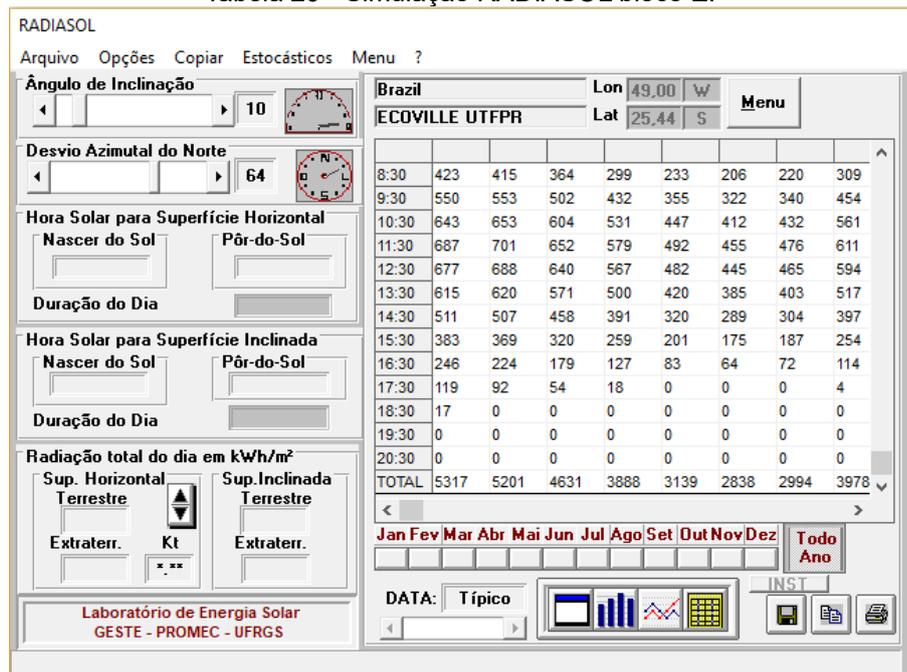
Figura 41 - Bordas livres painéis bloco F



Fonte: A autora (2019).

Na estação "ECOVILLE UTFPR" do programa Radiasol, foram inseridos os dados de inclinação e desvio azimutal para obter o valor da irradiação no plano dos painéis.

Tabela 20 - Simulação RADIASOL bloco EF



Fonte: RADIASOL (2019).

A irradiação incidente no plano dos painéis fotovoltaicos, resultado da simulação no software, estão descritas em kWh/m<sup>2</sup>.dia na Tabela 21.

Tabela 21 - Irradiação no plano dos painéis do bloco EF

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$H_{TOT} =$ kWh/m <sup>2</sup> .dia	5,32	5,20	4,63	3,89	3,14	2,84	2,99	3,98	3,92	4,44	5,32	5,61

Fonte: Adaptado de RADIASOL (2019).

Conhecidos os valores de irradiação, foi possível estimar a geração de energia para os 3 painéis projetados para o bloco EF. Considerando a potência dos 3 painéis como  $P_{fv}=24,82$  kW (365 W x 68 módulos),  $H_{tot}=4,273$  kWh/m<sup>2</sup>.dia e  $PR=0,75$ , espera-se que a produção de energia dos SFVCR seja 79,54 kWh/dia, 2.386 kWh/mês e 29 MWh/ano. Na Tabela 22 estão quantificados os valores médios de geração mês a mês em kWh.

Tabela 22 - Expectativa de geração de energia do bloco EF

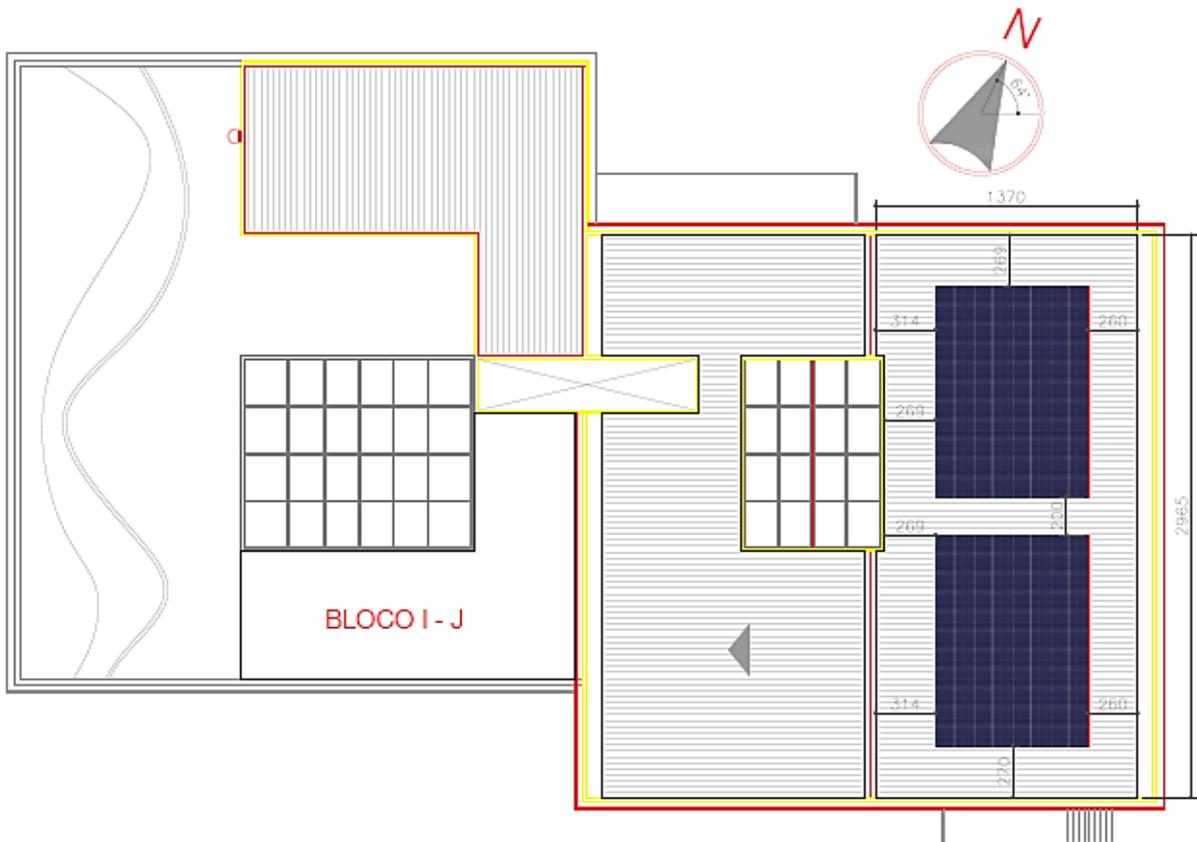
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$E =$ kWh	3.068	2.711	2.672	2.171	1.811	1.585	1.728	2.296	2.190	2.559	2.973	3.240

Fonte: A autora (2019).

#### 4.3.5 Sistema fotovoltaico bloco IJ

O sistema fotovoltaico do bloco IJ foi projetado com 2 painéis idênticos. O desvio azimutal é o mesmo do bloco EF e a água escolhida para alocar os painéis é a mais favorável para geração de energia e sua inclinação está no mesmo sentido dos módulos. Na cobertura do bloco IJ existem 2 claraboias, elementos que privilegiam a iluminação natural nas edificações. A área em planta do bloco IJ é 1.948 m<sup>2</sup>. Na Figura 42 está ilustrada a cobertura do bloco IJ com os painéis propostos.

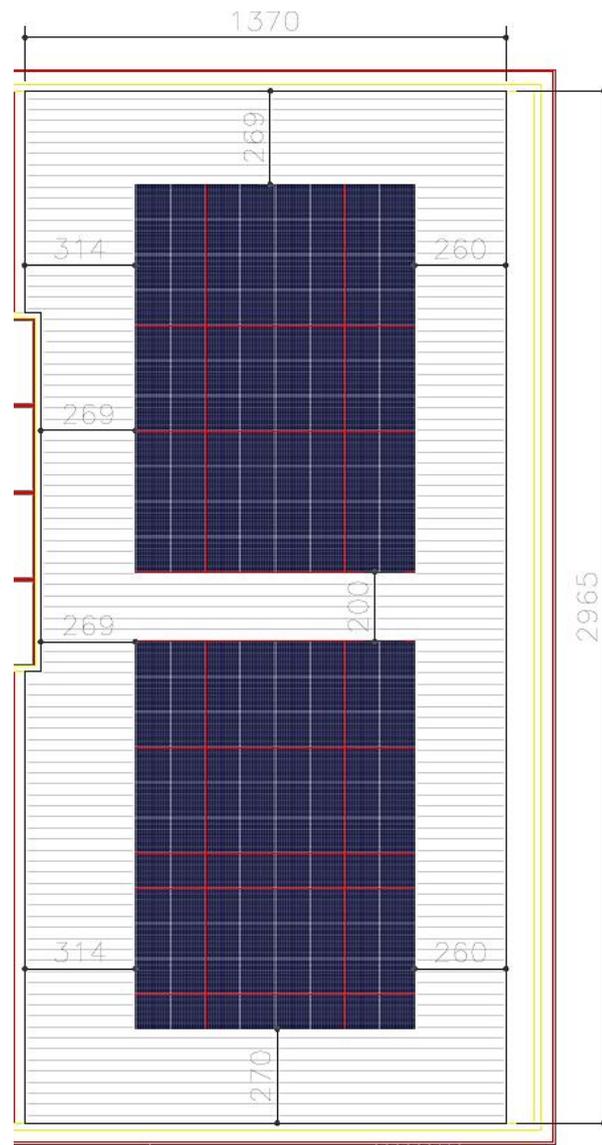
Figura 42 - Paineis FV bloco IJ



Fonte: A autora (2019).

No projeto foi considerada a instalação dos módulos na posição retrato e cada painel possui 4 fileiras de 11 módulos. O espaçamento considerado entre os painéis é de 2,00m, as bordas livres nas laterais de 2,69m e 2,70m. As bordas livres da parte frontal são de 2,60m e traseira de 3,14m e 2,69m, devido à presença da claraboia. A Figura 43 ilustra os painéis.

Figura 43 - Paineis FV bloco IJ



Fonte: A autora (2019).

A irradiação solar incidente no plano dos painéis é a mesma para o bloco EF, então considerando a potência dos 2 painéis como  $P_{fv}=32,12$  kW (365 W x 88 módulos),  $H_{tot}=4,273$  kWh/m<sup>2</sup>.dia e  $PR=0,75$ , espera-se que a produção de energia dos SFVCR seja 103 kWh/dia, 3.088 kWh/mês e 37,57 MWh/ano. Na Tabela 23 estão quantificados os valores médios de geração mês a mês em kWh.

Tabela 23 - Expectativa de geração de energia do bloco IJ

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
E = kWh	3.971	3.508	3.458	2.810	2.344	2.051	2.236	2.971	2.834	3.312	3.847	4.192

Fonte: A autora (2019).

#### 4.3.6 Expectativa de geração fotovoltaica total

Os sistemas fotovoltaicos propostos para os blocos A, B, C, EF e IJ totalizam a potência de 129,57 kW, valor que atende à Resolução Normativa nº 482 pois é inferior à demanda contratada atual de 180 kW. Na Figura 44 estão ilustrados todos os painéis propostos no trabalho.

Figura 44 - Painéis propostos nos blocos



Fonte: A autora (2019).

Os dados de expectativa de geração fotovoltaica foram compilados e na Tabela 24 estão apresentados os valores de geração mensal por bloco, a média mensal por bloco, como também a média por mês de todos os blocos e a média mensal.

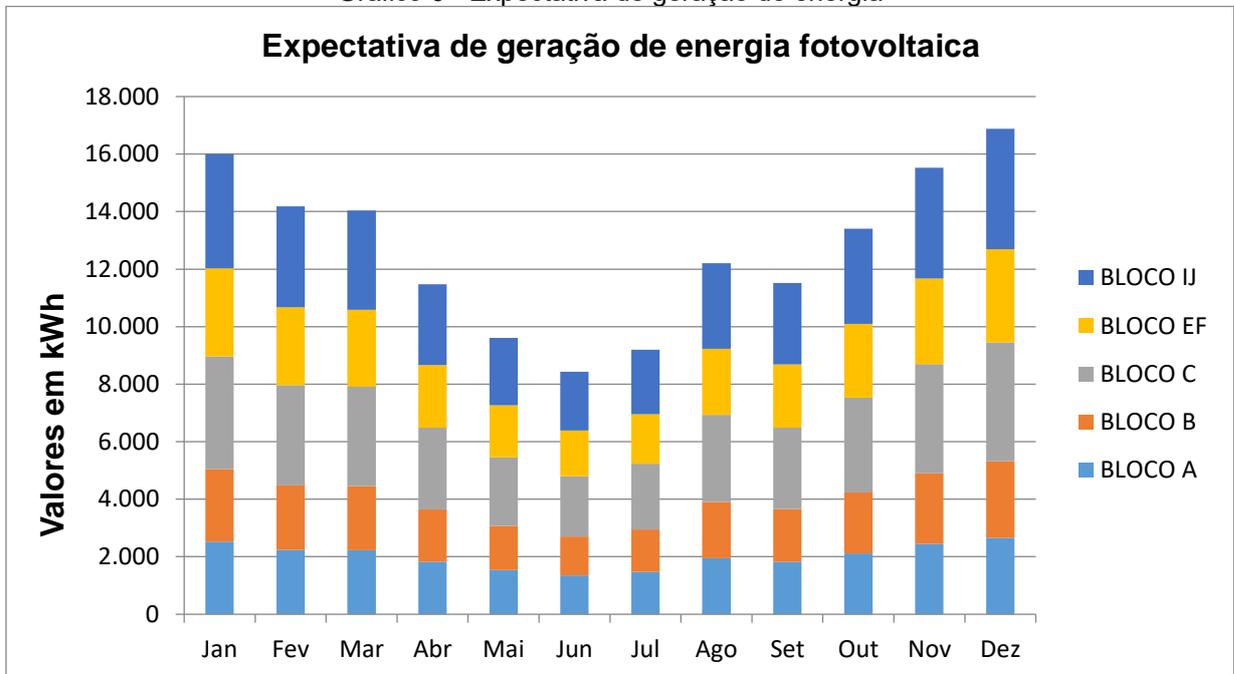
Tabela 24 - Expectativa de geração fotovoltaica em kWh

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<b>BLOCO A</b>	2.523	2.242	2.226	1.826	1.536	1.351	1.472	1.953	1.827	2.121	2.449	2.659	<b>2.015</b>
<b>BLOCO B</b>	2.523	2.242	2.226	1.826	1.536	1.351	1.472	1.953	1.827	2.121	2.449	2.659	<b>2.015</b>
<b>BLOCO C</b>	3.919	3.484	3.459	2.837	2.386	2.098	2.287	3.034	2.839	3.295	3.804	4.132	<b>3.131</b>
<b>BLOCO EF</b>	3.068	2.711	2.672	2.171	1.811	1.585	1.728	2.296	2.190	2.559	2.973	3.240	<b>2.417</b>
<b>BLOCO IJ</b>	3.971	3.508	3.458	2.810	2.344	2.051	2.236	2.971	2.834	3.312	3.847	4.192	<b>3.128</b>
<b>TOTAL</b>	<b>16.003</b>	<b>14.187</b>	<b>14.043</b>	<b>11.471</b>	<b>9.614</b>	<b>8.436</b>	<b>9.195</b>	<b>12.205</b>	<b>11.518</b>	<b>13.408</b>	<b>15.521</b>	<b>16.882</b>	<b>12.707</b>

Fonte: A autora (2019).

No Gráfico 6 estão apresentados os valores de geração mensal de cada bloco que foram apresentados na Tabela 24.

Gráfico 6 - Expectativa de geração de energia



Fonte: A autora (2019).

Através do gráfico e da tabela, foi possível identificar a variação da expectativa de geração fotovoltaica ao longo de um ano, sendo o mês de maior geração em dezembro e menor geração em junho. Coincidentemente, em dezembro os alunos da universidade geralmente estão em férias e o consumo de energia é reduzido, portanto caso os sistemas gerem mais energia do que o consumido será utilizado no sistema de compensação de energia.

## 5 CONCLUSÃO

A iluminação artificial e o sistema de climatização são responsáveis por grande parte do gasto energético das edificações, principalmente nas Instituições de Ensino. Diante disso, uma ótima alternativa para reduzir tais gastos com energia elétrica consiste em utilizar novas tecnologias de lâmpadas, as quais estão disponíveis com fluxo energético equivalente as utilizadas em grande parte dos edifícios, porém com menor consumo energético e maior durabilidade. Também estão disponíveis equipamentos de ar condicionado mais eficientes, com potencial para reduzir o consumo de energia elétrica.

Ao realizar o levantamento dos equipamentos utilizados para a iluminação e climatização dos blocos foi possível encontrar equipamentos mais eficientes disponíveis no mercado. Para estimar a redução no consumo das edificações, foi criado um cenário de utilização com base no consumo de energia obtido nas contas de energia da concessionária. No ano de 2018, o consumo total de energia medido nas edificações foi em média 65.588 kWh/mês. Conforme levantamento observou-se que o consumo das edificações é basicamente com: iluminação, equipamentos utilizados no restaurante universitário, climatização, elevadores, equipamentos utilizados em laboratórios, computadores, impressoras e tomadas de uso geral.

Através de observações do uso foi criado um cenário de utilização considerando que o consumo geral de 65.588 kWh/mês, e no cenário atual, estima-se que o sistema de iluminação e climatização consomem 46.719 kWh/mês, representando 71% do consumo total. Os outros 18.870 kWh/mês são destinados às outras cargas presentes nos blocos como cargas do restaurante universitário, elevadores, computadores e demais.

Na proposta de redução de consumo de energia, foram propostas lâmpadas de tecnologia LED escolhidas conforme seu fluxo luminoso e equipamentos de ar condicionados com selo A e B do PROCEL. Então, foi possível estimar quanto é possível reduzir o gasto energético. Na Tabela 25 estão os dados de consumo de energia obtidos através dos cenários de consumo criados, o consumo de energia medido e a expectativa de geração de energia, valores em kWh/mês.

Tabela 25 – Consumo de energia atual e proposto mensal em kWh

	<b>Atual</b>	<b>Proposto</b>
<b>Cenário de consumo – iluminação (kWh/mês)</b>	45.183	23.774
<b>Cenário de consumo – climatização (kWh/mês)</b>	1.536	1.317
<b>Consumo de energia medido (kWh/mês)</b>	65.588	
<b>Geração fotovoltaica (kWh/mês)</b>	12.707	

Fonte: A autora (2019).

Com a substituição dos equipamentos propostos no trabalho, os sistemas de iluminação e climatização passariam a consumir 25.091 kWh/mês, uma redução de 46% no consumo de energia. Com a substituição dos equipamentos propostos, o consumo total de energia dos blocos passaria para 43.961 kWh/mês, representando uma redução de 33% no consumo total, pois atualmente o consumo é 65.588 kWh/mês.

Foi adotado o módulo fotovoltaico de silício monocristalino PERC modelo CS3U-365MS da Canadian Solar de 365Wp para os projetos. Os SFVCR foram projetados para serem aplicados na cobertura de cada bloco estudado. A geração fotovoltaica é capaz de produzir 19% da energia que a Universidade consome com os equipamentos utilizados atualmente, porém, com a substituição proposta no estudo, os sistemas fotovoltaicos serão capazes de gerar 29% do consumo das edificações.

Os sistemas fotovoltaicos propostos no estudo são conservadores, os painéis foram projetados para serem instalados nas áreas mais favoráveis para instalação e o *performance ratio* dos sistemas considerado 0,75, um valor razoável pois outros sistemas instalados na UTFPR possuem *performance* na ordem de 0,80. Portanto, a expectativa de geração ainda pode ser ampliada e podem-se alcançar valores mais próximos do consumo de energia.

A demanda de energia contratada atualmente na unidade consumidora da sede Ecoville é 180 kW e os sistemas fotovoltaicos propostos possuem 129 kWp ao todo, portanto, está abaixo do valor da demanda e nas regularidades da Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 da ANEEL.

As estratégias propostas no trabalho melhoram a eficiência energética dos blocos, conseqüentemente, aumentando a sustentabilidade. Ainda, é possível reduzir mais o consumo de energia através da implantação de sensores de presença. A utilização de equipamentos de ar condicionado na Universidade é pequena, porém a adição de novos equipamentos devem seguir critérios de eficiência energética,

preferencialmente a classificação A, conforme o selo do PROCEL.

Como proposta para trabalhos futuros: a verificação da luminosidade dos ambientes de acordo com o estabelecido nas normas e estudo de monitoramento do consumo/demanda após implantação dos sistemas fotovoltaicos para verificar a possibilidade de reduzir a demanda contratada. Também a verificação de índices de conforto térmico para avaliar a necessidade de equipamentos de climatização artificial.

Esse projeto é um exemplo para a sociedade e pode servir para outros campi da UTFPR como também ser expandido para outras universidades, residências, comércios e indústrias pelo país.

## REFERÊNCIAS

AKARI. Lâmpadas contendo mercúrio: tipos de lâmpadas. São Paulo. Disponível em: <https://www.akarilampadas.com.br/informacoes/lampadas-de-mercúrio.php>>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

ANEEL. Resolução Normativa nº 482. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2012. Brasil, 12p.

ANEEL. Resolução Normativa nº 687. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2015. Brasil, 25p.

ARAUJO, L. P. Tipos e características de lâmpadas: Sistemas de iluminação. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. Disponível em: [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/tipos\\_e\\_caracteristicas\\_de\\_lampadas.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/tipos_e_caracteristicas_de_lampadas.pdf)>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

AVANTILUX. Vapor de mercúrio. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://avantlux.com.br/produto/vapor-de-mercúrio/>>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

BLUMENSCHNEIN, R. N. A sustentabilidade na cadeia produtiva na indústria da construção. Tese de Doutorado. CDS, UnB, Brasília, 2004. Disponível em: < <https://rmdaveiga.files.wordpress.com/2011/01/tese-blumenschein.pdf>>. Acesso em: 31 de junho de 2018.

CANADIAN SOLAR. KuMax: Super high efficiency poly module CS3U-345|350|355|360P. California, USA. 2017. Disponível em:< <https://www.canadiansolar.com/upload/7c4225088485f86f/bbfd85b94572a66f.pdf>>. Acesso em: 24 de março de 2019.

CARRIER. Piso-teto Space Frio 48.000 BTUs/h trifásico. Brasil, 2019. Disponível em:< <https://carrierdobrasil.com.br/produtos/interna/minha-casa/53/piso-teto-space-frio-48000-BTU-h>>. Acesso em: 31 de março de 2019.

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Guia para eficiência energética nas edificações públicas. Versão 1.0 outubro 2014 / Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL; coordenador Ministério de Minas e Energia - MME — Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

CONFAZ. Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015. Brasil, 2018. Disponível em:< [https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016\\_15](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15)>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

CRESESB. Energia Solar Fotovoltaica. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:<[http://cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=321](http://cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=321). Acesso em: 12 de setembro de 2016.

ELEKTRO. Manuais Elektro de eficiência energética. Brasil. 2014. Disponível em:<[http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/manualluminacao\\_novo.pdf](http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/manualluminacao_novo.pdf)>. Acesso em: 04 de junho de 2018.

EMPALUX. Catálogo de produtos 2016. Brasil. 2016. Disponível em:<[http://www.empalux.com.br/catalogo\\_empalux.pdf](http://www.empalux.com.br/catalogo_empalux.pdf)>. Acesso em: 02 de junho de 2018.

EPE. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Rio de Janeiro, 2012. 58 p. Disponível em:<[http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar\\_COGEN/NT\\_EnergiaSolar\\_2012.pdf](http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/NT_EnergiaSolar_2012.pdf)>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

EPE. Balanço Energético Nacional 2018: Relatório síntese – ano base 2017. Rio de Janeiro, RJ, 2018. 62 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf>>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

EPE. Demanda de energia 2050. Rio de Janeiro, RJ, 2016. 244 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

EPE. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e impactos. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:<<http://www.ecovolts.net.br/downloads/DEA%2019.pdf>>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

EPE. Anuário estatístico de energia elétrica 2017: ano base 2016. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:<<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: 22 de abril de 2019.

FREITAS, B. M. R.; HOLLANDA, L. Micro e Minigeração no Brasil: Viabilidade Econômica e Entraves do Setor. FGV Energia, 2015. Disponível em:<<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13853/micro.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 06 de outubro de 2016.

FREITAS, P. C. F. Luminotécnica e lâmpadas elétricas. Uberlândia: UFU. Apostila. 2009. Disponível em:< <http://www.ceap.br/material/MAT15032011201148.pdf>>. Acesso em: 11 de setembro de 2016.

GHISI, E. Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997. 246p.

GOOGLE EARTH. Programa Google Earth. 2016.

GREENPEACE. Revolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo. Brasil, 2010. 40 p.

HARADA, E. Ar condicionado: tudo que você precisa saber. Brasil, 2015. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/tecmundo-explica/73354-tudo-voce-precisa-saber-comprar-o-ar-condicionado.htm>>. Acesso em: 23 de julho de 2018.

IBICT. Energia Heliotérmica. O Sol: Fonte de energia. Brasil. Disponível em:< <http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/energia-heliotermica/o-sol-fonte-de-energia>>. Acesso em: 11 de setembro de 2016.

IEA (International Energy Agency). PVPS - Photovoltaic Power Systems Programme. Trends 2013 in photovoltaic applications. Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2012. Report IEA-PVPS T1-23:2013.

ILUMINIM. Catálogo de produtos. Brasil, 2019. Disponível em:< <https://www.iluminim.com.br/refletor-holofote-led-200w-branco-frio>>. Acesso em: 17 de março de 2019.

INMETRO. Lâmpada LED. Brasil. 2018. Disponível em: <http://ftp.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

INMETRO. Condicionadores de ar. Brasil. 50p. 2014. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador\\_de\\_ar\\_split\\_hi\\_wall.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador_de_ar_split_hi_wall.pdf)>. Acesso em: 22 de março de 2019.

KOMEKO. Manual de instalação: condicionadores de ar. Brasil, 2019. Disponível em:< <https://www.temperfrio.com.br/uploads/manuais/0221105041.pdf>>. Acesso em 29 de março de 2019.

KRASNHAK, L. B. Proposta de *retrofit* no sistema de iluminação e estudo de geração fotovoltaica em um dos blocos da UTFPR. 2016. 88 p. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª Edição. Brasil, 2013. 382 p. Disponível em:<[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985\\_241/Livro%20-20Efici%C3%AAncia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985_241/Livro%20-20Efici%C3%AAncia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf)>. Acesso em: 02 de setembro de 2016.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. Casa eficiente: consumo e geração de energia. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. 76 p.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M.A.; FOSSATI, M.; BATISTA, J.O. Sustentabilidade nas Edificações: Contexto internacional e algumas referências brasileiras na área. Florianópolis, 2007. Disponível em:<<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/sustentabilidade-edificacao-es-contexto%20internacional-referencias-brasileiras.pdf>>. Acesso em: 31 de agosto de 2016.

LELUDAK, J. A. Sistema energeticamente eficiente de iluminação LED assistido por energia solar. 2013. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.

LUMICENTER. Ficha Téc. - CAA01-S232. Brasil, 2017. Disponível em:<<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/downloads/redirect/?id=5914>>. Acesso em: 16 de março de 2019.

LUMICENTER. Catálogo de produtos. Brasil, 2019. Disponível em:<<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/can07-s-p2345/>>. Acesso em: 16 de março de 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Brasil. 2018. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>>. Acesso em: 31 de agosto de 2018.

MORALES, C. Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramenta de apoio à gestão: classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

OSRAM. Catálogo Geral. 2015. Disponível em:<<http://www.osram.com.br>>. Acesso

em: 31 de agosto de 2016.

PHILIPS. Catálogo de produtos. 2019. Disponível em:<<http://www.lighting.philips.com.br>>. Acesso em: 17 de março de 2019. [http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-led/lampadas-led/standard-led-bulbs/929001838912\\_EU/product](http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-led/lampadas-led/standard-led-bulbs/929001838912_EU/product)

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A.; Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES). CEPEL - GTES. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014, 529 p.

RADIASOL. *Software*. Disponível em:< <http://www.solar.ufrgs.br/>>.

REN21. *Renewables 2018: Global Status Report*. 2018. Disponível em: < [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/178652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_final\\_.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/178652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf)>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

PROCEL. Condicionadores de ar *split hi-wall*. Brasil, 2018. Disponível em:<[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_split\\_hiwall\\_indiceno.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indiceno.pdf)>.

PROCEL. Sistemas de ar condicionado. Brasil, 2011. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20Pratico%20PROCEL-Man%20Ar-Cond-Procet-Elctr-11.pdf>>. Acesso em: 24 de julho de 2018.

RÜTHER, R. Edifícios Solares Fotovoltaicos: O potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 1 ed. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004.

RODRIGUES, P. Manual de Iluminação Eficiente. 1ª ed. 2002. Disponível em:< [http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_18/2014/04/22/6281/Manual\\_Iluminacao.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Manual_Iluminacao.pdf)>. Acesso em: 04 de junho de 2018.

RÜTHER, R.; SALAMONI, I.. O potencial dos setores urbanos brasileiros para a geração de energia solar fotovoltaica de forma integrada às edificações. Mudanças climáticas e o impacto das cidades, v.4, n.1, 2011.

SALAMONI, I. T.; RÜTHER, R. Sistema fotovoltaico integrado à edificação e interligado à rede elétrica: Eficiência energética e Sustentabilidade. In: ENCAC – COTEDI 2003, Curitiba. 2003.

SANTIL. Lâmpada PI 2 Pinos 26w X 12v Luz Branca Philips. Brasil, 2019. Disponível em:< <https://www.santil.com.br/produto/lampada-pl-2-pinos-26w-x-12v-luz-branca-philips/392939>>. Acesso em: 25 de março de 2019.

SCOPACASA, V. A. Introdução à Tecnologia de LED. Revista LA\_PRO, São Paulo, ed.1, p. 5-10, novembro 2008. Disponível em:<[http://www.lumearquitetura.cm.br/pdf/LA\\_Pro1/02%20-%20pro\\_leds\\_Vis%C3%A3o\\_Geral.pdf](http://www.lumearquitetura.cm.br/pdf/LA_Pro1/02%20-%20pro_leds_Vis%C3%A3o_Geral.pdf)>. Acesso em: 04 de junho de 2018.

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ Jr, J.; PEREIRA, S. V.; GONÇALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R (2017). Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná. 1a Edição. Curitiba.

TRIANA, M. A. Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis. 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005

URBANETZ JUNIOR, J. Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Redes de Distribuição Urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade. 2010. 189 p. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – UFSC, Florianópolis – SC, 2010.

UTFPR - DEPRO. Projeto Planta de piso Ecoville UTFPR. 2013.

VIANA, A. N. C.; BORTONI, E. C.; NOGUEIRA, F. J. H.; HADDAD, J.; NOGUEIRA, L. A. H.; VENTURINI, O. J.; YAMACHITA, R. A. Eficiência energética: fundamentos e aplicações. 1ª edição. UNIFEI, São Paulo, 2012. 315 p.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5ª edição. Bookman, 2015.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S. H. F. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. 1ª ed. Oficina de Textos, 2012. Brasil. 208 p.

**APÊNDICE A – Levantamento dos tipos de luminárias utilizadas em cada bloco**

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO A - 3º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Porta 107	-	55	6	-	-	Não
Porta 116	-	12	-	-	-	Não
Porta 115	-	13	-	-	-	Não
Porta 114 BWC MASCULINO	-	-	6	-	-	Não
EA 301 DACOC	-	-	-	-	-	Não
Corredor	2	25	-	-	-	Não
EA 309 DEEAU	-	9	-	-	-	Não
PORTA 092 BWC FEMININO	-	-	6	-	-	Não
PORTA 105 EA310	-	6	-	-	-	Não
Porta 095 BWC MASCULINO	-	-	6	-	-	Não
EA 312	-	6	-	-	-	Não
Porta 097 EA302 - copa	-	6	-	-	-	Não
Porta 098 EA303	-	6	-	-	-	Não
Porta 102 EA307	-	6	-	-	-	Não
Porta 099 EA304	-	6	-	-	-	Não
Porta 101 EA306	-	6	-	-	-	Não
Porta 103 EA311	-	3	-	-	-	Não
Porta 103 EA308	-	3	-	-	-	Não
Porta 100 EA305	-	6	-	-	-	Não
Escada	-	8	-	-	-	Não
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>176</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO A - 2º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Porta 082 EA208	-	11	-	-	-	Não
Porta 083 EA209	-	18	-	-	-	Não
EA207	-	6	-	-	-	Não
Porta 084 EA210	-	6	-	-	-	Não
Porta 081 EA206	-	21	-	-	-	Não
Porta 085 BWC MASCULINO	-	-	6	-	-	Não
Porta 071 BWC FEMININO	-	-	6	-	-	Não
Porta 074 BWC MASCULINO	-	-	6	-	-	Não
Porta 088 BWC FEMININO	-	-	7	-	-	Não
Porta 091 EA211	-	1	-	-	-	Não
Porta 090	-	-	8	-	-	Não
Corredor	-	32	-	-	-	Não
Porta 079 EA205	-	22	-	-	-	Não
Porta 076 EA201	-	6	-	-	-	Não
Porta 078 EA203	-	18	-	-	-	Não
EA202	-	18	-	-	-	Não
Escada	-	8	-	-	-	Não
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>167</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO A - 1º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Porta 060 EA119	-	3	-	-	-	Não
Porta 059 EA118	-	5	-	-	-	Não
Porta 058 EA117	-	6	-	-	-	Não
Porta 062 EA116	-	6	-	-	-	Não
Porta 057 EA115	-	6	-	-	-	Não
Porta 063 EA114	-	6	-	-	-	Não
Porta 056 EA113	-	6	-	-	-	Não
Porta 055 EA112	-	6	-	-	-	Não
Porta 064 BWC MASCULINO	-	-	6	-	-	Não
Porta 067 BWC FEMININO	-	-	8	-	-	Não
Porta 069 BWC FEMININO	-	-	7	-	-	Não
Porta 068 BWC MASCULINO	-	-	6	-	-	Não
Porta 070 EA121	-	1	-	-	-	Não
Corredor	-	23	5	-	-	Não
Porta 050 EA110	-	8	-	-	-	Não
EA109	-	4	-	-	-	Não
Porta 036 BWC FEMININO	-	-	5	-	-	Não
Porta 039 BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	Não
EA108	-	9	-	-	-	Não
EA107	-	4	-	-	-	Não
EA105	-	4	-	-	-	Não
EA106	-	5	-	-	-	Não
Porta 044 EA104	-	5	-	-	-	Não
Porta 042 EA102	-	9	-	-	-	Não
Porta 043 EA103	-	9	-	-	-	Não
Escada	-	2	-	-	-	Não
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>127</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO A - TÉRREO</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Porta 024 EA013	-	10	-	-	-	Não
Porta 023 EA012	-	10	-	-	-	Não
Porta 021 EA010	-	10	-	-	-	Não
Porta 026	10	-	1	-	-	Não
Porta 027 EA015	8	-	-	-	-	Não
Porta 022 EA011	-	16	-	-	-	Não
Corredor	-	29	-	-	-	Não
Porta 028 EA016	15	-	-	-	-	Não
Porta 029 BWC MASCULINO	-	-	6	-	-	Não
BWC FEMININO	-	-	7	-	-	Não
Porta 033 BWC MASCULINO	-	-	6	-	-	Não
Porta 034 BWC FEMININO	-	-	5	-	-	Não
Porta 035 EA107	-	-	1	-	-	Não
Porta 020 EA009	-	8	-	-	-	Não
Porta 019 EA008	-	8	-	-	-	Não
EA007	-	9	-	-	-	Não
EA006	-	16	-	-	-	Não
EA005	-	16	-	-	-	Não
EA008	-	16	-	-	-	Não
Porta 015 BWC FEMININO	-	-	1	-	-	Não
BWC MASCULINO	-	3	3	-	-	Não
Porta 011 EA001	-	28	-	-	-	Não
Porta 006	-	8	-	-	-	Não
Porta 007	-	8	-	-	-	Não
Porta 010	-	32	-	-	-	Não
Sala colaborado- res (subsolo)	-	8	-	-	-	Não
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>235</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO B - 3º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Porta 196 EB309	-	12	-	-	-	NÃO
Corredor	-	36	1	-	-	NÃO
Porta 197 EB310	-	12	-	-	-	NÃO
Porta 195 EB308	-	12	-	-	-	NÃO
Porta 198 EB311	-	12	-	-	-	NÃO
Porta 200 BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	NÃO
Porta 199 BWC FEMININO	-	-	3	-	-	NÃO
Sala Descanso	-	3	-	-	-	NÃO
Porta 193 EB306	-	9	-	-	-	NÃO
Porta 192 EB305	-	6	-	-	-	NÃO
Porta 184 BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 187 BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
EB301	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 191 EB304	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 189 EB302	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 190 EB303	12	-	-	-	-	NÃO
Escada	4	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>102</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO B - 2º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Porta 171 EB210	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 172 EB211	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 170 EB209	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 173 EB212	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 169 EB208	6	-	-	-	-	NÃO
Corredor	36	-	3	-	-	NÃO
Porta 175 BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	NÃO
Porta 178 BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	NÃO
Porta 174 BWC FEMININO	-	-	3	-	-	NÃO
Porta 179 BWC MASCULINO	-	-	3	-	-	NÃO
Porta 180 BWC MASCULINO	-	-	2	-	-	NÃO
Porta 181 BWC FEMININO	-	-	2	-	-	NÃO
Porta 182 EB213	1	-	-	-	-	NÃO
Porta 168 EB207	9	-	-	-	-	NÃO
Porta 167 EB206	9	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	5	-	-	NÃO
Porta 161 BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 166	6	-	-	-	-	NÃO
Porta 162 EB201	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 165 EB204	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 163 EB202	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 164 EB203	12	-	-	-	-	NÃO
Escada	3	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>166</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO B - 1º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Corredor	23	-	-	-	-	NÃO
Biblioteca EB104	96	-	13	-	-	NÃO
Porta 132 BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 135 BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 138 EB101	-	-	-	24	-	NÃO
Porta 136 EB102	-	-	-	25	-	NÃO
Porta 137 EB103	-	-	-	25	-	NÃO
Escada	4	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>74</b>	<b>0</b>	
<b>BLOCO B - TÉRREO</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Restaurante universitário	50	16	18	-	-	NÃO
Corredor	-	23	-	-	-	NÃO
Porta 131 EB004	-	9	-	-	-	NÃO
Porta 123 BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
EB003	-	18	-	-	-	NÃO
EB002	-	15	-	-	-	NÃO
EB001	15	8	-	-	-	NÃO
Sala colaboradores (subsolo)	8	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>73</b>	<b>89</b>	<b>26</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO C - 3º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Porta 311 EC303	14	-	-	-	-	NÃO
Porta 310 EC302	14	-	-	-	-	NÃO
Porta 208 EC301	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 313 EC305	4	-	-	-	-	NÃO
Porta 314 EC306	18	-	-	-	-	NÃO
Porta 307 EC302	15	-	-	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	5	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	5	-	-	NÃO
Porta 315 EC306	15	-	-	-	-	NÃO
Corredor	41	-	-	-	-	NÃO
Sala colaborado- res	3	-	-	-	-	NÃO
Porta 317 EC308	48	-	-	-	-	NÃO
EC309	39	-	-	-	-	NÃO
Porta 321 BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	NÃO
Porta 323 BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 324 BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 326 BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 316 EC307	12	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>238</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO						
BLOCO C - 2º ANDAR						
Local	I	II	III	IV	V	Sensor
Porta 291 EC209	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 292 EC207	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 290 EC208	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 294 EC211	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 289 EC207	9	-	-	-	-	NÃO
Sala colaborado- res	3	-	-	-	-	NÃO
Corredor	39	-	-	-	-	NÃO
Porta 296 BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
Porta 298 BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	SIM
Porta 297 BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 299 BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 300	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 301	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 302	-	-	1	-	-	NÃO
Porta 288 EC206	12	-	-	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	5	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	5	-	-	NÃO
Porta 287 EC205	18	-	-	-	-	NÃO
Porta 283 EC201	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 286 EC204	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 284 EC202	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 285 EC203	15	-	-	-	-	NÃO
Escada	4	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>0</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO C - 1º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Porta 267 EC110	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 265 EC109	21	-	-	-	-	NÃO
Porta 269 EC111	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 264 EC105	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 263 EC108	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 270 EC111	15	-	-	-	-	NÃO
Corredor	39	-	-	-	-	NÃO
Porta 272 BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
Porta 274 BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	SIM
Porta 271 BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 276 BWC MASCULINO	-	-	3	-	-	NÃO
Porta 262 EC107	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 278 EC112	1	-	-	-	-	NÃO
Sala colaborado- res	3	-	-	-	-	NÃO
Porta 260 EC106	3	-	-	-	-	NÃO
Porta 259 EC105	15	-	-	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	5	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	5	-	-	NÃO
Porta 251 EC101	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 258 EC105	6	-	-	-	-	NÃO
Porta 257 EC104	9	-	-	-	-	NÃO
Porta 253 EC102	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 255 EC103	15	-	-	-	-	NÃO
Escada	4	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>227</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO						
BLOCO C - TÉRREO						
Local	I	II	III	IV	V	Sensor
Porta 236 EC016	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 234 EC014	6	-	-	-	-	NÃO
Porta 233 EC013	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 237 EC017	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 231 EC012	26	-	-	-	-	NÃO
Corredor	40	-	-	-	-	NÃO
Porta 240 BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM, sem funcionar
Porta 242 BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	SIM, sem funcionar
Porta 245 BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 243 BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 244 BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
Porta 246 EC018	-	-	1	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	5	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	5	-	-	NÃO
Porta 216 EC002	15	-	-	-	-	NÃO
Porta 217 EC003	9	-	-	-	-	NÃO
Porta 218 EC004	9	-	-	-	-	NÃO
Porta 219 EC005	24	-	-	-	-	NÃO
Porta 223 EC008	18	-	-	-	-	NÃO
Porta 225 EC009	3	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>195</b>	<b>0</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO EF - 3º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
EE301	18	-	-	-	-	NÃO
EE302	15	-	-	-	-	NÃO
EE303	15	-	-	-	-	NÃO
EE304	15	-	-	-	-	NÃO
Corredor	15	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
EF305	12	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
EF301	8	-	-	-	-	NÃO
EF304	20	-	-	-	-	NÃO
EF302	12	-	-	-	-	NÃO
EF303	12	-	-	-	-	NÃO
Escada	4	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>146</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>BLOCO EF - 2º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
EE203	12	-	-	-	-	NÃO
EE205	14	-	-	-	-	NÃO
EE204	15	-	-	-	-	NÃO
Corredor	14	-	-	-	-	NÃO
EE202	10	-	-	-	-	NÃO
EE201	16	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	NÃO
BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	NÃO
EF205	8	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	4	-	-	SIM
BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	SIM
EF201	12	-	-	-	-	NÃO
EF204	10	-	-	-	-	NÃO
EF203	12	-	-	-	-	NÃO
EF202	14	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO EF - 1º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
EE103	12	-	-	-	-	NÃO
EE104	12	-	-	-	-	NÃO
Corredor	16	-	-	-	-	NÃO
EE105	12	-	-	-	-	NÃO
EE102	8	-	-	-	-	NÃO
EE101	12	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	SIM
EF104	10	-	-	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	4	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
EF101	10	-	-	-	-	NÃO
EF103	18	-	-	-	-	NÃO
EF102	15	-	-	-	-	NÃO
Escada	4	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>129</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>BLOCO EF - TÉRREO</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>SENSOR</b>
Corredor	41	-	-	-	-	NÃO
EE003	18	-	-	-	-	NÃO
EE001	12	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	SIM
EF002	12	-	-	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	3	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	4	-	-	NÃO
EF001	18	-	-	-	-	NÃO
EF003	18	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO IJ - 3º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Corredor	8	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO PNE	0	-	1	-	-	SIM
BWC FEMININO	0	-	2	-	-	NÃO
Circulação PPGEC	18	-	-	-	-	NÃO
Hall PPGEC	8	-	-	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	0	-	2	-	-	NÃO
BWC MASCULINO PNE	0	-	1	-	-	SIM
Cozinha PPGEC	1	-	-	-	-	NÃO
Porta 367	1	-	-	-	-	NÃO
Porta 372	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 373	8	-	-	-	-	NÃO
Porta 377	18	-	-	-	-	NÃO
Porta 378	20	-	-	-	-	NÃO
Porta 379	18	-	-	-	-	NÃO
Porta 380	30	-	-	-	-	NÃO
Porta 381	6	-	-	-	-	NÃO
Porta 382	6	-	-	-	-	NÃO
Porta 383	6	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>BLOCO IJ - 2º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Corredor	15	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO	-	-	3	-	-	NÃO
BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	SIM
BWC MASCULINO	-	-	3	-	-	NÃO
Porta 358	20	-	-	-	-	NÃO
Porta 359	32	-	-	-	-	NÃO
Porta 360	16	-	-	-	-	NÃO
Porta 361 / Labo- ratório	107	-	-	-	-	NÃO
Porta 362	12	-	-	-	-	NÃO
Porta 363	18	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>220</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

<b>QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS POR TIPO</b>						
<b>BLOCO IJ - 1º ANDAR</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Corredor	20	-	0	-	-	NÃO
BWC MASCULINO	-	-	3	-	-	NÃO
BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	SIM
BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
BWC FEMININO	-	-	3	-	-	NÃO
Porta 344	26	-	0	-	-	NÃO
Porta 345	38	-	0	-	-	NÃO
Porta 346 / Laboratório Estruturas	-	-	0	-	22	NÃO
Porta 349 / Laboratório	110	-	0	-	16	NÃO
Porta 354	1	-	0	-	-	NÃO
Sala sem uso	4	-	0	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>199</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	
<b>BLOCO IJ - TÉRREO</b>						
<b>Local</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Sensor</b>
Corredor	6	-	-	-	-	NÃO
BWC FEMININO PNE	-	-	1	-	-	SIM
BWC MASCULINO PNE	-	-	1	-	-	SIM, com defeito
Porta 331 EIJS01	43	-	-	-	-	NÃO
Porta 330	20	-	-	-	-	NÃO
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	