



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**GUSTAVO PRIM BACK**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CONVERSÃO DE  
ENERGIA FOTOVOLTAICA NA ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA CORONEL  
ANTÔNIO LEHMKUHL - ÁGUAS MORNAS/SC**

Palhoça/SC

2023

**GUSTAVO PRIM BACK**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CONVERSÃO DE  
ENERGIA FOTOVOLTAICA NA ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA CORONEL  
ANTÔNIO LEHMKUHL - ÁGUAS MORNAS/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientadora: Professora Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, Ma. Eng.

Palhoça/SC

2023

**GUSTAVO PRIM BACK**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CONVERSÃO DE  
ENERGIA FOTOVOLTAICA NA ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA CORONEL  
ANTÔNIO LEHMKUHL - ÁGUAS MORNAS/SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, (dia) de (mês) de (ano da defesa).

---

Professora e Orientadora Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro, Ma. Eng  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Nome do Professor, Dr./Ms./Bel./Lic  
Universidade...

---

Prof. Nome do Professor, Dr./Ms./Bel./Lic  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Esse trabalho é dedicado a todos os professores que dividiram o seu conhecimento durante todo o curso, além dos colegas e amigos que me acompanharam durante toda a vida acadêmica

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por me dar a vida e por me dar a oportunidade de ter acesso a diversos meios de estudos.

Agradeço ao meu Pai, Jonas Back por ter sempre me incentivado a continuar os estudos e feito de tudo para que eu tivesse acesso a educação.

Agradeço a minha irmã Maria Gabriela por ter me ajudado em diversos momentos do curso e na vida.

Agradeço aos professores e colegas e amigos que fiz durante a minha caminhada, desde a época do IFSC/SJ até minha chegada na Unisul, me ajudando e me orientando da melhor forma até a conclusão deste curso.

Agradeço a professora Francielli, por dispor do seu tempo e me orientar durante todo esse trabalho de conclusão de curso.

Agradeço aos amigos e a todas as pessoas que passaram pela minha vida nos últimos anos, me incentivando e me apoiando, principalmente nos momentos difíceis.

Agradeço a todas as pessoas me ajudaram a concluir este trabalho, de forma direta e indiretamente.

Deixo um parágrafo para uma pessoa muito especial, que já não se encontra mais nesse mundo, mas que com toda certeza, está com muito orgulho de ver que seus dois filhos, conseguiram o tão sonhado diploma. Infelizmente, ela não poderá acompanhar esse momento, mas com certeza estará vendo tudo com muito orgulho. Obrigado minha mãe, Maura Inês Prim Back.

“Se você vai ter que conviver com você mesmo até o fim, se você vai ter que se aguentar até o fim, se você vai ser espectador de você mesmo até o fim, é melhor que se encante com o que faz” (Clóvis de Barros Filho).

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Painel Policristalino.....	16
Figura 2 - Painel de Telureto de Cádmio.....	17
Figura 3 - Painéis de Seleneto de Cobre, Índio e Gálio.....	18
Figura 4 - Painel Híbrido .....	18
Figura 5 - Painel Monocristalino .....	19
Figura 6 - Instalação na Escola Municipal Júlio Machado da Luz.....	23
Figura 7 - Usina Solar Lages/SC .....	24
Figura 8 - Sistema <i>Off-Grid</i> .....	25
Figura 9 - Sistema <i>On-Grid</i> .....	26
Figura 10 - Conceitos básicos.....	27
Figura 11 – Árvore gerando área de sombreamento.....	33
Figura 12 – Telhado lado esquerdo, árvore ao fundo gerando área de sombreamento.....	33
Figura 13 - Temperatura Média Anual .....	34
Figura 14 - Projeção solar.....	36
Figura 15 - Irradiação Solar por mês .....	37
Figura 16 - Vista área Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl.....	39
Figura 17 - Vista área da Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl.....	41
Figura 18 - Painel solar EMST-440M HC.....	41
Figura 19 - Diagrama de Perdas .....	46
Figura 20 - Vista superior quadra de areia.....	49
Figura 21 - Vista superior da quadra esportiva.....	49
Figura 22 - Telhado <i>Shed</i> .....	50
Figura 23 - Telhado em arco.....	51
Figura 24 - Telhado duas águas .....	52

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo Brasil x Mundo .....	13
Gráfico 2 - Simulação de <i>payback</i> em um residência comum.....	29
Gráfico 3- Energia gerada no sistema.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre os tipos de painéis .....	20
Tabela 2 - Variação Clima de Águas Mornas .....	35
Tabela 3 - Índice de radiação solar .....	38
Tabela 4 - Características da placa utilizada .....	42
Tabela 5 - Balanços e resultados principais do sistema .....	45
Tabela 6 - Consumo de energia elétrica da escola .....	47
Tabela 7 - Balanço e principais resultados na quadra esportiva .....	53

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

EPP - Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos

FC - Fator de Capacidade

PEE - Programa de Eficiência Energética

Proinfra - Programa de Incentivo a Fontes Alternativas

TIR - Taxa Interna de Retorno

UHE - Usina Hidrelétrica

VPL - Valor Presente Líquido

SIEM – Sistema da Informação de Energia Municipal

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.1</b>	<b>TIPOS DE PAINÉIS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1.1</b>	<b>PAINEL POLICRISTALINO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1.2</b>	<b>PAINEL DE TELURETO DE CÁDMIO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.1.3</b>	<b>PAINEL DE SELENETO DE COBRE, ÍNDIO E GÁLIO (CIS/CIGS) .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.1.4</b>	<b>PAINEL HÍBRIDO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1.5</b>	<b>PAINEL MONOCRISTALINO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA CORONEL ANTÔNIO LEHMKUHL</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>ARCABOUÇO REGULATÓRIO .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1</b>	<b>LEIS ESPECÍFICAS .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.2</b>	<b>UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAÍCA EM PRÉDIOS PÚBLICOS</b> <b>.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>GERAÇÃO DISTRIBUIDA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2</b>	<b>SISTEMA <i>OFF-GRID</i> .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.3</b>	<b>SISTEMA <i>ON-GRID</i>.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5</b>	<b>FATOR DE CAPACIDADE.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6</b>	<b><i>PAYBACK</i>.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.1</b>	<b>TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR) .....</b>	<b>30</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>ÁREA DE INSTALAÇÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>CONSUMO DE ENERGIA NA ESCOLA.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2</b>	<b>INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS NO TELHADO DA ESCOLA.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.1</b>	<b>SIMULADO INSTALAÇÃO NA QUADRA ESPORTIVA.....</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>DESAFIOS ENCONTRADOS .....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO A – FICHA TÉCNICA EMST-440M HC .....</b>	<b>60</b>

<b>ANEXO B - RELATÓRIO DA SIMULAÇÃO NO TELHADO DA ESCOLA NO <i>PVSYST</i>.....</b>	<b>63</b>
<b>63</b>	
<b>ANEXO C - RELATÓRIO DA SIMULAÇÃO NA QUADRA ESPORTIVA DA ESCOLA NO <i>PVSYST</i>.....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 anos, de acordo com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), a média do consumo de energia elétrica vem aumentando de forma gradativa, e em 2022, teve um aumento de 1,5% em todo o território nacional. A projeção para até 2030 é que o consumo energético do Brasil cresça em média 3% ao ano, pelo menos é que indica os estudos da EPE (Empresa de Pesquisa Energética).

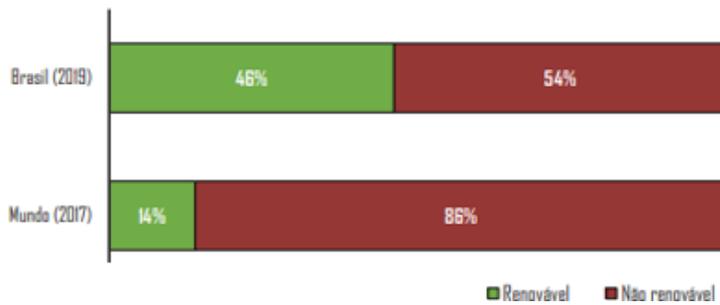
Com isso, o setor energético possui um grande desafio para os próximos anos, visto que será necessário aumentar a matriz energética do território brasileiro para atender essa necessidade. Levando em consideração a limitação na construção de novas UHE (Usina Hidrelétrica), o grande desafio como gerar essa demanda dentro do território, sem a necessidade de exportar de países vizinhos.

Dessa forma, fontes de energia sustentável acabam sendo uma maneira de se conseguir atender essa demanda e fazer com que o sistema não entre em colapso e ter problemas de abastecimento em serviços básicos da população, como escolas e hospitais.

Hoje no Brasil, já possuem escolas com o sistema de energia fotovoltaica, mas não existe um incentivo direto por parte dos órgãos competentes, seja para instalação ou para abater no custo dos materiais para instalação. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar), em 2020 houve um aumento de 64% da instalação de painéis solares em relação a 2019, tanto na geração centralizada quanto na geração quanto na geração distribuída. Isso quer dizer um investimento de mais de 13 R\$ bilhões nesse período.

O Brasil, quando comparado com o resto do mundo, possui altos níveis de geração de energia elétrica renovável. De acordo com o Atlas de Eficiência Energética de 2020, publicado pelo Ministério de Minas e Energia, O Brasil possui uma oferta interna de energia de 46%, muito superior que a média mundial de 14%, conforme podemos analisar no gráfico 01, no comparativo entre o Brasil e o Mundo.

Gráfico 1 – Comparativo Brasil x Mundo



Fonte: Atlas da Eficiência Energética. 2020

Em larga vantagem, é um dos setores que mais vem crescendo no País nos últimos anos, e vem se tornando cada vez mais viável a instalação de sistemas desse tipo em casas, comércios e indústrias, desde que seja feito todo o estudo de forma correta.

Além dos fatores econômicos que incentivam o uso de painéis fotovoltaicos no setor energético, um outro ponto que deve ser levado em consideração é o fato de ser uma geração de energia não poluente e sem danos ao meio ambiente. É claro que não podemos comparar com a geração de energia de uma Usina Hidroelétrica, que possui capacidade de operação muito maior que uma usina fotovoltaica, porém precisamos entender que o abastecimento em escalas menores, é uma solução eficiente para diminuir o consumo da rede da concessionária e evitar um colapso no sistema elétrico.

Em vista disso, o intuito deste trabalho é unir o lado social com o financeiro, pensando numa melhor qualidade da educação, ajudar nos cofres públicos e evitar um colapso no sistema fotovoltaico.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

O principal motivo para realizar esse estudo é a economia de energia para o município de Águas Mornas, podendo assim investir em outros setores da educação. Além disso, a escola não possui qualquer gerador de energia, o que impossibilita ter aulas noturnas em caso de uma falta de energia pela fornecedora de energia da região.

## **1.2 OBJETIVOS**

Realizar uma análise técnica e financeira da implementação do sistema fotovoltaico na Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl em Águas Mornas/SC, visando as dificuldades para instalação e também o retorno econômico desta implementação.

### **1.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Definir a incidência de sol da área de cobertura da Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl;
- Estudar área de cobertura disponível para a instalação dos painéis solares;
- Verificar se a estrutura atual da escola suportará o peso das placas e da estrutura;
- Estimar a potência gerada pelo sistema;
- Calcular o *payback*.

### **1.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Conforme citado anteriormente, a demanda do setor energético brasileiro vem aumentando com o passar dos anos e cada vez mais as pessoas e instituições possuem interesse no assunto.

Dentro destes cenários, cada vez mais acaba entrando em discussão o uso de painéis fotovoltaicos para geração de energia como forma de economia no sistema energético.

Levando em consideração os serviços públicos essenciais, citando mais fortemente escolas e hospitais, possuem gastos fixos de energia mensal que precisam ser descontados do orçamento do município ou governo. Esses gastos poderiam ser evitados ou diminuídos usando um sistema de energia fotovoltaica na área de cima do prédio em questão. Se for um prédio horizontal, essa área de instalação será maior e consequentemente terá uma geração de energia maior, assim como a economia que será gerada.

Além dos fatores econômicos, a instalação dos painéis solares poderiam ser utilizados para a educação dos estudantes. Com a estrutura montada e em uso, seria uma forma de incentivar o uso consciente da energia elétrica na cidade, já que a instalação seria direto na escola e seria melhor para os alunos visualizarem a idéia de uma usina fotovoltaica.

### **2.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Os estudos referente a geração de energia em painéis fotovoltaicos não é recente, apesar da tecnologia estar em constante desenvolvimento e vem aumentando o interesse em estudos na área nos últimos anos. O início das pesquisas com energia solar foi através do físico Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), que descobriu o efeito fotovoltaico através de um instrumento desenvolvido por ele, o actinômetro, conseguiu medir a intensidade luminosa nos feixes de luz.

A energia solar surgiu em 1954, graças estudos feitos pelo engenheiro Russel Shoemaker Ohl com células fotovoltaicas e placas de silício. Além disso, ele foi o primeiro a patentear o sistema fotovoltaico como conhecemos atualmente.

Mesmo com o quantidade de estudo na área, foi apenas em 2000 que foi criado o primeiro sistema fotovoltaico conectado a rede, e esse número só vem aumentando, conforme citado anteriormente.

Possuem duas formas hoje de sistemas fotovoltaicos, sendo eles *On-Grid* e *Off-Grid*. Redes *On-Grid* são conectadas a rede elétrica, trabalhando junto com o sistema de energia elétrica da concessionária do local. Nos sistemas *Off-Grid*, o sistema trabalha de forma separada da rede da concessionária, geralmente mais indicados para regiões remotas.

### 2.1.1 TIPOS DE PAINÉIS

Atualmente no mercado, possuem diversos tipos de painéis solares, cada um com sua peculiaridade e adequados para determinados cenários e instalações. A seguir, serão listados os principais painéis que possuem no mercado e descrever um pouco sobre cada um desses painéis.

#### 2.1.1.1 PAINEL POLICRISTALINO

Os painéis policristalinos possuem um tempo de vida útil superior a 30 anos, porém com uma garantia de 25 anos. Este painel geralmente é mais barato que os demais disponíveis no mercado, com uma eficiência energética de até 18%.

Como ele possui uma pureza menor de silício, é necessário ter uma área maior de instalação para conseguir gerar a mesma quantidade de energia que um painel monocristalino.

O painel possui um cor mais azulada, conforme podemos ver na figura 01.

Figura 1 - Painel Policristalino



### **2.1.1.2 PAINEL DE TELURETO DE CÁDMIO**

Painéis de Telureto de Cádmio possuem uma coloração mais escura quando comparado aos painéis Monocristalinos e Policristalinos. Esse painel possui um baixo custo de produção, porém o cádmio é um elemento tóxico, que quando manuseado de forma inadequada, pode ser nocivo a saúde. Esse painel possui uma eficiência de até 16%.

Esse painel possui uma película bem fina, o que ajuda no manuseio para instalação. Geralmente é utilizado em usinas fotovoltaicas.

Na Figura 02, podemos ver uma imagem on possui uma pequena usina de geração de energia usando painéis de telureto de cádmio.

Figura 2 - Painel de Telureto de Cádmio



Fonte: Página América do Sol, 2020

### **2.1.1.3 PAINEL DE SELENETO DE COBRE, ÍNDIO E GÁLIO (CIS/CIGS)**

Diferente do Cádmio, esses elementos químicos são menos tóxicos e não possuem tanto cuidado para o manuseio. Esses painéis possuem uma eficiência de até 13%.

Na figura 03, possui um comparativo entre as placas, mostrando a diferença na colocação e nos aspectos visuais.

Figura 3 - Painéis de Seleneto de Cobre, Índio e Gálio



Fonte: Página Solar Eólica Renovável. 2021

#### 2.1.1.4 PAINEL HÍBRIDO

Esses painéis possuem um bom desempenho em temperaturas mais altas, com uma eficiência de até 24%. Essa tecnologia ainda não é tão explorada em instalações, já que ela ainda não está disponível no mercado.

O processo de fabricação dessa tecnologia é chamado de Heterojunção, que é a junção de dois materiais semicondutores

Podemos ver na figura 04 como esse painel é diferente fisicamente quando comparado aos outros.

Figura 4 - Painel Híbrido



Fonte: Página Eco Vila Resort. 2012

### 2.1.1.5 PAINEL MONOCRISTALINO

Quando comparado com os painéis policristalinos, a eficiência energética é ligeiramente maior, atingindo até 22%. Esses painéis são atualmente os líderes do mercado, devido ao tempo de vida útil ser maior, porém com um custo mais elevado.

Assim como o painel Policristalino, é uma opção de painel com a eficácia do silício. A diferença para o Policristalino, é que o painel monocristalino possui um silício ultrapuro. A performance desse painel em ambientes com baixa luminosidade é maior, e por isso painéis deste modelo foram os escolhidos para a utilização nesse estudo, já que em Santa Catarina, principalmente no inverno possui muito tempo com chuva e com o tempo fechado.

Além disso, esses painéis possuem uma alta densidade de potência, o que permite gerarmos mais energia por área. Dependendo do espaço disponível juntamente com a demanda necessária, painéis deste tipo são mais recomendados para a geração de energia elétrica em espaços limitados.

Esse piínel quando comparado ao policristalino, ele possui uma coloração mais escura, conforme figura 05 abaixo.

Figura 5 - Painel Monocristalino



Fonte: Página Intelbras. 2023

Pra elucidar melhor as diferenças de cada painel, a tabela 01 mostra um comparativo entre cada um desses painéis, mostrando as vantagens e desvantagens de cada um deles. Em **negrito**, está o painel que será utilizado nesse cenário para instalação.

Tabela 1 - Comparativo entre os tipos de painéis

<b>PAINEL</b>	<b>RENDIMENTO</b>	<b>VANTAGEM</b>	<b>DESVANTAGEM</b>
<b>Monocristalino</b>	<b>22%</b>	<b>Melhor Rendimento</b>	<b>Custo maior</b>
Policristalino	18%	Garantia de 25 anos	Menor rendimento
Telureto de Cádmio	16%	Manuseio fácil para instalação	Produtos químicos na fabricação da lâmina
Seleneto de cobre, índio e gálio	13%	Fácil manuseio para instalação	Menor rendimento
Híbrido	24%	Maior eficiência	Custo para fabricação

Fonte: o Autor, 2023

## 2.2 ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA CORONEL ANTÔNIO LEHMKUHL

A Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl está localizado na área urbana do município de Águas Mornas (-27.69807592357366, -48.81826545108115) em Santa Catarina. O município está localizado na região da Grande Florianópolis, fazendo divisa com outros seis municípios (Santo Amaro da Imperatriz, Rancho Queimado, Angelina, São Bonifácio, São Pedro de Alcântara e Anitápolis). O município está localizado a 36 Km de Florianópolis, capital do estado.

A Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl foi fundada em 1974 e hoje possui Ensino Médio e Fundamental. É a escola com maior quantidade de alunos matriculados do município, sendo 450 no total e 17 professores e por isso possuem aulas no período matutino, vespertino e noturno (INEP 2021),.

A escola possui uma arquitetura horizontal, o que nos permite utilizar toda a área disponível na parte superior da escola para a utilização da instalação dos painéis solares.

## **2.3 ARCABOUÇO REGULATÓRIO**

O arcabouço regulatório é o conjunto de normas, leis e regulamentos para estabelecer as diretrizes e condições para realização de uma atividade ou para funcionamento de um determinado setor. No caso dos painéis fotovoltaicos, possui um arcabouço regulatório que estabeleça condições para a instalação desse sistema.

O principal regulamento vigente no Brasil, relativo a geração distribuída é a Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Outra norma que pode ser aplicada a essas sistemas é a NBR 16.280, que estabelece requisitos para reformas em edificações, incluindo instalação de sistemas fotovoltaicos.

### **2.3.1 LEIS ESPECÍFICAS**

Atualmente, existem incentivos do governo para a instalação de sistemas fotovoltaicos em prédios públicos no Brasil, sendo um dos principais o Programa Energia Inteligente lançado em 2020 pelo Ministério de Minas e Energia, que tem como objetivo promover formas para reduzir o consumo de energia elétrica do país.

Além disso, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), oferece financiamento para governos estaduais e municipais para desenvolvimento de sistemas sustentáveis no setor energético. Esse financiamento é chamado de Finem – Geração de Energia e podem ser financiados diversos itens, como o estudo e o projeto, as obras e as despesas pré-operacionais.

O Programa de Eficiência Energética (PEE), coordenado pela Agência Nacional de Engenharia Elétrica (ANEEL), tem como principal objetivo promover o uso eficiente da energia elétrica, fazendo com que as concessionárias de energia destinem de forma obrigatória a aplicar uma parte da sua receita para pesquisa no setor elétrico, conforme Lei nº9.991 de 24 de julho de 2000.

Além dos programas citados anteriormente, possui o Proinfa (Programa de Incentivo a Fontes Alternativas). Esse programa possui como principal objetivo aumentar a participação de fontes renováveis, com base em pequenas centrais hidrelétricas, energia eólica e biomassa.

O Proinfa foi iniciado através da Lei nº 10.348/2002, com o objetivo de incentivar a geração de energia elétrica sustentável por produtores independentes.

Em Abril de 2022, através das resoluções normativas Nº 481 e 482 da ANEEL, houve um incentivo maior para o uso de cenários como esse, sendo um desses pontos um desconto de 80% para empreendimentos construídos até dezembro de 2017, durante os 10 primeiros anos.

### **2.3.2 UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS**

Em 1997 foi instituído pela Eletrobrás o Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos (EPP). Esse programa possui como principal objetivo promover a eficiência energética nos prédios públicos federais, estaduais e municipais, visando a economia de energia, desde a melhoria na qualidade de lâmpadas, até equipamentos que possuem um consumo mais alto de energia (PROCEL 2006).

No Brasil, já possuem alguns bons exemplos de energia fotovoltaica em ambientes públicos. Nessas instalações, geralmente usando o sistema *on-grid*, é possível ter uma economia de energia considerável e usa-la para realizar o abastecimento em momento da ausência de energia por parte da concessionária, ou para uso interno em determinados ambientes ou atividades do prédio.

Na cidade de Joinville em Santa Catarina, a Escola Municipal Júlio Machado da Luz foi a primeira do município a receber instalações de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica. De acordo com o portal ecoa, houve um dimensionado para gerar em média 500 kW/h por mês, o que significa que será gerada 1/3 da energia consumida em um mês. O investimento para realizar toda a instalação dessa estrutura foi de R\$ 42 mil em 2016, ano da implementação (Portal ECOA 2016).

Na figura 06, podemos ver a instalação dos painéis na parte superior da escola.

Figura 6 - Instalação na Escola Municipal Júlio Machado da Luz



Fonte: Portal Ecoa Energias Renováveis, 2016

Um outro exemplo de uso de sistema fotovoltaicos em Santa Catarina é o uso em prédios do Tribunal de Justiça de Santa Catarina. De acordo com Conselho Nacional de Justiça, a partir de 2023 os prédios do estado serão abastecidos parcialmente com energia fotovoltaica.

Diferente da instalação na Escola Municipal Júlio Machado da Luz em Joinville, os painéis são estão instalados no prédio, e sim em uma usina solar em Lages/SC. Essa usina possui uma capacidade de geração de energia elétrica de 1 mW. De acordo com a CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), a estimativa é que haja uma economia de 10% no consumo de energia elétrica nos prédios do Tribunal de Justiça de Santa Catarina. Na figura 07, podemos verificar o tamanho de área instalada na usina solar em Lages/SC.

Figura 7 - Usina Solar Lages/SC



Fonte: Portal Ecoa Energias Renováveis, 2022

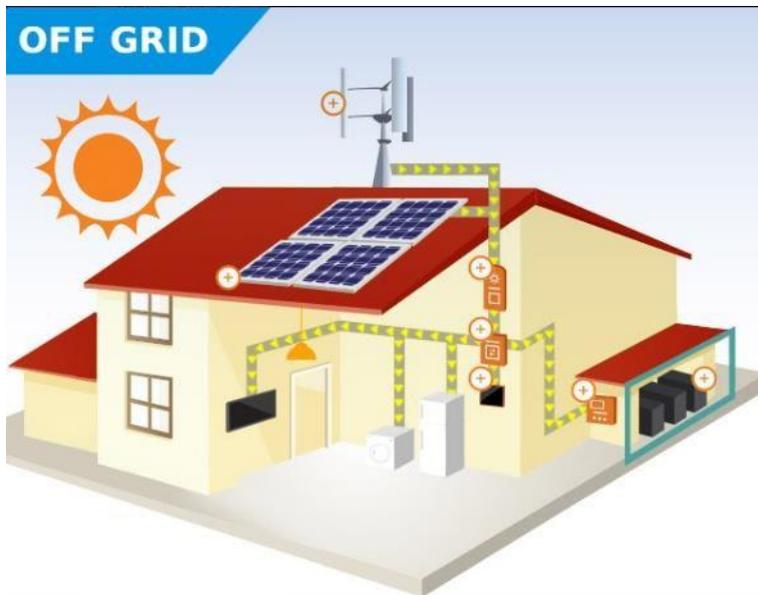
## 2.4 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Quando falamos na geração de energia de sistemas fotovoltaicos, é necessário identificar as formas de como se gerar essa energia. Como já citado anteriormente, sistemas deste tipo possuem duas formas de instalação, sendo elas *On-grid*, onde o sistema é conectado com a rede da concessionária e os sistemas *Off-grid*, onde o sistema é isolado da rede da concessionária e é armazenada a energia gerada em um banco de capacitores.

### 2.4.2 SISTEMA OFF-GRID

Esses dois sistemas de instalação podem ser utilizados em basicamente todos os prédios e residências, porém, sistema off-grids, são recomendados para instalações remotas, onde não possuem uma estrutura elétrica de concessionária ou em locais em que a utilização da energia armazenada é sazonal, um exemplo de aplicação deste tipo é microempresas que precisam de tempos em tempos realizar a embalagem ou plastificação de produtos alimentícios, e consequentemente usam maquinários para essa aplicação.

Esse tipo de cenário, precisar ter baterias para armazenamento da energia gerada, caso contrário, a energia gerada será desperdiçada, já que o sistema não está conectado com a rede da concessionária para geração de payback. Na figura 08, possui um esquemático de um sistema off-grid em um residência. Note que não possui nenhuma ligação na rede elétrica.

Figura 8 - Sistema *Off-Grid*

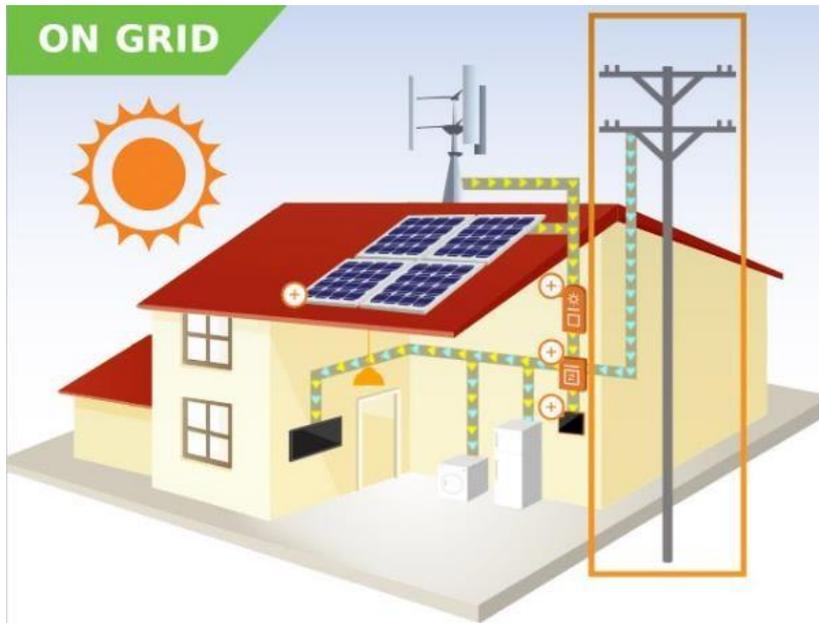
Fonte: Portal Revista Potência, 2022

### 2.4.3 SISTEMA *ON-GRID*

Sobre os sistemas *On-grid*, residências em geral podem utilizar no telhado, montando uma estrutura de painéis fotovoltaicos, geralmente dimensionada pensando no consumo mensal da unidade consumidora e qual o tempo de *payback*. Dessa forma, a energia gerada fica com o proprietário da residência, e a energia excedente, é gerada como crédito pela concessionária da rede elétrica contratada.

Na figura 9, possui o mesmo esquemático da figura 6, porém note que as baterias foram retiradas nesse tipo de aplicação e conseqüentemente o sistema foi conectado na rede da concessionária.

Figura 9 - Sistema *On-Grid*



Fonte: Portal Revista Potência, 2022

Ainda na mesma lógica das residências, condomínios de apartamentos e prédios comerciais também podemos utilizar deste tipo de instalação para economia de energia. Em condomínios, geralmente é utilizado a energia gerada para iluminação das áreas comuns e para uso do motor de piscinas e jardins, quando possuem.

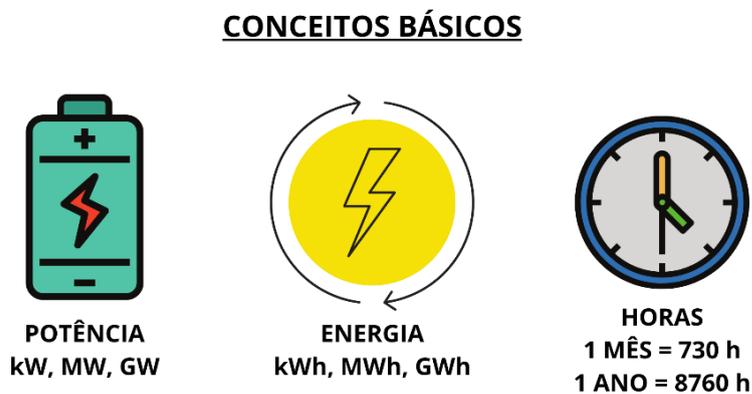
Além das formas mais conhecidas do sistema de distribuição, possui outras maneiras que podem ser utilizadas em cenários reais. Uma delas é o autoconsumo remoto, que pode ser utilizado caso o proprietário da residência possua duas ou mais propriedades no mesmo nome e na mesma rede de concessionária. Com isso, é possível gerar créditos de uso de energia, já que a produção excedente pode ser utilizada na outra residência, conforme previsto na Lei 14.300/2022.

Uma outra forma de utilização é criar um cooperativa de geração compartilhada. Nesse tipo de modalidade, é possível que várias residências, prédios comerciais e conjunto de condomínios criem uma rede de única de abastecimento. Geralmente é criado um usina fotovoltaica para a geração da energia de todas as unidades consumidoras, já que a quantidade de unidades consumidoras e a quantidade de consumo de cada uma delas é um fato importante para dimensionar a quantidade de energia que será gerada. Nesse tipo de aplicação, pode ser também utilizada a modalidade de crédito, conforme também previsto na lei 14.300/2022

## 2.5 FATOR DE CAPACIDADE

O fator de capacidade é um indicador que dimensiona o quanto uma usina gera de energia e qual o máximo que ela pode gerar. Para realizar esse cálculo é necessário três conceitos básicos: Potência, Energia e tempo. Na figura 10, podemos ver de forma visual os três conceitos básicos.

Figura 10 - Conceitos básicos



Fonte: Página Energes. 2020

Referente a cada um desses conceitos, a Potência será a quantidade em *Watts* instalada na Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl em Águas Mornas. Essa potência, podemos chamar de potência de pico, já que será o máximo de potência que poderá ser gerado pelo sistema.

A variável Energia, será a potência gerada em um determinado tempo. Logo, se quiser saber quanto de energia será gerada em 1 ano, precisa multiplicar a quantidade de potência gerada pela usina e multiplicar por 8760 (1 ano em horas).

Por fim, a variável tempo, será a mesma usada para calcular a energia anteriormente. Será necessário calcular esse tempo em horas.

Portanto, é possível realizar o cálculo de fator de capacidade através da fórmula,

$$Fator\ de\ capacidade = \frac{Energia}{Potência} \times Tempo \quad (1)$$

Onde:

- **FC** = Fator de capacidade
- **Energia** = Energia gerada no período de tempo escolhido
- **Potência** = Potência total instalada no local
  - **Tempo** = Intervalo de tempo escolhido, precisa ser o mesmo escolhido para achar a Energia.

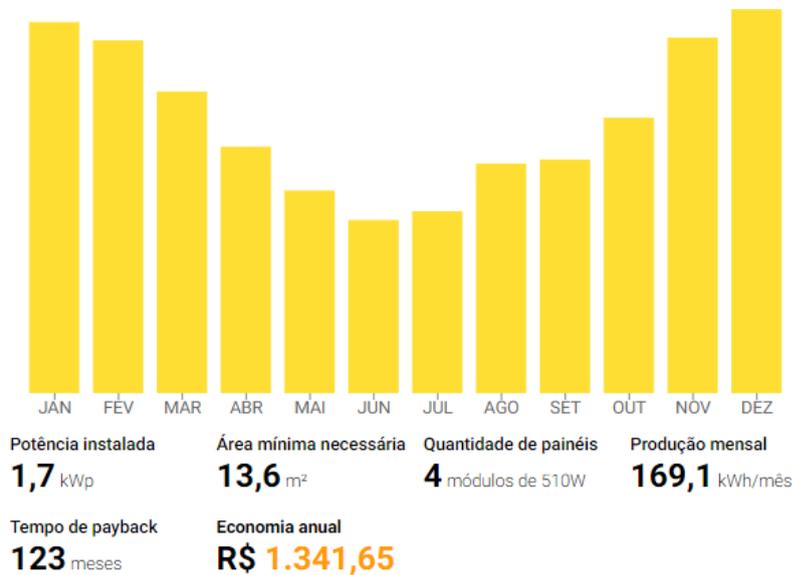
## 2.6 **PAYBACK**

Sempre quando é citado instalações de painéis fotovoltaicos, os questionamentos sempre são os mesmos sobre esses tipos de cenários (custo para instalação, qual painel utilizar). Porém, a principal dúvida de um consumidor é saber em quanto tempo será o retorno desse investimento que ele fez, ou qual seria o *payback*.

O *Payback* é o tempo que o consumidor precisa para pagar o investimento feito e começar a gerar o lucro da energia. Segundo a ABSOLAR, o tempo médio para um consumidor comum, com uma residência ter o retorno é de 4 a 7 anos. Obviamente esses valores não são fixos, já que o consumo médio de cada residência é diferente, além de que cada região possui taxas diferentes.

Para se calcular o *payback* e verificar em quanto tempo seria necessário para quitar o investimento, possui diversas páginas na Internet com essa calculadora de forma gratuita, sendo a principal delas no site Portal Solar.

Esse cálculo é feito se baseando em alguns fatores da rede, no consumo elétrico da residência e incidência de sol durante cada mês do ano. No gráfico 02, foi feita uma simulação de um residência na cidade de Palhoça em Santa Catarina, onde os gastos com energia elétrica são de R\$ 100,00 mensais.

Gráfico 2 - Simulação de *payback* em um residência comum

Fonte: Portal Solar (2023)

Como podemos ver no Gráfico 02, para esse consumidor, o *payback* seria de 123 meses, ou seja, um pouco mais de 10 anos para o investimento inicial feito começar a se tornar lucrativo. Além disso, conseguimos notar que seriam necessários 4 módulos de 510 *Watts* para suprir a geração de energia no mês, gerando uma produção mensagem de 169,1 KWh.

Para se realizar esse cálculo, precisamos seguir alguns passos para chegar no valor final da economia. Basicamente, podemos concluir que o *payback* é o investimento inicial dividido pela economia gerada anualmente. Para se chegar ao valor de economia gerada num ano, é necessário saber quanto de potência será gerada nos painéis por um ano juntamente com o preço do kW/h da concessionária. Portanto, a fórmula para calcular o *payback* é,

$$\textit{payback} = \frac{\textit{Investimento Inicial}}{\textit{Economia gerada}} \quad (2)$$

Onde, a economia gerada é calculada como,

$$\textit{Economia Gerada} = \frac{\textit{Produção Gerada No Ano}}{\textit{Custo do kW/h}} \quad (3)$$

### 2.6.1 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Em termos gerais, a Taxa Interna de Retorno (TIR) é um cálculo utilizado para avaliação de investimentos, medindo a sua rentabilidade. De acordo com o Economista Leonardo Pereira, a TIR é interpretada como a taxa de desconto que torna o Valor Presente Líquido (VPL) nulo, ou seja, o retorno desse cálculo precisa ser zero, para representar o equilíbrio entre lucros e prejuízos.

Pra se realizar esse cálculo, é necessário utilizar a fórmula,

$$\sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i} - Investimento Inicial = 0 \quad (4)$$

Onde,

- $FC_i$  = Fluxos de caixa do período
- $i$  = Período de cada investimento
- $n$  = Período final do investimento

Dentro de um sistema fotovoltaico, é uma medida financeira para avaliar a viabilidade econômica. É muito importante que esse valor seja cálculo, porque indica a taxa de retorno esperado do investimento e pode ser usada para comparativo, com outros investimentos ou para verificar se o projeto possui uma viabilidade financeira.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo consistirá em duas etapas principais: pesquisa e desenvolvimento, que serão conduzidas de acordo com as necessidades específicas deste projeto de viabilidade.

Na fase de pesquisa, serão coletadas informações diretamente na Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl no município de Águas Mornas, em Santa Catarina. O objetivo é mensurar e analisar os dados de consumo de energia do prédio que será avaliado. Para isso, serão utilizados métodos de coleta de dados, como registros de consumo de energia, entrevistas com os gestores da escola e análise de documentos relacionados.

Com base nas informações coletadas na etapa de pesquisa, será realizada a fase de desenvolvimento, que consistirá no estudo da implementação dos painéis fotovoltaicos na escola. Além dos dados obtidos *in loco*, serão considerados dados existentes sobre o desempenho de painéis fotovoltaicos disponíveis no mercado. Essa análise levará em conta fatores financeiros e físicos para determinar a viabilidade da implementação, avaliando a rentabilidade do investimento e considerando aspectos técnicos, como a capacidade de geração de energia e as condições do local.

Dessa forma, a metodologia proposta permitirá a verificação da viabilidade financeira da instalação dos painéis solares na escola, levando em consideração os aspectos citados.

#### 4 ÁREA DE INSTALAÇÃO

Analisando a área onde a Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl está construída, a área com maior incidência de sol será nos telhados da escola, isso porque as demais áreas abertas ficaram encobertas pelos prédios construídos. Além disso, a área aberta atrás da escola possui um aclive já na extrema do terreno de construção, o que dificulta a utilização da área superior do terreno. Atualmente essa área é utilizada de forma improvisada para lazer dos estudantes.

A escola possui ainda uma quadra esportiva, porém a mesma é descoberta o que impossibilita de usar essa área para a instalação dos painéis.

Com isso, a Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl possui uma área disponível para instalação de 80m<sup>2</sup> na parte frontal da escola e 52m<sup>2</sup> na parte inferior. Essa área é o telhado da escola, onde abaixo possuem as salas de aula para os ensinamentos fundamentais e médios.

Essa área foi calculada pensando no tamanho disponível do telhado, após análise *in loco* na escola, foi verificado que possui algumas árvores na frente que poderiam influenciar nessa geração de energia, gerando uma área sombreada. Com isso, todo o projeto foi modificado para evitar essas áreas.

Foi escolhido a área que contempla a parte da frente da escola devido a orientação do telhado estar a norte do sol. Esse tipo de aplicação é recomendado para instalações na região do hemisfério Sul. Isso ocorre porque o sol nasce a leste, tendo toda sua inclinação a norte durante todo o período do dia, e se põe a Oeste, com isso será possível o melhor aproveitamento do sol durante todo o período. Mesmo com uma pequena perda da árvore obstruir uma área de instalação, ainda assim conseguimos abstrair uma ótima área para captação.

Caso colocássemos os painéis com sua face voltada ao sul, as perdas serão muito grandes. De acordo com portal solar, as perdas na geração de energia será maior que 20% e perdas da instalação em faces Oeste e leste podem variar de 12% a 20%.

Abaixo nas figuras 11 e 12, possui dois ângulos diferentes mostrando essa obstrução.

Figura 11 – Árvore gerando área de sombreamento



Fonte: Própria, 2023

Figura 12 – Telhado lado esquerdo, árvore ao fundo gerando área de sombreamento



Fonte: Própria, 2023

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, a região da Grande Florianópolis, onde se encontra o município de Santa Catarina, possui uma taxa de irradiação Solar de 3500 a 4000 Wh/m<sup>2</sup>. A região Sul do país, em um contexto geral possui uma radiação global média inferior que as demais regiões do Brasil. Não necessariamente isso se dá pelo fato de ser a região mais fria do País, de acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, a média anual de temperatura varia de 18° a 20C°, já que a incidência de radiação não está ligada ao calor e sim aos raios solares que atingem a atmosfera. O que ocorre é que a região Sul possui uma maior concentração de nuvens, que acaba ofuscando esses raios solares.

Abaixo na Figura 13, conseguimos ter uma amostra visual da temperatura média anual do território brasileiro. Note a diferença da região Sul para as demais regiões do País. Próximo a linha do Equador, é possível verificar que a temperatura é mais elevada, atingindo uma média de 28°C a 30C°.

Figura 13 - Temperatura Média Anual



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2020

De acordo com o portal ClimateData, Janeiro e Fevereiro são os meses com as maiores temperaturas do ano, com 22,4° C e 22,6° C respectivamente. Porém esses também são os meses com maior incidência de chuva, com mais de 200mm de chuva em casa mês. Isso ocorre devido a posição geográfica do município, fazendo com que o clima seja quente, seco e temperado. Esses dados podem ser conferidos na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Variação Clima de Águas Mornas

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	22,4	22,6	21,6	19,7	16,5	15	14,2	15,2	16,4	18,2	19,4	21,3
Temperatura mínima (°C)	19,7	19,9	19,1	16,9	13,6	11,9	11	11,9	13,5	15,4	16,6	18,5
Temperatura máxima (°C)	26,1	26,2	25,2	23,4	20,1	19	18,4	19,6	20,3	21,9	23,1	25,1
Chuva (mm)	251	232	167	109	123	100	94	93	155	154	159	173
Umidade(%)	83%	85%	84%	83%	82%	84%	84%	83%	82%	83%	82%	82%
Dias chuvosos (d)	17	15	15	10	8	7	7	7	10	12	13	14
Horas de sol (h)	6,6	6,8	6,3	6,2	6,0	6,0	6,1	6,1	5,4	4,9	5,6	6,3

Fonte: ClimateData, 2021

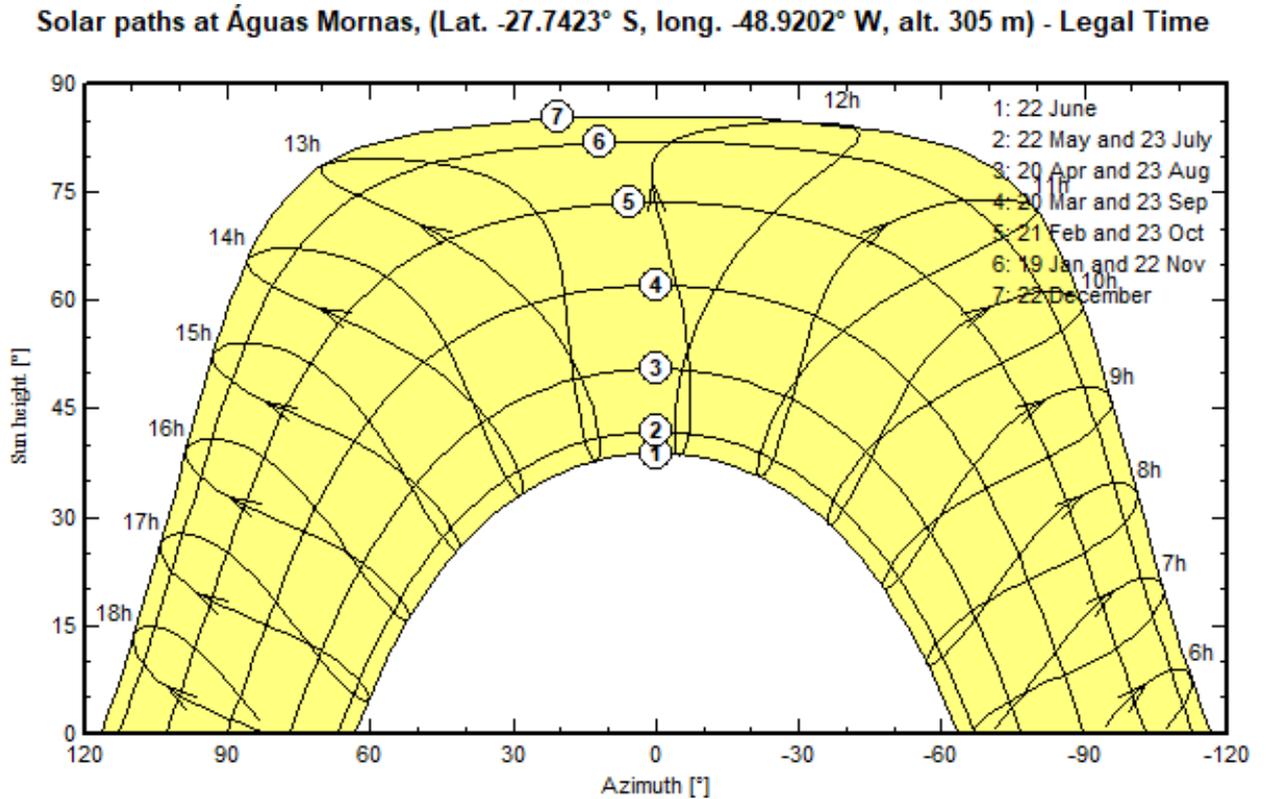
Nessa tabela, podemos notar que de Abril a Setembro a média mais baixa de dias chuvosos do ano, o que favorece na geração de energia solar no local, já que a tendência é o céu não estar encoberto.

Para conseguirmos simular a quantidade de energia gerada nesse sistema da escola, será utilizado o *software PVsyst*. Esse *software* possui como principal premissa a simulação de sistemas fotovoltaicos, auxiliando no desenvolvimento de dimensionamento do projeto. A ideia de utilizar esse *software* é facilidade de dimensionar qualquer tipo de projeto, já que é possível calcular o desempenho do sistema, cálculo da produção e análise de perdas. Para esse projeto, foi utilizada a versão 7.4.2 do *software*.

Além disso, com esse *software* também conseguimos realizar uma projeção da trajetória do sol durante o ano. Isso nos ajudará a verificar os melhores momentos para captação do potencial solar. Na figura 14, podemos verificar essa trajetória do sol. O ângulo de azimute, representado na linha horizontal é o ângulo entre a projeção dos raios solares com plano terrestre. É possível notar que durante todo o ano, a altura do sol, representada pela parte vertical, assim como o ângulo de azimute é alterado.

Ainda na figura 14, podemos notar que no dia 22 de dezembro, o sol percorre o ângulo mais elevado, conforme é possível identificar com o referencial 7. Também podemos notar que quase não terá perdas conforme o posicionamento da escola.

Figura 14 - Projeção solar



Fonte: *Software PVsyst*, 2023.

Com essas informações do caminho solar, conseguimos verificar também o índice de radiação na região. Ainda com o auxílio do *software PVsyst*, é possível verificar conforme as coordenadas geográficas o índice de irradiação solar da região. Na figura 15, temos os valores durante o período do ano, separado nos meses. Conforme já era de se esperar, os maiores valores são na época de verão no hemisfério sul, onde o sol está mais próximo da terra. Analisando ainda a figura 15, podemos notar que o mês de Dezembro é o mês com maior irradiação solar, informação essa que podemos comprovar com o a figura 14, mostrando que o caminho solar em dezembro é mais próximo da terra.

Figura 15 - Irradiação Solar por mês

	<b>Global horizontal irradiation</b> kWh/m <sup>2</sup> /mth
January	186.0
February	154.5
March	149.6
April	133.9
May	110.1
June	88.0
July	97.5
August	111.8
September	112.3
October	152.8
November	168.4
December	197.9
<b>Year</b>	<b>1662.8</b>

Fonte: *Software PVsyst*, 2023.

Se fizermos uma média por dia, dividindo os meses do ano, podemos notar melhor os dias em que será possível obter uma maior geração de energia. Conforme a tabela 3, podemos notar de forma um pouco mais clara o quanto de irradiação solar será exposta as placas solares durante os dias de cada mês. Para chegar a esse valor foi feito uma média conforme a quantidade de dias em cada mês baseado nos valores que obtivemos de irradiação solar por mês no *software PVsyst*.

Tabela 3 - Índice de radiação solar

<b>Índice de irradiação Solar (Kwh/m<sup>2</sup>)/média por dia</b>	
<b>Janeiro</b>	<b>6,0</b>
<b>Fevereiro</b>	<b>5,52</b>
<b>Março</b>	<b>4,83</b>
<b>Abril</b>	<b>4,46</b>
<b>Maiο</b>	<b>3,55</b>
<b>Junho</b>	<b>2,93</b>
<b>Julho</b>	<b>3,14</b>
<b>Agosto</b>	<b>3,61</b>
<b>Setembro</b>	<b>3,74</b>
<b>Outubro</b>	<b>4,93</b>
<b>Novembro</b>	<b>5,61</b>
<b>Dezembro</b>	<b>6,38</b>

Conforme podemos verificar na tabela 3, podemos tirar como conclusão que os meses de Janeiro e Dezembro possuem a maior irradiação por dia sendo expostas aos painéis solares. Portanto nesses meses, será possível obter uma quantidade de energia maior gerada pelas placas solares instaladas na parte superior da escola.

#### **4.1 CONSUMO DE ENERGIA NA ESCOLA**

À fim de identificar melhor as necessidades da escola, foi feito uma visita a Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl, junto com o diretor da escola Bruno, que de forma muito solícita permitiu para demais avaliações da escola. Na figura 16, é possível notar toda a estrutura da escola, mostrando as áreas de salas de aula, juntamente com as partes de recreações da escola.

Figura 16 - Vista área Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl



Fonte: Própria, 2023

A escola possui um total de 9 salas de aula, onde 4 delas ficam na parte da frente da escola, e as demais nos andares superiores, ocupando os fundos do terreno. Todas as salas possuem lâmpadas de LED que são utilizadas durante todo o período de funcionamento da escola (Matutino, Vespertino e Noturno). Dependendo da época do ano, na qual a claridade externa é maior, essas lâmpadas não são utilizadas.

Além disso, a escola possui Ar-Condicionado em todas as salas, que nos quais é utilizado no verão com mais frequência. Ao todo, somando os ares-condicionados instalados em salas de aula, e contando também os ares-condicionados instalados na sala da diretoria, cozinha, sala dos professores e sala de educação física, possui no total 15 ares-condicionados. A escola ainda possui uma sala de informática que no momento está desativada por falta de recursos.

O diretor da escola Bruno também confirmou que não possui demais motores ou equipamentos que demandam um alto consumo de energia elétrica, além disso, não possui nenhum projeto por parte da escola de ampliação de área construída.

De acordo com o Sistema de Informação Energética Municipal (SIEM), os setores de educação dos municípios são responsáveis por em média 44% dos gastos totais de energia elétrica do Município.

Na frente da escola, possui o relógio medidor de luz que faz a contagem da quantidade de Kw/h que a escola consome, o que facilita para análise da quantidade de dias em que será possível reverter o valor da instalação dos painéis em lucro.

## **4.2 INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS NO TELHADO DA ESCOLA**

A infra estrutura atual da escola, possui disponível apenas a área de telhado da escola. Esse tipo de instalação é a maneira mais simples de instalação de painel fotovoltaico, já que usaremos parte da estrutura da escola.

Em conversa com o diretor Bruno, a escola teve um recente melhora na infra estrutura da parte do telhado, sendo reforçado as ripas e os caibros em pontos onde o telhado já não estava seguro. Levando em consideração que os painéis solares de 60 células pesam geralmente mais que 20 Kg, será aplicado um pesos distribuído na área disponível.

Podemos notar na vista aérea da escola que a mesma está com boas condições externas, não foi possível notar falhas no telhado, como desníveis e falhas nas telhas da escola. As telhas de todas as estruturas aparentemente estão em bom estado, estão limpas e possuem poucas áreas com pontos que prejudicariam a captação de energia solar.

A Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl possui dois grandes telhados e um menor. A melhor orientação para instalar os painéis solares é norte, portanto, foi usado como área disponível apenas o telhado da frente da escola.

Pra essa simulação, será utilizado apenas a área da frente da escola, onde possui a maior abertura para instalar os painéis. No telhado inferior, teríamos uma área menor para trabalhar com os painéis fotovoltaicos, além disso, a área de contato seria prejudicada em alguns momentos do ano com sombras, visto que possuem árvores proximas que causariam sombreamento, além também do próprio telhado a frente da escola, que também pode ocasionar um pouco de sobreamento na área.

Para ficar mais visível essa instalação, pode se analisar a figura 17, onde mostra toda a área construída da escola, mostrando toda a área disponível para instalação do sistema. Na parte inferior da imagem, nota-se a maior abertura para instalação dos painéis. Essa área corresponde a 80m<sup>2</sup>, já retirando a área de sombra que a árvore a direita da imagem poderia causar no sistema fotovoltaico.

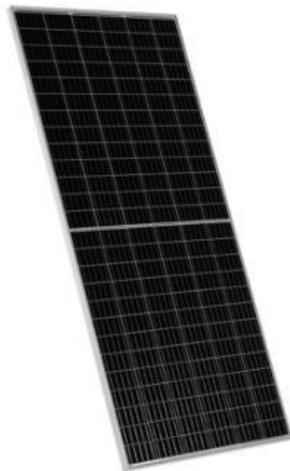
Figura 17 - Vista área da Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl



Fonte: Própria, 2023

Levando em consideração então a área disponível de instalação de 80 m<sup>2</sup>, já considerando um metro das beiradas do telhado, será possível instalar entre 40 e 50 painéis solares, dependendo do tamanho. Para essa simulação, foi utilizado o painel monocristalino de 120 células EMST-440M HC da fabricante Intelbras. Esse painel possui uma eficiência de 20,24% e uma potência máxima de 455 *Watts*. Na figura 18, segue uma imagem do modelo EMST-440M HC.

Figura 18 - Painel solar EMST-440M HC



Fonte: Intelbras, 2023

Além disso, esse painel possui um ótimo custo benefício. Abaixo na tabela 04, segue algumas das principais informações desse painel fotovoltaico na performance em STC (Sob condição de teste). Esse padrão STC é utilizado como uma normativa para padronizar as especificações de *datasheet* de cada painel solar. Para definir as condições STC do painel é levado em consideração uma irradiação de 1000W/m<sup>2</sup>, temperatura do ar constante de 25°C, pressão atmosférica de 101,325 kPa, Umidade relativa de 0% e ventos constantes de 1,5 m/s. Com isso, temos as seguintes especificações do painel abaixo.

Tabela 4 - Características da placa utilizada

<b>Performance em STC</b>	
Potência máxima	440 W
Tensão máxima de operação	41,09 V
Corrente máxima de operação	10,71 A
Tensão de circuito aberto	48,24 V
Corrente de curto circuito	11,46 A
Eficiência do módulo	20,24%

Fonte: Própria, 2023

Demais informações do painel pode ser consultado no Anexo A.

O painel solar EMST-440M HC possui dimensões de 1038 mm x 2094 mm (largura por comprimento), levando em consideração o tamanho dessa célula, será possível instalar 33 painéis no telhado da escola.

Essa valor foi definido através da área disponível que temos para instalação, juntamente com a área da cada painel. Conforme informação do *datasheet*, cada painel possui 2,17 metros quadrados, podendo ser calculado usando a formula de área de um retângulo, na qual:

$$A = b \cdot h \tag{5}$$

Onde,

- A = Área do retângulo
- b = Tamanho da base (m)
- c = Tamanho da largura (m)

Dessa forma teremos,

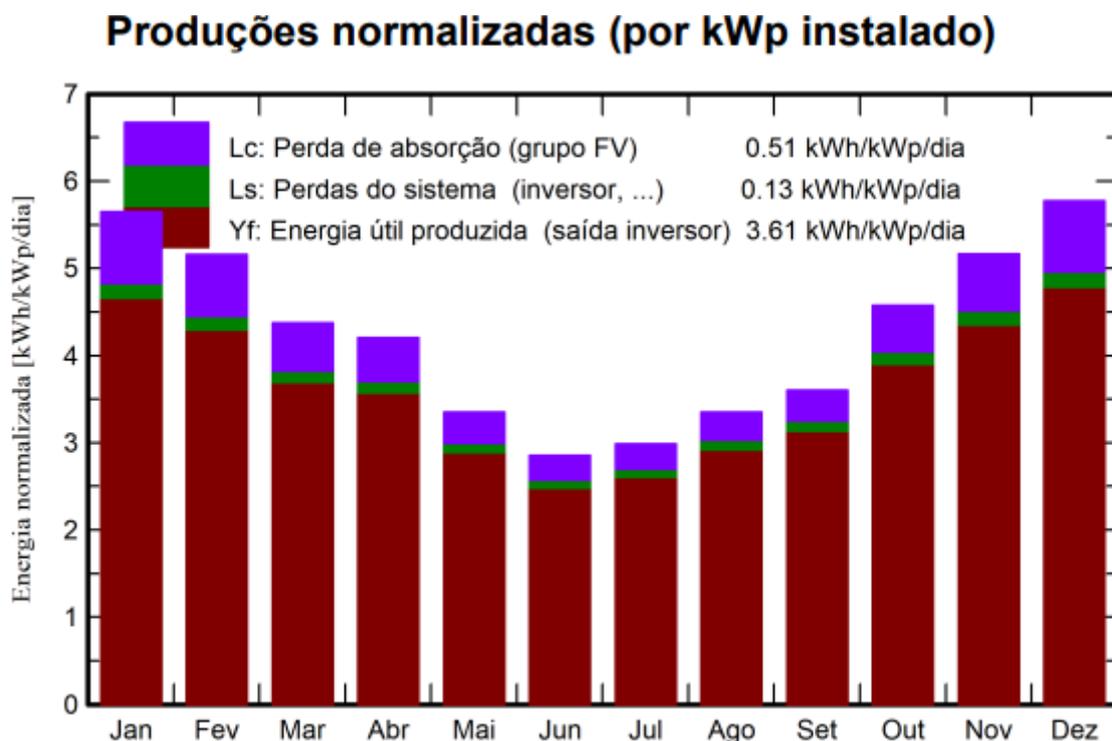
$A = 1,038 \text{ metros} \times 2,094 \text{ metros}$

$A = 2,17 \text{ m}^2$

Com a quantidade de painéis solares definidos para a instalação do telhado da escola, será possível agora mensurar a quantidade de energia que será gerada pelo sistema.

Analisando então a quantidade de painéis solares instalados na orientação da escola de  $80\text{m}^2$  disponíveis para a instalação, juntamente com as informações que obtivemos de irradiação solar por mês, conforme as coordenadas da escola, conseguimos através do *software PVsyst*, mensurar a quantidade de energia que será gerada por mês nesse cenário. Conforme podemos analisar no gráfico 03, os meses em que a produção de energia solar será maior são nos meses onde a irradiação solar é mais presente no hemisfério sul. Também é possível analisar que os meses onde a produção será menor, são nos meses onde o sol está mais afastado do hemisfério onde se encontra a escola.

Gráfico 3- Energia gerada no sistema



Fonte: *PVsyst*, adaptado pelo autor, 2023.

Para conseguirmos verificar a quantidade de energia gerada pelo sistema em um dia, desconsiderando as perdas do sistema, precisamos usar a fórmula

$$\text{Irradiação solar} \times \text{Eficiência} \times \text{dimensão do módulo} = \text{Potência gerada} \quad (6)$$

Onde:

- Irradiação solar = Valor de irradiação solar em um dia. Pode-se fazer uma média do mês para esse cálculo. Esse valor pode ser obtido através do INMET
- Eficiência do módulo = Valor de eficiência do módulo. Esse valor é diferente para cada modelo de painel solar. Necessário consultar a ficha técnica do painel utilizado para verificar esse valor;
- Dimensão do módulo = Valor das dimensões do módulo (largura e comprimento). Esses valores podem ser obtidos na ficha técnica do produto.

Usando então os valores que obtivemos anteriormente, substituindo as variáveis da fórmula por esses valores, onde, usando como exemplo, a média de irradiação solar de Janeiro de 6,0 kWh/m<sup>2</sup>/dia, junto com a eficiência do módulo de 20,24% e a dimensão do módulo de 2,17m<sup>2</sup>. Dessa forma conseguimos obter o valor de energia gerada no mês de Janeiro por dia de 2.640 kWh/dia. Vale lembrar que esse valor é para o mês de Janeiro, para os demais meses é necessário verificar a média diária de Irradiação solar no mês que deseja calcular.

Na tabela 5, é possível verificar a quantidade de Energia gerada pelo sistema em cada mês. Nota-se que é um valor perto do cálculo. Isso acontece porque estamos desconsiderando as perdas do sistema no cálculo que fizemos anteriormente.

Além disso, também na tabela 5, podemos notar a diferença de energia que será gerada nos meses onde a irradiação solar é inferior. Os meses de Junho e Julho é o período com menor produção de energia do ano com 1122 kW/h/dia e 1217 kW/h/dia respectivamente.

Também na tabela 5, é possível identificar também o Índice de Performance do sistema. O índice de performance é uma porcentagem calculada através da relação entre a energia elétrica gerada pelo sistema pela energia solar incidente do sistema. Portanto podemos usar a seguinte fórmula para realizar esse cálculo

$$\text{Índice de desempenho} = \frac{\text{Energia elétrica gerada}}{\text{Energia solar incidente}} \quad (6)$$

Caso o resultado dessa equação seja 100%, é sinal que toda a energia a energia do sistema está sendo convertida em energia elétrica. Na prática isso não ocorre, visto que não é possível obtermos um cenário ideal, já que num sistema fotovoltaico possui diversos tipos de perdas, como sombreamento, perdas na conversão de CC para CA no inversor, perdas da inclinação dos painéis no telhados e perdas pelos cabamentos utilizados. Além disso, os painéis possuem um tempo de vida útil, que no qual vai diminuindo a performance conforme o passar dos anos, informação que consta na ficha técnica dos painéis solares.

O valor recomendado de rendimento para um sistema fotovoltaico é de 70% a 80%. Analisando os dados da tabela 5, podemos notar um rendimento que varia de 82,5% até 87,3%, valores esses dentro do que esperamos para um sistema de geração de energia fotovoltaica. Demais informações podem ser vistas no Anexo A.

Tabela 5 - Balanços e resultados principais do sistema

Balanços e resultados principais								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	rácio
Janeiro	186.0	81.05	24.15	175.2	171.4	2176	2099	0.825
Fevereiro	154.5	78.79	23.85	144.4	141.1	1812	1748	0.834
Março	149.6	77.04	22.50	135.5	132.1	1723	1663	0.845
Abril	133.9	52.10	20.04	126.1	122.6	1615	1559	0.851
Mai	110.1	43.78	17.21	103.9	100.2	1349	1302	0.863
Junho	88.0	35.96	14.91	85.6	82.3	1122	1081	0.870
Julho	97.5	38.57	13.91	92.5	89.0	1217	1173	0.873
Agosto	111.8	56.33	15.26	104.0	100.7	1365	1316	0.872
Setembro	112.3	67.44	16.96	108.1	105.3	1417	1366	0.870
Outubro	152.8	79.89	19.71	141.7	138.2	1821	1756	0.853
Novembro	168.4	83.50	20.99	154.9	151.5	1968	1898	0.844
Dezembro	197.9	86.79	23.15	178.9	174.9	2235	2156	0.830
Ano	1662.8	781.24	19.36	1550.9	1509.2	19822	19117	0.849

#### Legendas

GlobHor	Irradiação horizontal total	EArray	Energia efetiva à saída do grupo
DiffHor	Irradiação difusa horizontal	E_Grid	Energia injetada na rede
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Índice de performance
GlobInc	Incidência global no plano dos sensores		
GlobEff	Global efetivo, corrigido para IAM e sombras		

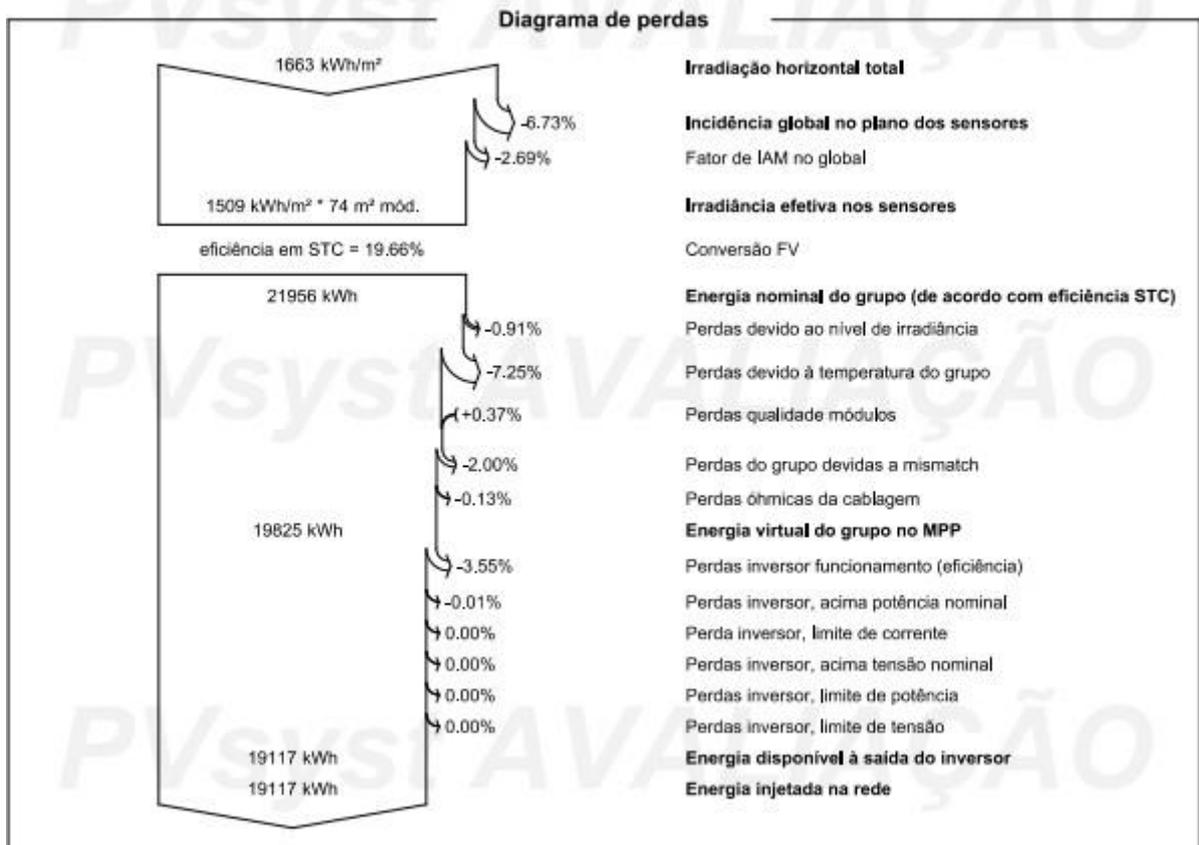
Fonte: PVsyst, 2023

Também usando o *software PVsyst*, é possível simular o diagrama de perdas do sistema. Como o intuito desse estudo é verificarmos a viabilidade dessa utilização de painéis solares

para geração de energia elétrica, foi utilizado cabos de 6mm<sup>2</sup> e 3 inversores de 4,2kWac. Os 3 inversores foram escolhidos de forma genérica, para atender a demanda do cliente.

Com isso, na figura 19, podemos verificar todo o diagrama de perdas desse sistema, juntamente com a potência gerada.

Figura 19 - Diagrama de Perdas



Fonte: PVsyst, adaptado pelo autor, 2023

Analisando então a energia gerada no sistema, conseguimos então mensurar a quantidade de energia que será gerada por mês no sistema, sendo uma média de 1583 kW/h sendo geradas nesse sistema.

De acordo com a CELESC, a Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl, registrado na unidade consumidora 22324567890, possui um consumo média de energia de 2500 Kw/h/mês. Os meses onde o consumo da escola é maior é Novembro e Dezembro, já que é época de verão no hemisfério sul e ainda está no período letivo. Em Janeiro, mês onde possui alta produção de energia devido as condições da localização da escola, o consumo de energia é o menor de todos os meses. Isso ocorre porque nesse período a escola está sem aulas, já que o período letivo começa apenas em Fevereiro. Portanto o consumo de energia

nesse mês é basicamente para manter equipamentos de segurança, iluminação e demais equipamentos ligados a rede elétrica.

Na tabela 06, possui o consumo de energia elétrica de cada mês da escola, note que o consumo de Janeiro é inferior ao mês de Julho, mês com menor geração de energia fotovoltaica.

Tabela 6 - Consumo de energia elétrica da escola

Mês	Consumo (kWh)
Janeiro	1.250
Fevereiro	3.000
Março	3.500
Abril	3.200
Maiio	2.700
Junho	2.120
Julho	2.225
Agosto	2.300
Setembro	2.300
Outubro	2.550
Novembro	3.120
Dezembro	2.500

Fonte: CELESC, 2022

Levando em consideração esses dados retirados no site da CELESC, a geração de energia mensal não atingiria toda a necessidade da escola, nem mesmo em Janeiro, mês onde temos a maior produção e menor consumo seria possível atuar apenas com a produção de energia solar. Dessa forma o tempo de *payback* irá ser maior. Levando em consideração a média de consumo de energia elétrica de 2022, dados retirados a partir da soma dos meses da tabela 06, seria possível recuperar o investimento em até 71 meses, ou próximo de 6 anos de produção. Se usarmos a taxa de R\$ 0,35, teremos uma economia anual da conta de luz de R\$ 10.512,23, que poderiam ser investidos em outras áreas do município.

#### 4.2.1 SIMULADO INSTALAÇÃO NA QUADRA ESPORTIVA

O telhado é a única área disponível atualmente para a instalação dos painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica. Porém, a escola possui outras duas áreas amplas, que futuramente poderiam ser utilizadas para a instalação desses painéis também.

Na parte superior da escola, possuem duas quadras esportivas para uso dos alunos. Uma dessas quadras é de areia e é usada para prática de vôlei e ensaios para desfiles cívicos. A outra quadra, reformada recentemente, possui piso cimentado e é utilizada para prática de futebol e basquete, além de servir como área de convívio social.

Essas duas quadras atualmente não possuem cobertura, tanto que em dias de chuva, a quadra não é utilizada para segurança dos alunos. Em conversa com o diretor Bruno, possui um planejamento para construção de uma cobertura na quadra com piso cimentado, porém sem previsão para execução do projeto.

Levando em consideração que o telhado da escola esteja construído, teremos uma área de aproximadamente 55 m<sup>2</sup> para a instalação dos painéis fotovoltaicos.

A escola foi construída sobre um declive, aos fundos possui uma área de sombreamento que dificulta a captação da energia solar, mesma situação dos painéis instalados no telhado em cima das salas de aula. Como a posição geográfica da quadra está na mesma posição que o telhados das salas de aula, o melhor aproveitamento para captação de energia solar será á direita da cobertura (usando como referência a visão área), já que a área aos fundos não teremos uma boa captação.

Na figura 20, podemos verificar uma das quadras que possuem nos fundos da escola. É possível notar que essa quadra possui uma grande área possível de instalação, porém devido ao declive atrás da escola e da parte construída a frente, gera impossibilidade para qualquer instalação nesse ambiente. Seria possível realizar a instalação dos painéis se fosse feito uma cobertura nessa área, situação que não está sendo projetada pela escola.

Figura 20 - Vista superior quadra de areia



Fonte: Própria, 2023

Na figura 21, temos a quadra que possui o projeto para criação de uma área coberta. Além disso, a direita do terreno da escola, possui uma densa mata, com árvores grandes que acabam atrapalhando também. Parte dessas árvores inclusive fazendo sombra na quadra, mesmo sem a cobertura, conforme podemos ver na Figura 21.

Figura 21 - Vista superior da quadra esportiva

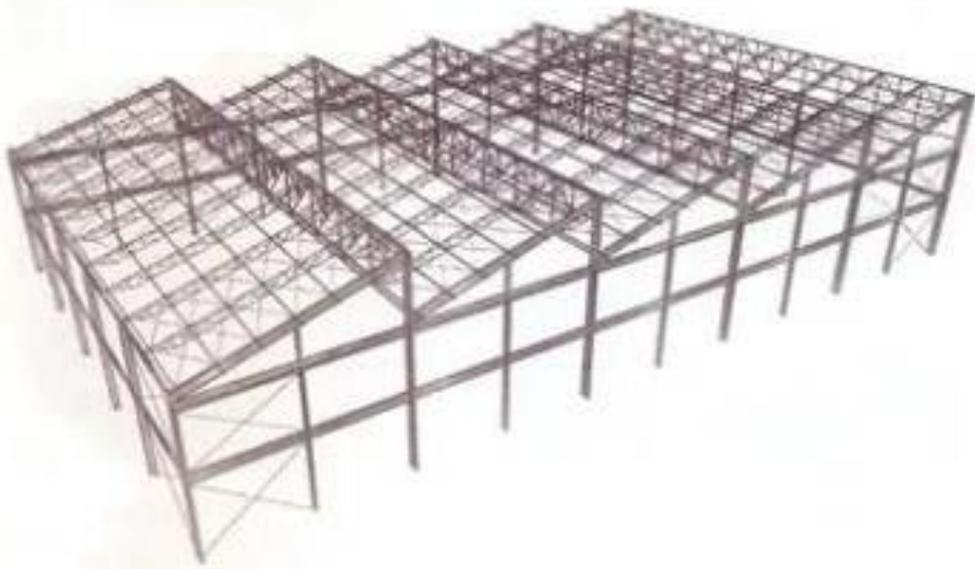


Fonte: Própria, 2023

#### 4.2.2 TIPOS DE TELHADOS PARA A QUADRA

Nessa área da escola, possuem algumas formas para construção de um telhado. Possui algumas formas que podem ser construído esse telhado, na figura 22 temos a construção *shed*, onde formam vários triângulos retângulos. Essa maneira não seria usual, devido a orientação da quadra, onde o comprimento, que é a maior distância está na orientação Leste – Oeste, e para a melhor captação de potência solar nesse cenário seria Sul – Norte. Portanto o espaço para essa instalação seria extremamente limitado.

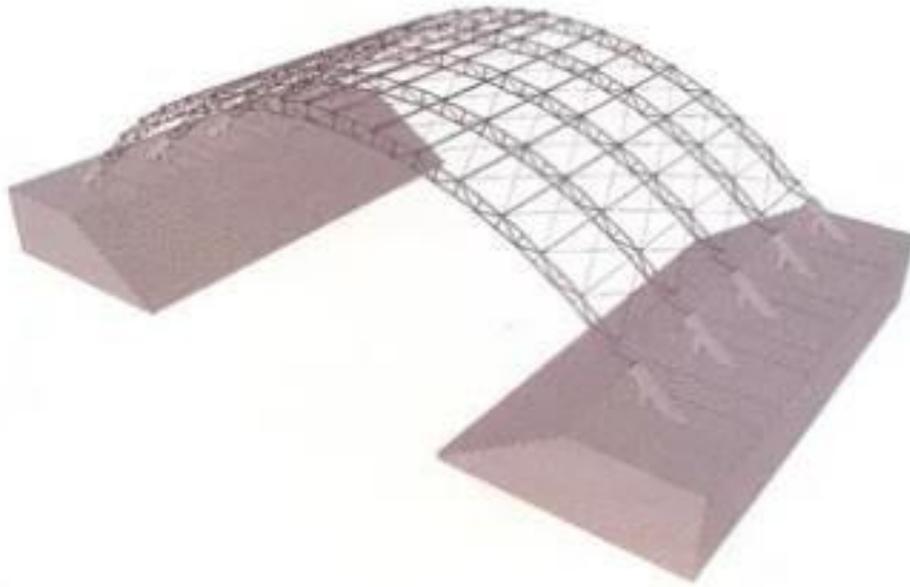
Figura 22 - Telhado *Shed*



Fonte: Fábrica do projeto, 2017.

Uma outra maneira também descartada é o telhado em arco. Nesse caso, poderíamos instalar os painéis na orientação Sul – Norte, já que a inclinação da curva, será na maior área para instalação, usando toda a parte da lateral da quadra. Porém, essa maneira iria ser um problema para a instalação dos painéis, já que o telhado não possui partes retas o suficiente para a instalação de painéis. Nesse caso, o tipo de estrutura presente na figura 23 foi descartado para instalação dos painéis solares

Figura 23 - Telhado em arco



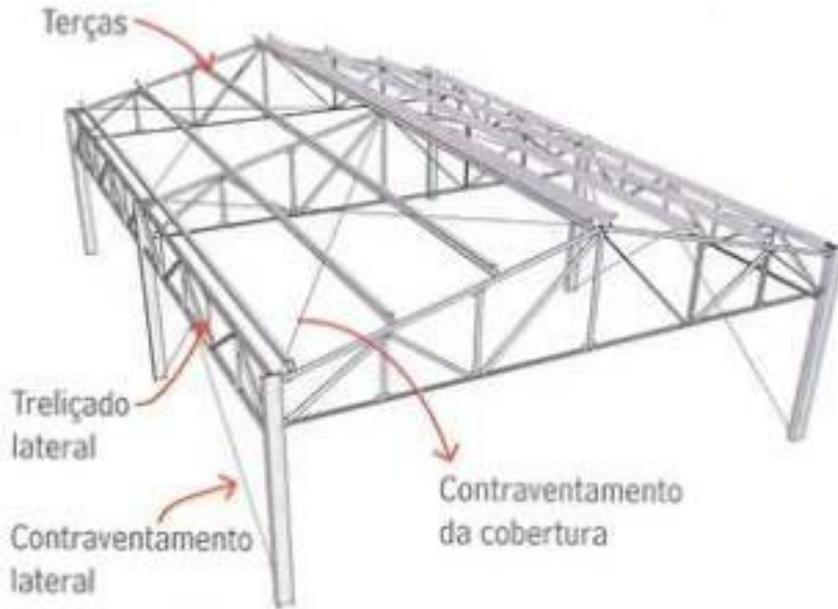
Fonte: Fábrica do projeto, 2017.

A melhor forma de utilização de painéis solares nessa área, seria um telhado com orientação para o norte, com ângulo entre  $25^\circ$  e  $30^\circ$ . Possui duas formas para realizar essa instalação e aproveitar a melhor maneira para tal. Possuem duas formas para atendermos essa exigência. Uma delas seria utilizar a mesma proposta do telhado shed, apresentado na figura 22, usando apenas uma estrutura, com a parte mais baixa instalada na face norte, e a parte mais alta instalada na parte sul. Dessa forma, seria possível realizar a instalação dos painéis solares em toda a área disponível. O problema de utilizar essa instalação seria a altura que a face sul precisaria ter, o que aumentaria nos custos de material.

A segunda opção, mais viável e que será utilizada para esse cálculo é a instalação em duas águas. Esse tipo de estrutura é a mais comum em galpões e instalações em grandes áreas, que é o caso da quadra esportiva. Usando então esse tipo de instalação de duas águas, poderíamos utilizar a face que ficaria apontada para o norte para a instalação dos painéis solares, orientação essa que ficaria da mesma forma dos telhados da escola, cálculo feito no tópico anterior.

Na figura 24, possui esse esquemático de um telhado duas águas. A desvantagem de se utilizar esse tipo de estrutura, seria a perda da utilização de duas de metade da área da quadra esportiva, já que a outra face ficaria apontada para o sul, prejudicando a geração de energia solar.

Figura 24 - Telhado duas águas



Fonte: Fábrica do projeto, 2017.

Optando então pela utilização de uma estrutura deste tipo, seria possível obter uma área de instalação de 23 metros de comprimento por 7 metros de largura, já desconsiderando a área com vegetação a direita e deixando as bordas do telhado livre para instalação. Com isso, teremos uma área disponível para instalação dos painéis solares de 161m<sup>2</sup>.

#### 4.2.3 RESULTADO SIMULADO NA QUADRA ESPORTIVA

Como a posição geográfica se manterá basicamente a mesma, as informações de irradiação solar e posicionamento do sol serão as mesmas aplicadas na solução para o telhado da escola.

Nesse cenário, usando o mesmo tipo de painel solar usado na instalação do telhado, será possível instalar 66 painéis fotovoltaicos, considerando o espaçamento entre eles ocuparemos uma área de 148m<sup>2</sup>.

Como teremos uma área de instalação maior, conseqüentemente será possível realizar uma maior geração de energia elétrica a partir dos painéis solares.

Na tabela 7, podemos ver os resultados da geração de energia elétrica com essa mudança de instalação. Se comparado com a tabela 5, onde fizemos a simulação do telhado da escola,

usando a área da quadra esportiva, seria possível gerar, em termos gerais, duas vezes mais energia.

Tabela 7 - Balanço e principais resultados na quadra esportiva

Balanços e resultados principais								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	rácio
Janeiro	186.7	90.74	25.63	168.5	164.2	4141	4064	0.831
Fevereiro	154.4	77.68	25.33	142.7	139.3	3522	3454	0.834
Março	150.1	76.15	23.93	137.3	133.9	3437	3371	0.846
Abril	134.6	42.66	21.43	125.0	121.6	3136	3076	0.847
Mai	110.1	41.54	18.61	104.6	100.9	2683	2632	0.866
Junho	88.5	37.01	16.29	84.8	81.5	2201	2155	0.875
Julho	97.4	37.54	15.35	92.7	89.2	2414	2364	0.878
Agosto	111.4	55.23	16.67	101.9	98.5	2646	2592	0.876
Setembro	111.6	62.79	18.35	106.3	103.6	2739	2682	0.869
Outubro	151.7	88.59	21.11	140.8	137.3	3587	3521	0.861
Novembro	168.3	94.09	22.39	153.4	149.9	3871	3797	0.852
Dezembro	197.0	97.89	24.62	181.5	177.6	4488	4403	0.835
Ano	1661.9	801.90	20.79	1539.6	1497.5	38866	38111	0.852

**Legendas**

GlobHor	Irradiação horizontal total	EArray	Energia efetiva à saída do grupo
DiffHor	Irradiação difusa horizontal	E_Grid	Energia injetada na rede
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Índice de performance
GlobInc	Incidência global no plano dos sensores		
GlobEff	Global efetivo, corrigido para IAM e sombras		

Fonte: *PVsys*, 2023

Com a instalação nesse simulado do telhado, seria possível gerar praticamente o dobro de energia que seria gerado no telhado da escola, tendo uma geração anual de aproximadamente 38.866 kWh/ano de energia produzida, geração essa que nos leva a entender que o melhor local para instalação seria acima da quadra esportiva, desconsiderando os custos de construção do telhado e da estrutura para suporte dos painéis fotovoltaicos. Demais informações podem ser vistas no Anexo C.



## 5 DESAFIOS ENCONTRADOS

Durante o processo de estudo da viabilidade dos painéis fotovoltaicos na Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl, tanto nas visitas feitas na escola quanto nas pesquisas, foi possível identificar melhor as demandas energéticas da escola e se seria possível atender com a instalação dos painéis.

Um dos principais desafios encontrados foi o espaço que teríamos para o uso dos painéis fotovoltaicos, já que seria necessário evitar regiões de sombreamento. Como a escola está construída sobre um aclave, seria necessário evitar quaisquer regiões próximas. Além disso, a direita da escola possui uma densa área verde, com árvores altas, que também precisaria ser evitada qualquer instalação próxima. Nas visitas *in loco* foi possível identificar que a área de telhado seria o suficiente para uma geração de energia considerável para a demanda da escola. É possível também usar as demais áreas de telhado da escola, caso queira aumentar a geração de energia.

Um outro ponto analisado foi a infraestrutura. Como a escola possui uma estrutura um pouco mais antiga, era necessário verificar se o telhado iria suportar o peso das placas. Também *in loco*, junto as informações trazidas pelo diretor da escola, uma reforma foi feita recentemente no telhado da escola, o que a princípio não teria problemas com o peso que os painéis solares projetariam em cima do telhado.

Um outro ponto foi a dificuldade de conseguir o consumo de energia elétrica da escola. De acordo com o diretor Bruno, a escola não recebe nenhuma fatura diretamente. Todas as faturas da escola são enviadas diretamente para a secretaria de educação do estado de Santa Catarina. Com o auxílio da secretaria de educação do município, conseguimos realizar uma consulta diretamente com a CELESC para conseguir essas informações.

## 6 CONCLUSÃO

Com os dados gerados através dos cálculos e das simulações feitas no *PVsyst*, podemos confirmar a viabilidade da instalação dos painéis fotovoltaicos na escola. A geração de energia elétrica do cenário irá auxiliar a escola na geração de energia elétrica e o investimento feito será retornado a médio prazo.

Essa aplicação poderia se estender a outras escolas que possuem uma construção horizontal, onde possuem uma grande área de instalação dos painéis. Com isso, seria possível, a médio ou longo prazo, economias para os cofres públicos do município e dos estados. Com isso, é fortemente recomendado que possuam novas políticas públicas, atuando com incentivos fiscais e auxílio no financiamento do projeto e implementação para esse fortalecer ainda mais instalações deste tipo.

Além disso, o fator ambiental também seria beneficiado com instalações de painéis fotovoltaicos. A energia solar é uma fonte de energia renovável inesgotável, ou seja, será possível gerar energia através do sol por muitos anos, apenas sendo necessário realizar manutenções no sistema fotovoltaico instalado. Essa é uma das grandes vantagens de utilizar esse tipo de instalação para geração de energia elétrica, visto que a grande maioria de geração de energia hoje provém de energias fósseis, que são recursos limitados e poluentes. Quanto maior a quantidade de escolas ou prédios públicos obtiverem instalações deste tipo, menos seremos dependentes da geração de energias poluentes, como hidrelétricas e termelétrica. Desta forma, o uso de energia solar, tende a ser uma solução a longo prazo para geração de energia limpa.

Além dos fatores ambientais, a escola também poderia usar essa energia gerada para armazenamento em baterias. Assim, a energia gerada durante o dia seria armazenada e conseqüentemente poderia ser usada para alimentação no período em que ocorrerem quedas de energia. Como a escola possui aulas no período noturno, quando ocorrem situações deste tipo, as aulas são suspensas, fazendo com que os alunos sejam liberados e o dia letivo acaba sendo perdido. Essa seria uma segunda maneira para utilização dos painéis fotovoltaicos, porém, o custo para instalação de baterias, bem como a instabilidade em que eventos de ausência de energia acontecem no município, dificultam a implementação de um sistema *off-grid* na escola.

## REFERÊNCIAS

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME); MARISETE FÁTIMA DADALD PEREIRA; PAULO CESAR MAGALHÃES DOMINGUES; JOSÉ MAURO FERREIRA COELHO; RODRIGO LIMP NASCIMENTO; ALEXANDRE VIDIGAL DE OLIVEIRA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE); THIAGO VASCONCELLOS BARRAL FERREIRA; GIOVANI VITÓRIA MACHADO HELOISA BORGES BASTOS ESTEVES.** [s.l: s.n.]. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-564/Minuta\\_do\\_Plano\\_Decenal\\_de\\_Expansao\\_de\\_Energia\\_2030\\_PDE\\_2030.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-564/Minuta_do_Plano_Decenal_de_Expansao_de_Energia_2030_PDE_2030.pdf). Acesso em: 02 de Abril 2023.

**ABSOLAR. Energia solar recebe investimentos de R\$ 13 bi em 2020, 52% mais que em 2019.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-recebe-investimentos-de-r-13-bi-em-2020-52-mais-que-em-2019/>. Acesso em: 02 Abril 2023.

**SOUZA, R. Nova fábrica da Intelbras será construída no estado de Santa Catarina. R\$ 40 milhões serão investidos e 120 empregos podem ser gerados.** Disponível em: <https://clickpetroleogas.com.br/nova-fabrica-da-intelbras-sera-construida-no-estado-de-santa-catarina-r-40-milhoes-serao-investidos-e-120-empregos-podem-ser-gerados/>. Acesso em: 02 Abril 2023.

**KLEIN, F. et al. Colaboradores Coordenação Técnica.** [s.l: s.n.]. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado\\_08\\_03\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado_08_03_2021.pdf). Acesso em: 03 Abril 2023.

**CENSO ESCOLAR 2022. EEB CEL ANTONIO LEHMKUHL: IDEB - Indicador de Qualidade. IDEB - Indicador de Qualidade. 2022.** Disponível em: <https://qedu.org.br/escola/42005353-eeb-coronel-antonio-lehmkuhl>. Acesso em: 03 Abril 2023.

**COGERA. Como surgiu a energia solar? Saiba a origem desse sistema de energia.** Disponível em: <https://cogera.com.br/como-surgiu-a-energia-solar/>. Acesso em: 03 Abril 2023.

**SOLAVISTA ENERGY. Tipos de painéis solares, conheça eles.** Disponível em: <https://www.solavistaenergy.com.br/tipos-de-painéis-solares-conheca-eles>. Acesso em: 15 Abril 2023.

ENERGIA SIRIUS. **Tipos de painéis solares: conheça os 8 principais.** Disponível em: <https://energiasirius.com/tipos-de-painéis-solares/>. Acesso em: 15 Abril 2023.

MEDEIROS, V. **Quais os tipos de Pannel Solar Fotovoltaico.** Disponível em: <https://solareolicarenovavel.com/quais-os-tipos-de-pannel-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 15 Abril 2023.

CASTRO, B. **Um novo arcabouço legal para a energia solar.** Disponível em: <https://castrobarros.com.br/artigos/um-novo-arcabouco-legal-para-a-energia-solar/>. Acesso em: 23 Abril 2023.

ENERGIF. **Home.** Disponível em: <http://energif.mec.gov.br/#:~:text=O%20EnergIF%20tem%20como%20objetivo>. Acesso em: 23 Abril 2023.

PROINFA - CCEE. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/mercado/proinfa#:~:text=O%20Programa%20de%20Incentivo%20a>. Acesso em: 23 Abril 2023.

ANEEL. **ANEEL fixa quotas de custeio e energia elétrica do PROINFA para 2023.** Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/aneel-fixa-quotas-de-custeio-e-energia-eletrica-do-proinfa-para-2023>. Acesso em: 23 Abril 2023.

PROCEL. **Detalhe - Procel.** Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm>. Acesso em: 29 Maio 2023.

ECO Energias. **Joinville inaugura sistema de energia solar em escola municipal.** ECO Energias, [s.d.]. Disponível em: <https://ecoenergias.com.br/joinville-inaugura-sistema-de-energia-solar-em-escola-municipal/>. Acesso em: 28 Abril 2023.

Conselho Nacional de Justiça. **Prédios da Justiça de Santa Catarina vão utilizar energia alternativa solar.** Disponível em: <https://www.cnj.jus.br/predios-da-justica-de-santa-catarina-vao-utilizar-energia-alternativa-solar/>. Acesso em: 28 Abril 2023.

PARTNERS. **Celesc realiza entrega técnica da Usina Solar Lages I.** Disponível em: <https://www.celesc.com.br/listagem-noticias/celesc-realiza-entrega-tecnica-da-usina-solar-lages-i>. Acesso em: 28 Abril 2023.

POTÊNCIA, R. **Energia solar: sistemas on-grid e off-grid.** *Revista Potência*, [s.d.]. Disponível em: <https://revistapotencia.com.br/eletricista-consciente/instalacao-fotovoltaica/energia-solar-sistemas-on-grid-e-off-grid/>. Acesso em: 28 Abril 2023.

CONTEUDISTA. **Entenda tudo sobre o Fator de Capacidade (FC).** *Energes*, [s.d.]. Disponível em: <https://energes.com.br/fator-de-capacidade/>. Acesso em: 28 Abril 2023.

ABRASOL. **Energia solar em casa leva de 4 a 7 anos para dar retorno; entenda.** ABSOLAR, [s.d.]. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-em-casa-leva-de-4-a-7-anos-para-dar-retorno-entenda-2/>. Acesso em: 28 Abril 2023.

TRAUST. **Taxa Interna de Retorno (TIR): o que é e como calcular na prática.** TRAUST, [s.d.]. Disponível em: <https://traust.it/blog/taxa-interna-de-retorno-tir-o-que-e-e-como-calcular-na-pratica/>. Acesso em: 28 Abril 2023.

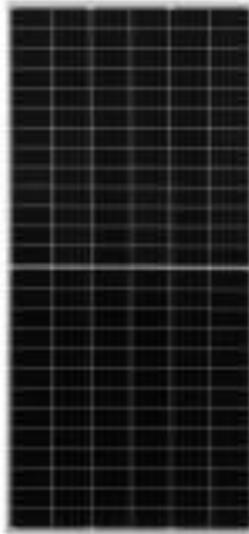
DICIONÁRIO FINANCEIRO. **O que é a TIR e como calcular (exemplos em Excel e na HP 12c).** DICIONÁRIO FINANCEIRO, [s.d.]. Disponível em: <https://www.dicionariofinanceiro.com/tir-taxa-interna-retorno/>. Acesso em: 01 Maio. 2023.

**A Melhor Direção do Painel Solar Fotovoltaico.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 01 Outubro. 2023

**Clima Águas Mornas: Temperatura, Tempo e Dados climatológicos Águas Mornas.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/aguas-mornas-313373/#climate-table>. Acesso em: 15 Outubro. 2023.

## ANEXO A – FICHA TÉCNICA EMST-440M HC

intelbras



### EMST-440M HC

Módulo Fotovoltaico  
Monocristalino Half Cell 144 células 440 W

O módulo fotovoltaico monocristalino, monofacial e half cell oferece excelente custo-benefício na geração de energia solar, em projetos de todos os tamanhos. Segurança e qualidade aliadas a 25 anos de garantia de desempenho (no mínimo 80% de seu desempenho nominal).

- » Fácil instalação
- » Excelente eficiência do módulo de até 20,24%
- » Tecnologia half cell
- » Grau de proteção (caixa de junção): IP68
- » Alta eficiência e durabilidade
- » Garantia de 12 anos de produto

### Especificações técnicas

Modelo	EMST-440M HC
Registro INMETRO	001452/0032 (Potência e 004/2011)
<b>PERFORMANCE EM STC<sup>1</sup></b>	
Potência máxima	440 W
Tensão máxima de operação	41,88 V
Corrente máxima de operação	10,71 A
Tensão de circuito aberto	48,90 V
Corrente de curto circuito	11,46 A
Eficiência do módulo	20,24 %

<sup>1</sup> Sub-condições Padrão de Teste (STC): irradiância de 1000 W/m<sup>2</sup>, Âng de 13 e temperatura do módulo de 25°C.

### ESPECIFICAÇÕES MECÂNICAS

Tipo de célula	Monocristalina
Dimensões das células	166 x 82 mm
Dimensões do módulo (L x A x P)	1038 x 2064 x 25 mm
Número de células	144
Peso	23,5 kg
Comprimento do cabo	200mm
Diodos Bypass	3

# intelbras

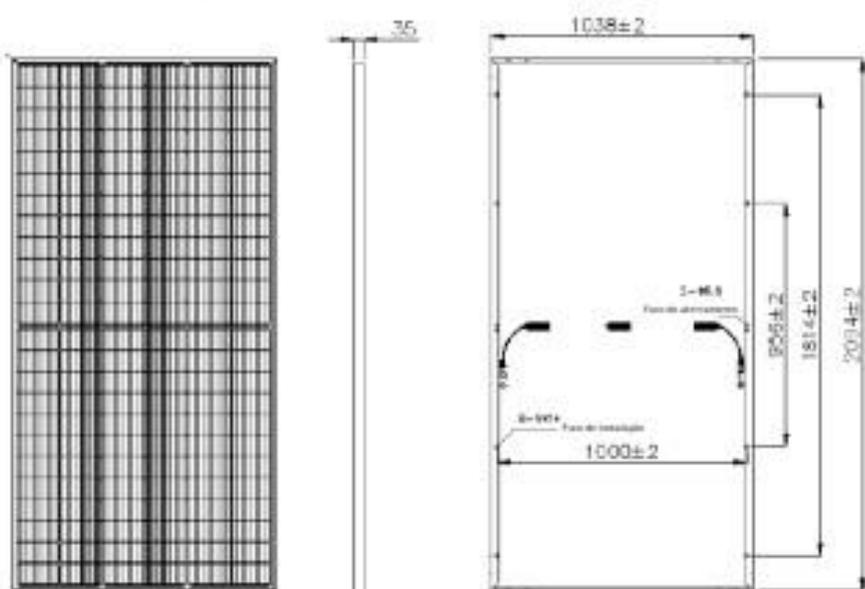
Seção transversal do cabo	4 mm <sup>2</sup>
Conector	Compatível com MC4
Grau de proteção (caixa de junção)	IP68
<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>	
Temperatura de operação	-40°C - +85°C
Carga de neve	Até 5400 Pa
Carga de vento	Até 2400 Pa
Tensão máxima do Sistema	1500 Vcc
Corrente máxima do fusível	15 A
<b>CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA</b>	
Coefficiente de temperatura máxima (P <sub>max</sub> )	-0,4 %/°C
Coefficiente de temperatura (V <sub>oc</sub> )	-0,37 %/°C
Coefficiente de temperatura (I <sub>sc</sub> )	+0,05 %/°C
Temperatura nominal da célula (NOCT)	44 ± 2°C
<b>EMBALAGEM</b>	
Módulos por pallet	31
Módulos por Container de 40'HQ	682 peças

## 25 anos de garantia de desempenho linear



# intelbras

## Dimensões do módulo (mm)



## Fotos do produto



**ANEXO B - RELATÓRIO DA SIMULAÇÃO NO TELHADO DA ESCOLA NO  
PVSYST**



Versão 7.4.2

## PVsyst - Relatório da simulação

### Sistema acoplado à rede

Projeto: Escola de Educação Básica Coronel Antônio Lehmkuhl

Variante: Relatório Simulação Escola de Educação Básica Águas Mornas

Sem desenho 3D de sombras, sem sombras

Potência sistema: 14.52 kWp

Águas Mornas - Brazil

Author



Projeto: Escola de Educação Básica Coronel Antônio  
Lehmkuhl

PVsyst V7.4.2

Variante: Relatório Simulação Escola de Educação Básica Águas Mornas

VC0, Data da simulação: 31/10/23 10:26  
com v7.4.2

### Resumo do projeto

<b>Localização geográfica</b> Águas Mornas Brazil	<b>Localização</b> Latitude -27.74 °S Longitude -48.92 °W Altitude 305 m Fuso horário UTC-3	<b>Parâmetros projeto</b> Albedo 0.20
<b>Dados meteorológicos</b> Águas Mornas Meteonorm 8.1 (2006-2015), Sat=100% - Synthetic		

### Resumo do sistema

<b>Sistema acoplado à rede</b>	<b>Sem desenho 3D de sombras, sem sombras</b>		
<b>Orientação do plano dos módulos</b> Plano fixo Inclinação/Azimute 30 / 90 °	<b>Sombras próximas</b> Sem sombras	<b>Exigências do consumidor</b> Carga ilimitada (rede)	
<b>Informação do sistema</b>		<b>Inversores</b>	
<b>Grupo FV</b>		<b>Número de unidades</b>	3 unidades
Nr. de módulos	33 unidades	<b>Pnom total</b>	12.60 kWca
Pnom total	14.52 kWp	<b>Rácio Pnom</b>	1.152

### Resumo dos resultados

Energia produzida	19117.20 kWh/ano	Produção específica	1317 kWh/kWp/ano	Índice de perf. PR	84.89 %
-------------------	------------------	---------------------	------------------	--------------------	---------

### Índice

Resumo do projeto e dos resultados	2
Parâmetros gerais, Características do grupo FV, Perdas do sistema	3
Resultados principais	4
Diagrama de perdas	5
Gráficos predefinidos	6
Diagrama unifilar	8
Balanco de emissões CO <sub>2</sub>	9



Projeto: Escola de Educação Básica Coronel Antônio  
Lehmkuhl

PVsyst V7.4.2

Variante: Relatório Simulação Escola de Educação Básica Águas Mornas

VC0, Data da simulação: 31/10/23 10:26  
com v7.4.2

### Parâmetros gerais

<b>Sistema acoplado à rede</b>		<b>Sem desenho 3D de sombras, sem sombras</b>	
<b>Orientação do plano dos módulos</b>			
<b>Orientação</b>		<b>Configuração dos sheds</b>	<b>Modelos utilizados</b>
Plano fixo		Não há um desenho 3D definido	Transposição Perez
Inclinação/Azimute	30 / 90 °		Difuso Perez, Meteorom Cicumsolar separado
<b>Horizonte</b>		<b>Sombras próximas</b>	<b>Exigências do consumidor</b>
Sem horizonte		Sem sombras	Carga ilimitada (rede)

### Características do grupo FV

<b>Módulo FV</b>		<b>Inversor</b>	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	Mono 440 Wp Twin 144 half-cells bifacial (Parâmetros definidos pelo utilizador)	Modelo	4.2 kWac inverter (Base de dados original do PVsyst)
Potência unitária	440 Wp	Potência unitária	4.20 kWca
Número de módulos FV	33 unidades	Número de inversores	3 unidades
Nominal (STC)	14.52 kWp	Potência total	12.6 kWca
Módulos	3 Strings x 11 Em série	Tensão de funcionamento	125-500 V
<b>Em condições de func. (50°C)</b>		Rácio Pnom (DC:AC)	1.15
Pmpp	13.20 kWp		
Umpp	402 V		
I mpp	33 A		
<b>Potência FV total</b>		<b>Potência total inversor</b>	
Nominal (STC)	15 kWp	Potência total	12.6 kWca
Total	33 módulos	Número de inversores	3 unidades
Superfície módulos	74.0 m <sup>2</sup>	Rácio Pnom	1.15

### Perdas do grupo

<b>Fator de perdas térm.</b>		<b>Perdas de cablagem DC</b>		<b>Perdas de qualidade dos módulos</b>				
Temperatura módulos em função irradiância		Res. global do grupo	28 mΩ	Fração perdas	-0.4 %			
Uc (const.)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Fração perdas	0.2 % em STC					
Uv (vento)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Perdas dos módulos com mismatch</b>								
Fração perdas	2.0 % no MPP							
<b>Fator de perda IAM</b>								
Efeito de incidência (IAM): Fresnel, revestimento AR, n(vidro)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



Projeto: Escola de Educação Básica Coronel Antônio  
Lehmkuhl

PVsyst V7.4.2

Variante: Relatório Simulação Escola de Educação Básica Águas Mornas

VC0, Data da simulação: 31/10/23 10:26  
com v7.4.2

### Resultados principais

#### Produção do sistema

Energia produzida 19117.20 kWh/ano

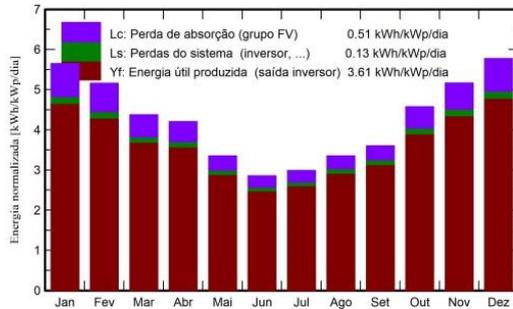
Produção específica

1317 kWh/kWp/ano

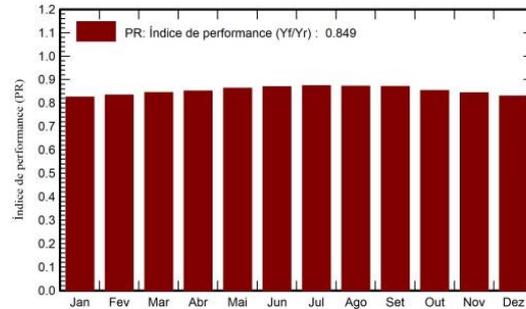
Índice de perf. PR

84.89 %

#### Produções normalizadas (por kWp instalado)



#### Índice de performance (PR)



### Balances e resultados principais

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E_Grid kWh	PR rácio
<b>Janeiro</b>	186.0	81.05	24.15	175.2	171.4	2176	2099	0.825
<b>Fevereiro</b>	154.5	78.79	23.85	144.4	141.1	1812	1748	0.834
<b>Março</b>	149.6	77.04	22.50	135.5	132.1	1723	1663	0.845
<b>Abril</b>	133.9	52.10	20.04	126.1	122.6	1615	1559	0.851
<b>Mai</b>	110.1	43.78	17.21	103.9	100.2	1349	1302	0.863
<b>Junho</b>	88.0	35.96	14.91	85.6	82.3	1122	1081	0.870
<b>Julho</b>	97.5	38.57	13.91	92.5	89.0	1217	1173	0.873
<b>Agosto</b>	111.8	56.33	15.26	104.0	100.7	1365	1316	0.872
<b>Setembro</b>	112.3	67.44	16.96	108.1	105.3	1417	1366	0.870
<b>Outubro</b>	152.8	79.89	19.71	141.7	138.2	1821	1756	0.853
<b>Novembro</b>	168.4	83.50	20.99	154.9	151.5	1968	1898	0.844
<b>Dezembro</b>	197.9	86.79	23.15	178.9	174.9	2235	2156	0.830
<b>Ano</b>	1662.8	781.24	19.36	1550.9	1509.2	19822	19117	0.849

#### Legendas

GlobHor	Irradiação horizontal total	EArray	Energia efetiva à saída do grupo
DiffHor	Irradiação difusa horizontal	E_Grid	Energia injetada na rede
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Índice de performance
GlobInc	Incidência global no plano dos sensores		
GlobEff	Global efetivo, corrigido para IAM e sombras		



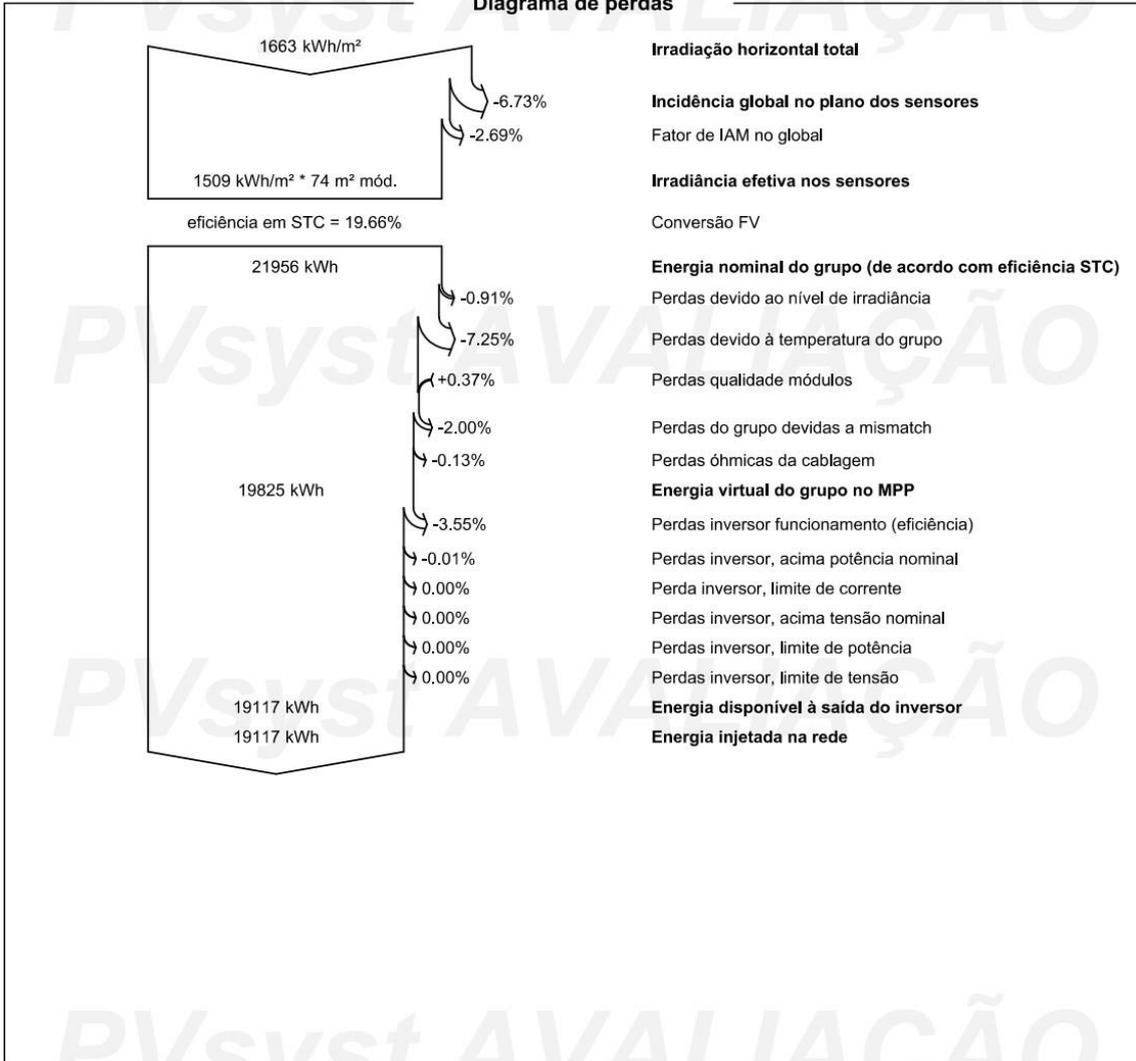
Projeto: Escola de Educação Básica Coronel Antônio  
Lehmkuhl

PVsyst V7.4.2

Variante: Relatório Simulação Escola de Educação Básica Águas Mornas

VC0, Data da simulação: 31/10/23 10:26  
com v7.4.2

Diagrama de perdas





Projeto: Escola de Educação Básica Coronel Antônio  
Lehmkuhl

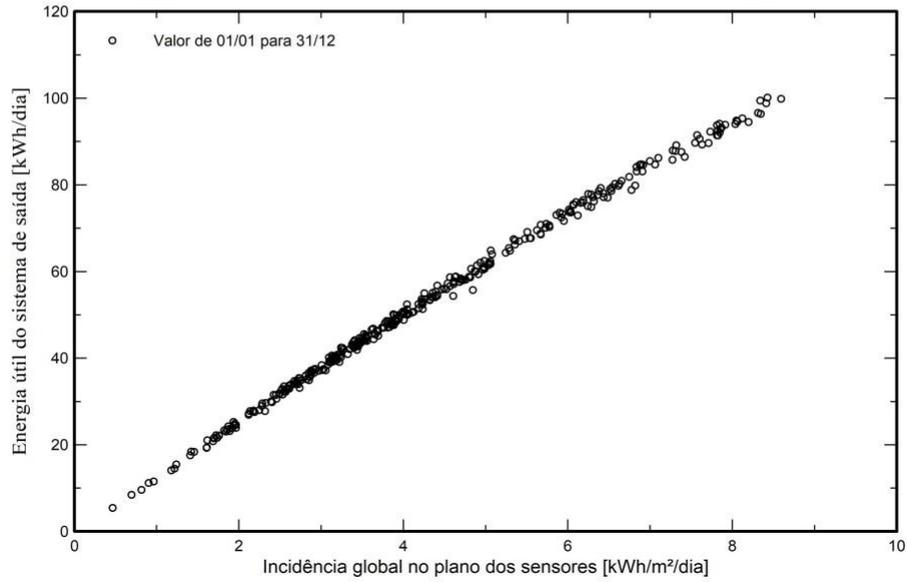
PVsyst V7.4.2

Variante: Relatório Simulação Escola de Educação Básica Águas Mornas

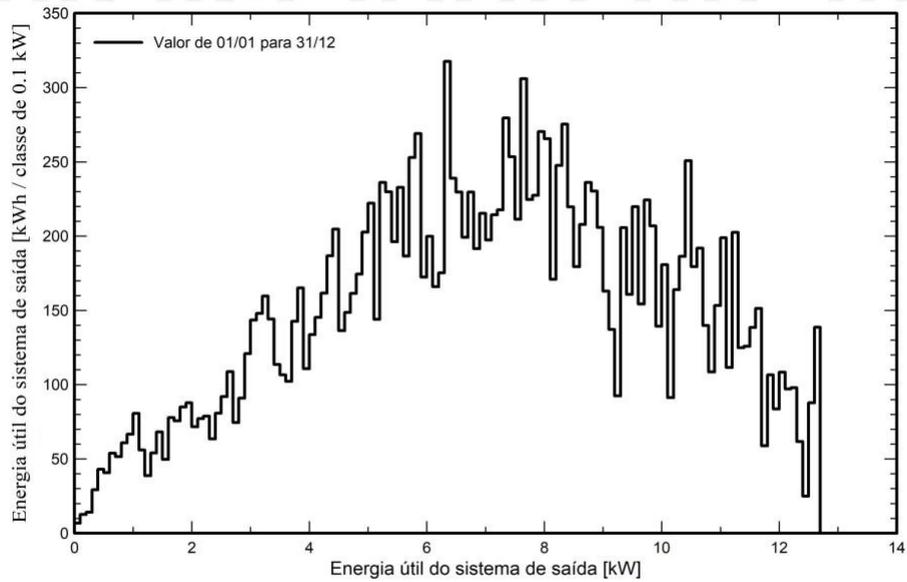
VC0, Data da simulação: 31/10/23 10:26  
com v7.4.2

Gráficos predefinidos

Diagrama de entrada / saída diário



Distribuição da potência à saída do sistema





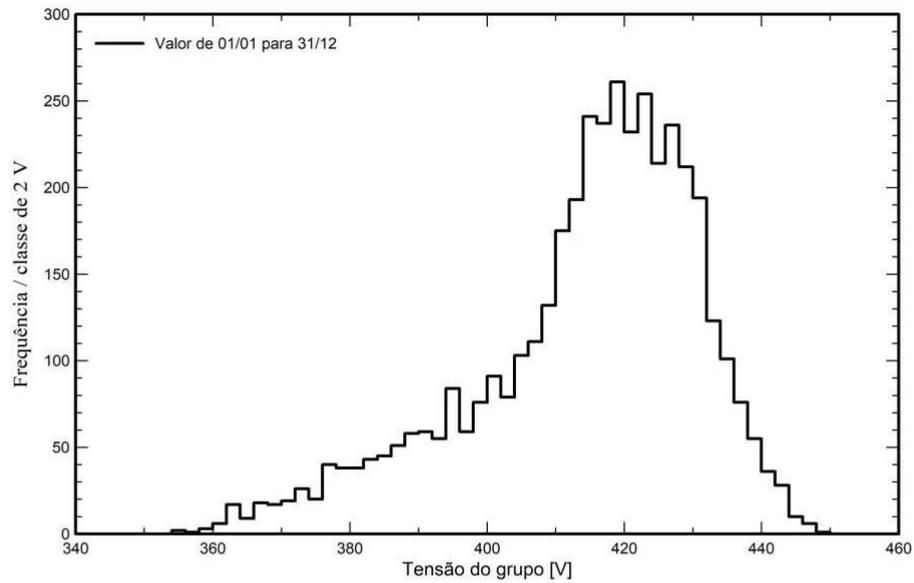
Projeto: Escola de Educação Básica Coronel Antônio  
Lehmkuhl

PVsyst V7.4.2

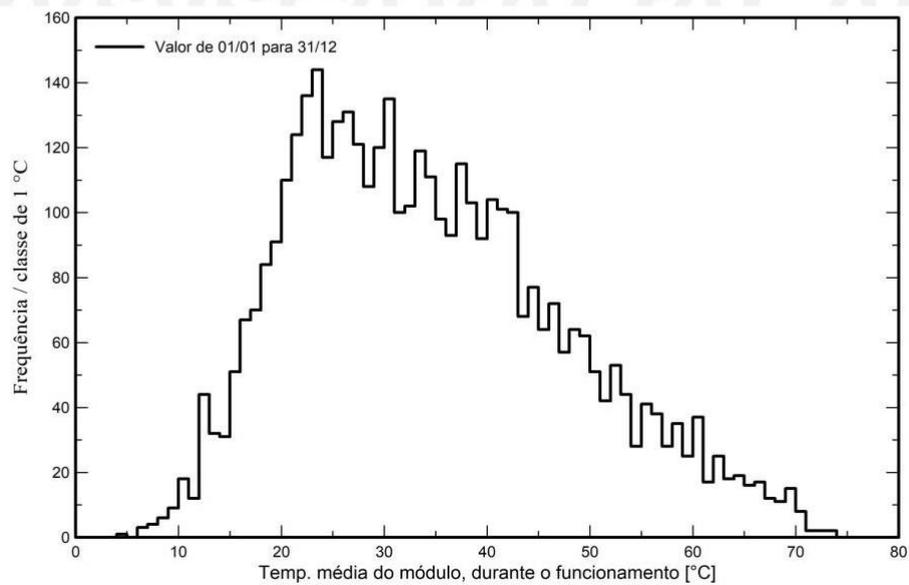
Variante: Relatório Simulação Escola de Educação Básica Águas Mornas

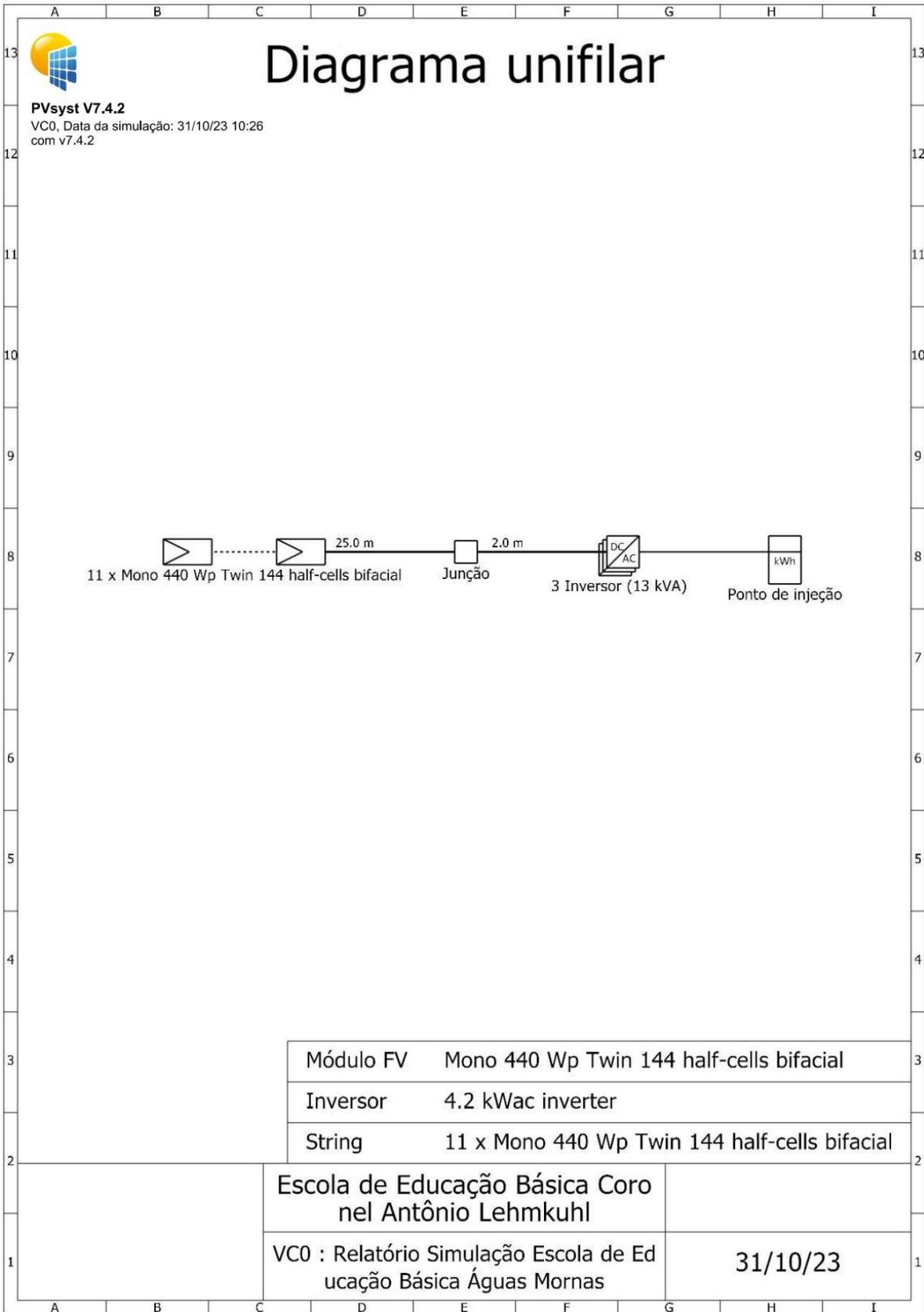
VC0, Data da simulação: 31/10/23 10:26  
com v7.4.2

Gráficos predefinidos  
Array Voltage Distribution



Array Temperature Distribution during running







Projeto: Escola de Educação Básica Coronel Antônio  
Lehmkuhl

PVsyst V7.4.2

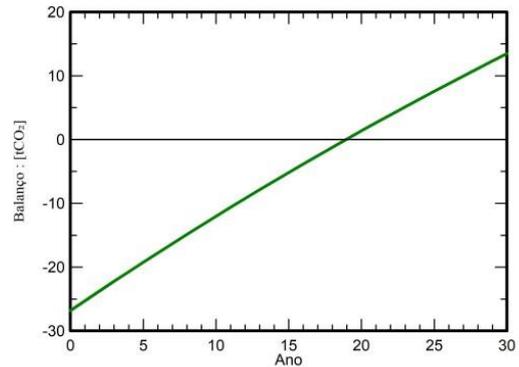
Variante: Relatório Simulação Escola de Educação Básica Águas Mornas

VC0, Data da simulação: 31/10/23 10:26  
com v7.4.2

**Balanco de emissões CO<sub>2</sub>**

Total:	13.5 tCO <sub>2</sub>
<b>Emissões geradas</b>	
Total:	26.83 tCO <sub>2</sub>
Origem: Cálculo em detalhe na tabela abaixo	
<b>Emissões evitadas</b>	
Total:	46.5 tCO <sub>2</sub>
Produção do sistema:	19.12 MWh/ano
LCE - Emissões da rede:	81 gCO <sub>2</sub> /kWh
Origem:	Lista TEA
País:	Brazil
Tempo de vida:	30 anos
Deterioração anual:	1.0 %

**Economia de emissões de CO<sub>2</sub> em função do tempo**



**Pormenores das emissões durante o ciclo de vida do sistema**

Item	LCE	Quantidade	Subtotal [kgCO <sub>2</sub> ]
Módulos	1713 kgCO <sub>2</sub> /kWp	15.4 kWp	26376
Suporta	0.54 kgCO <sub>2</sub> /kg	350 kg	189
Inversores	53.5 kgCO <sub>2</sub> /	5.00	268

**ANEXO C - RELATÓRIO DA SIMULAÇÃO NA QUADRA ESPORTIVA DA  
ESCOLA NO PVSYS**



Versão 7.4.2

**PVsyst - Relatório da simulação**

Sistema acoplado à rede

Projeto: Projeto Escola de Educação Basica Coronel Antônio Lehmkuhl - Quadra Esportiva

Variante: Nova variante da simulação

Sem desenho 3D de sombras, sem sombras

Potência sistema: 29.04 kWp

Águas Mornas - Brasil

| Author



Projeto: Projeto Escola de Educação Basica Coronel Antônio  
Lehmkuhl - Quadra Esportiva

Variante: Nova variante da simulação

**PVsyst V7.4.2**

VC0, Data da simulação: 03/11/23 10:32  
com v7.4.2

**Resumo do projeto**

<b>Localização geográfica</b>	<b>Localização</b>	<b>Parâmetros projeto</b>
Águas Mornas	Latitude -27.70 °S	Albedo 0.20
Brasil	Longitude -48.82 °W	
	Altitude 70 m	
	Fuso horário UTC-3	
<b>Dados meteorológicos</b>		
Águas Mornas		
Meteonorm 8.1 (2006-2015), Sat=100% - Sintético		

**Resumo do sistema**

<b>Sistema acoplado à rede</b>	<b>Sem desenho 3D de sombras, sem sombras</b>		
<b>Orientação do plano dos módulos</b>	<b>Sombras próximas</b>	<b>Exigências do consumidor</b>	
Plano fixo	Sem sombras	Carga ilimitada (rede)	
Inclinação/Azimute 30 / 90 °			
<b>Informação do sistema</b>			
<b>Grupo FV</b>		<b>Inversores</b>	
Nr. de módulos 66 unidades		Número de unidades 3 unidades	
Pnom total 29.04 kWp		Pnom total 27.00 kWca	
		Rácio Pnom 1.076	

**Resumo dos resultados**

Energia produzida 38111 kWh/ano	Produção específica 1312 kWh/kWp/ano	Índice de perf. PR 85.24 %
---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------

**Índice**

Resumo do projeto e dos resultados	2
Parâmetros gerais, Características do grupo FV, Perdas do sistema	3
Resultados principais	4
Diagrama de perdas	5
Gráficos predefinidos	6
Diagrama unifilar	7



Projeto: Projeto Escola de Educação Basica Coronel Antônio  
Lehmkuhl - Quadra Esportiva

Variante: Nova variante da simulação

**PVsyst V7.4.2**

VC0, Data da simulação: 03/11/23 10:32  
com v7.4.2

**Parâmetros gerais**

**Sistema acoplado à rede**

**Sem desenho 3D de sombras, sem sombras**

**Orientação do plano dos módulos**

**Orientação**

Plano fixo

Inclinação/Azimute 30 / 90 °

**Configuração dos sheds**

Não há um desenho 3D definido

**Modelos utilizados**

Transposição Perez

Difuso Perez, Meteorom

Cicumsolar separado

**Horizonte**

Sem horizonte

**Sombras próximas**

Sem sombras

**Exigências do consumidor**

Carga ilimitada (rede)

**Características do grupo FV**

**Módulo FV**

Fabricante Generic

Modelo Mono 440 Wp Twin 144 half-cells bifacial

(Parâmetros definidos pelo utilizador)

Potência unitária 440 Wp

Número de módulos FV 66 unidades

Nominal (STC) 29.04 kWp

Módulos 6 Strings x 11 Em série

**Em condições de func. (50°C)**

Pmpp 26.39 kWp

Umpp 402 V

I mpp 66 A

**Potência FV total**

Nominal (STC) 29 kWp

Total 66 módulos

Superfície módulos 148 m<sup>2</sup>

**Inversor**

Fabricante Generic

Modelo 9 kWac inverter

(Base de dados original do PVsyst)

Potência unitária 9.00 kWca

Número de inversores 6 \* MPPT 50% 3 unidades

Potência total 27.0 kWca

Tensão de funcionamento 150-750 V

Potência máx. (=>25°C) 10.00 kWca

Rácio Pnom (DC:AC) 1.08

Não há partilha de potência entre MPPTs

**Potência total inversor**

Potência total 27 kWca

Número de inversores 3 unidades

Rácio Pnom 1.08

**Perdas do grupo**

**Fator de perdas térm.**

Temperatura módulos em função irradiância

Uc (const.) 20.0 W/m<sup>2</sup>K

Uv (vento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

**Perdas de cablagem DC**

Res. global do grupo 102 mΩ

Fração perdas 1.5 % em STC

**Perdas de qualidade dos módulos**

Fração perdas -0.4 %

**Perdas dos módulos com mismatch**

Fração perdas 2.0 % no MPP

**Fator de perda IAM**

Efeito de incidência (IAM): Fresnel, revestimento AR, n(vidro)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



Projeto: Projeto Escola de Educação Basica Coronel Antônio  
Lehmkuhl - Quadra Esportiva

Variante: Nova variante da simulação

PVsyst V7.4.2

VC0, Data da simulação: 03/11/23 10:32  
com v7.4.2

### Resultados principais

#### Produção do sistema

Energia produzida 38111 kWh/ano

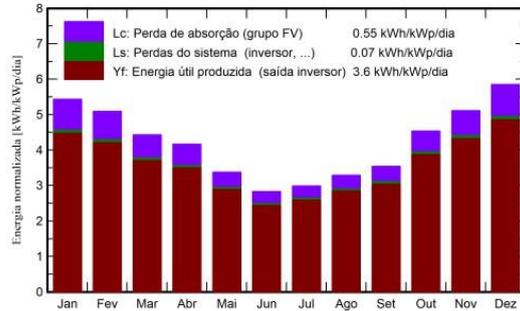
Produção específica

1312 kWh/kWp/ano

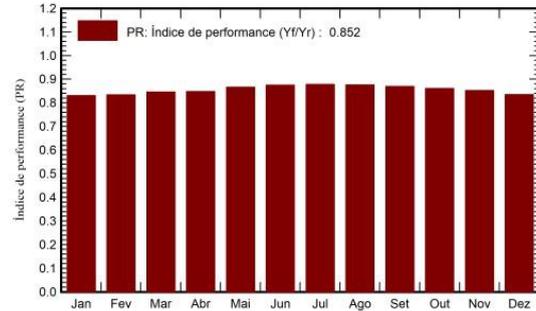
Índice de perf. PR

85.24 %

#### Produções normalizadas (por kWp instalado)



#### Índice de performance (PR)



#### Balancos e resultados principais

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E_Grid kWh	PR rácio
<b>Janeiro</b>	186.7	90.74	25.63	168.5	164.2	4141	4064	0.831
<b>Fevereiro</b>	154.4	77.68	25.33	142.7	139.3	3522	3454	0.834
<b>Março</b>	150.1	76.15	23.93	137.3	133.9	3437	3371	0.846
<b>Abril</b>	134.6	42.66	21.43	125.0	121.6	3136	3076	0.847
<b>Mai</b>	110.1	41.54	18.61	104.6	100.9	2683	2632	0.866
<b>Junho</b>	88.5	37.01	16.29	84.8	81.5	2201	2155	0.875
<b>Julho</b>	97.4	37.54	15.35	92.7	89.2	2414	2364	0.878
<b>Agosto</b>	111.4	55.23	16.67	101.9	98.5	2646	2592	0.876
<b>Setembro</b>	111.6	62.79	18.35	106.3	103.6	2739	2682	0.869
<b>Outubro</b>	151.7	88.59	21.11	140.8	137.3	3587	3521	0.861
<b>Novembro</b>	168.3	94.09	22.39	153.4	149.9	3871	3797	0.852
<b>Dezembro</b>	197.0	97.89	24.62	181.5	177.6	4488	4403	0.835
<b>Ano</b>	1661.9	801.90	20.79	1539.6	1497.5	38866	38111	0.852

#### Legendas

GlobHor Irradiação horizontal total

DiffHor Irradiação difusa horizontal

T\_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Incidência global no plano dos sensores

GlobEff Global efetivo, corrigido para IAM e sombras

EArray Energia efetiva à saída do grupo

E\_Grid Energia injetada na rede

PR Índice de performance



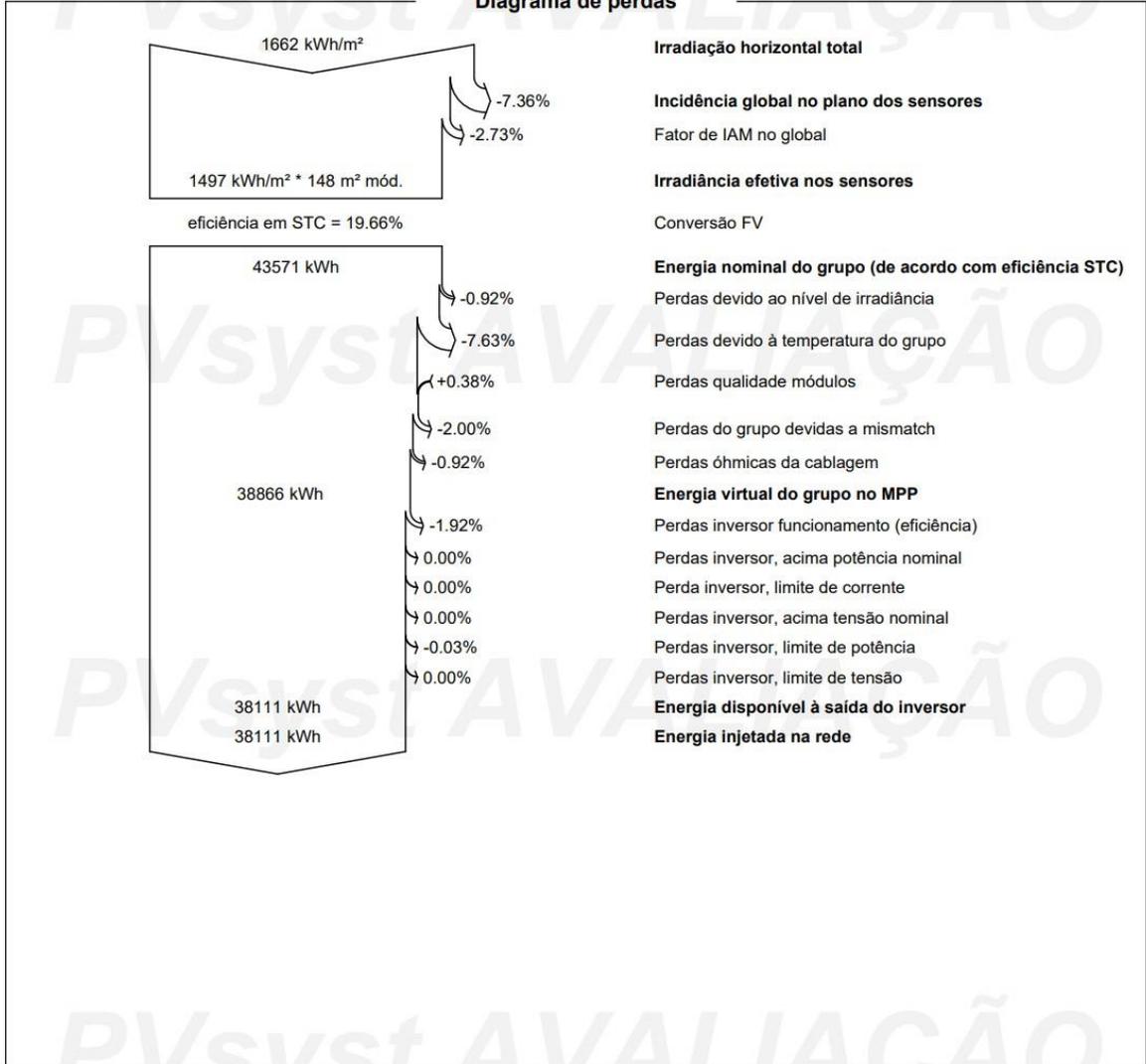
Projeto: Projeto Escola de Educação Basica Coronel Antônio  
Lehmkuhl - Quadra Esportiva

Variante: Nova variante da simulação

PVsyst V7.4.2

VC0, Data da simulação: 03/11/23 10:32  
com v7.4.2

**Diagrama de perdas**



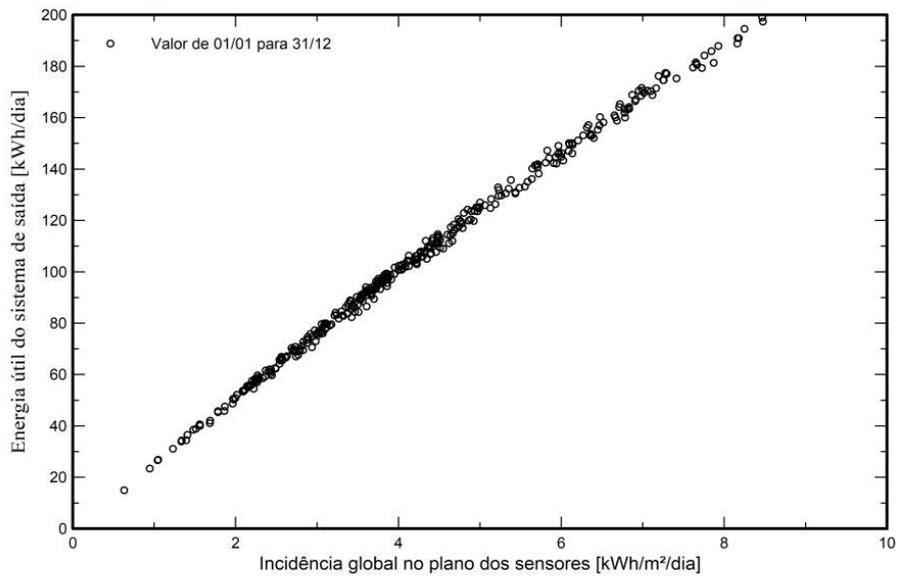


PVsyst V7.4.2

VC0, Data da simulação: 03/11/23 10:32  
com v7.4.2

### Gráficos predefinidos

Diagrama de entrada / saída diário



Distribuição da potência à saída do sistema

