# ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA DESTINADA A INSTITUIÇÕES DE ENSINO DO SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA - SESI DO DISTRITO FEDERAL

**Alessandro Barbosa Ximenes (1); Bárbara Gomes Silva (2); Shinnayder Carlos Veloso (3)**
(1) mestre, administrador, analista de projetos Senai-DF, alessandro.ximenes@sistemafibra.org.br, SENAI Taguatinga, St. C Norte Área Especial 2 - Taguatinga, Brasília - DF, 72115-700, (61) 981414105
(2) mestre, arquiteta e urbanista, barbara.gomes@sistemafibra.org.br, SENAI Taguatinga, St. C Norte Área Especial 2 - Taguatinga, Brasília - DF, 72115-700, (61) 991362312
(3) mestrando, engenheiro eletricista, shinnayder.veloso@sistemafibra.org.br, SENAI Taguatinga, St. C Norte Área Especial 2 - Taguatinga, Brasília - DF, 72115-700, (61) 983533638

## RESUMO
A energia fotovoltaica é vantajosa quando consideramos os benefícios que ela traz ao meio ambiente por vir de fonte renovável, além de diminuir o valor das faturas de energia elétrica nas edificações. Assim, o objetivo deste estudo é analisar a viabilidade de implantação de um parque solar fotovoltaico para geração de energia destinada ao abastecimento em conjunto das 3 (três) escolas da rede de educação do Distrito Federal no modelo de autoconsumo remoto. Os procedimentos metodológicos dividem-se em três etapas: (1) análise das faturas de energia elétrica das edificações; (2) cálculo de geração de energia e quantitativo de módulos fotovoltaicos e (3) análise da área de telhado por meio de imagens de satélite, orçamento e cálculo de *payback* simples. Os resultados apontam que a implantação do parque solar fotovoltaico traz benefícios às três instituições de ensino, tanto no viés econômico, quanto no educacional. O investimento inicial corresponde a R$ 6.027.328,00 e o *payback* simples aponta para cerca de 6 anos 11 meses e 12 dias. Os dados financeiros pesam muito na tomada de decisão, ainda mais quando outros compromissos tomam boa parte do orçamento das instituições. Contudo, apesar das escolas deterem a característica de aumento de carga e de consumo, com a usina FV é possível alcançar autossuficiência energética, elevando o patamar de qualidade ofertado por todo o Sistema Fibra, além de cumprir com o objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS 7) da ONU, atendendo também a agenda 2030 e os grandes desafios sustentáveis atuais, assegurando o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia, deixando herança positiva para as próximas gerações.

Palavras-chave: Energia renovável, Educação ambiental, Energia fotovoltaica, Módulos fotovoltaicos.

## ABSTRACT
Photovoltaic energy is advantageous when we consider the benefits it brings to the environment as it comes from a renewable source, in addition to reducing the value of electricity bills construction. Thus, the purpose of this study is to analyze the availability of implementing a photovoltaic solar park to generate energy to the joint supply 3 (three) schools of the education network of the Federal District with remote self-consumption model. The methodological procedures are divided into three stages: (1) analysis of the buildings' electricity bills; (2) energy generation and quantitative analysis of photovoltaic units and (3) analysis of the roof area by means of satellite images, budget and return calculation. The results indicate that the implementation of the photovoltaic solar park brings benefits to the three educational institutions, both economically and educationally. The initial investment corresponds to BRL 6,027,328 and the simple payback points to about 6 years 11 months and 12 days. Financial data weigh heavily on decision-making, especially when other commitments take up a large part of the institutions' budget. However, although schools have the characteristic of increased load and consumption, with the PV plant it is possible to achieve energy self-sufficiency, raising the level of quality offered by the entire Fiber System, in addition to meeting the sustainable development goal (SDG 7) of the UN, also meeting the 2030 agenda and the great current sustainable challenges, ensuring universal, reliable, modern and affordable access to energy services, leaving a positive legacy for generations to come.

Keywords: Renewable energy, Environmental education, Photovoltaic energy, Photovoltaic modules.

## 1. INTRODUÇÃO

A eletricidade gerada por meio de módulos fotovoltaicos (FV) possui diversos benefícios para o meio ambiente, pois produz energia limpa e renovável. Segundo Rüther e Zilles (2011), o Brasil tem enorme potencial para a implantação de energia fotovoltaica, pois possui recursos solares consideráveis, inclusive em centros urbanos. No Distrito Federal (DF) isso se confirma. Um estudo realizado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do DF (SEBRAE, 2020) mostrou o potencial solar na região considerando os índices de irradiância solar, podendo ser comparadas com as quantidades de irradiância encontradas no Nordeste, uma das regiões com maior potencial solar do Brasil, além de possuir baixo índice de nebulosidade e pluviometria.

Quanto à cronologia, no Brasil as normas e legislações referentes à energia solar tiveram seu início em 2002 com o Programa de Incentivo às Fontes de Energias Renováveis (PROINFA) do Ministério de Minas e Energia (MME) por meio da Lei n.º 10.438/2002 e avançou em 2004 com a Lei n.º 10.848/2004 que estabeleceu o novo modelo do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Todavia, foi a partir de 2012 que um largo passo foi dado com relação a energia fotovoltaica e a geração distribuída no país. A Resolução Normativa (REN) n.º 482, de 17 de abril de 2012 da Agência Nacional De Energia Elétrica (ANEEL) referente à microgeração e minigeração de energia para distribuição e compensação, contribuiu para diminuir barreiras relacionadas à energia fotovoltaica. Em 2015, a REN n.º 482 (BRASIL, 2012) foi atualizada para a REN n.º 687 (BRASIL, 2015) que redefiniu os limites de potência, autoconsumo remoto e geração compartilhada, além de ampliar o prazo de utilização dos créditos de energia. Ademais, em 2022 a ANEEL regulamentou a Lei 14.300/2022 (BRASIL, 2022) que ficou conhecida como o marco legal da Micro e Minigeração Distribuída no Brasil e passou a vigorar em 06 de janeiro de 2023, sendo seu principal acréscimo, a determinação da cobrança da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), ou seja, o custo do Fio B, que remunera as concessionárias de energia elétrica. Segundo a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Proteção Animal (SEMA, 2022) as conexões fotovoltaicas do Distrito Federal passaram de 35 em 2015, para um total de 3.063 em 2022.

Após a crise energética brasileira, em 2001, várias iniciativas foram feitas para a racionalização do consumo de energia. A busca pela eficiência e autossuficiência energética tem um papel fundamental, estudos que tem como objeto as escolas brasileiras, tem apresentado, após a utilização de fontes de energia renováveis, como a solar, a diminuição no custo referente ao consumo de energia elétrica nas unidades, além de contribuir com a sustentabilidade da instituição e com a educação ambiental do corpo discente (REIS, REIS JUNIOR, PERIN, 2020; HAAS, ROHR, DOS SANTOS, 2018).

Assim, o presente estudo surgiu da preocupação da Gerência Executiva de Educação da Rede de Ensino do Serviço Social da Indústria (SESI) do Distrito Federal durante a criação do Guia de Educação Ambiental – SESI BIO, com diversas ações que estão sendo aplicadas pelos próprios alunos, com o auxílio do corpo docente, estimulando a conscientização e as boas práticas de sustentabilidade em suas unidades. A matriz energética, que inclusive foi tema do Festival Nacional SESI de Robótica 2023 e que também está relacionado ao sétimo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), que busca assegurar o acesso à energia limpa, era tema corriqueiro e levou a inquietação que a Rede ainda não possui estrutura para essa forma de geração.

Aplicando uma visão mais sistêmica, o SESI-DF faz parte da Federação das Indústrias (FIBRA) do Distrito Federal, que também possui em sua estrutura o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), referência na formação profissional de Eletricista de Sistemas Fotovoltaicos – Energia Solar, energia essa que vem ganhando grande importância ao longo dos últimos anos por ser uma fonte limpa, renovável e econômica. Levando em consideração o alto valor de investimento inicial, grande parte das empresas demonstram resistência em sua aquisição. Com a rede supracitada não seria diferente, logo, o estudo de viabilidade pode ser a melhor forma para reverter qualquer pensamento contrário a implementação de um parque solar fotovoltaico.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é analisar a viabilidade de implantação de um parque solar fotovoltaico para geração de energia destinada ao abastecimento em conjunto das 3 (três) escolas da rede de educação do SESI do Distrito Federal, unidades das Regiões Administrativas – RA II, III e V, Gama, Taguatinga e Sobradinho, respectivamente, no modelo de geração compartilhada denominado autoconsumo remoto.

## 3. MÉTODO

Para o desenvolvimento deste artigo, utiliza-se uma abordagem metodológica de cunho quali-quantitativo. Quantitativo com a análise das contas de luz das escolas foco deste estudo, o cálculo da geração de energia, a medição da área de telhado, o cálculo de dimensionamento, escolha e custo dos equipamentos; e qualitativa, com a busca da diminuição no custo referente ao consumo de energia elétrica convencional nas unidades, além da contribuição com a sustentabilidade da Rede de Educação SESI-DF e com a educação ambiental dos alunos. O processo segue a seguinte ordem:

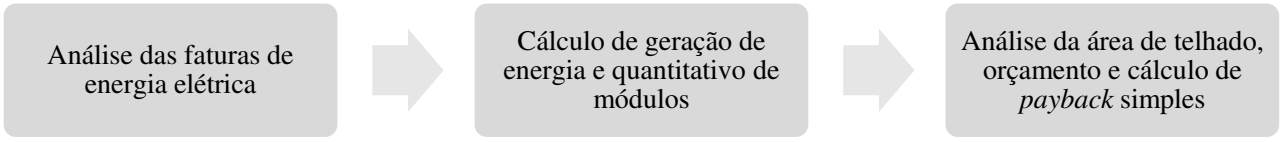


Figura 1 – Processo metodológico

Para o dimensionamento do parque solar fotovoltaico, leva-se em consideração o consumo das 3 escolas, a incidência solar no local da instalação da usina, as perdas estimadas, a quantidade de energia que se pretende gerar e a potência dos módulos fotovoltaicos. A seguir são descritos os caminhos metodológicos para viabilizar a implementação.

### 3.1. Análise de faturas de energia elétrica

A análise do consumo de energia elétrica das unidades consumidoras do SESI Taguatinga, SESI Gama e SESI Sobradinho, foi realizada a partir do histórico de consumo mensal disponibilizado pela Distribuidora local, Neoenergia Distribuição Brasília, na própria fatura de energia do ano de 2022.

As unidades supracitadas são classificadas como grandes consumidores, ou seja, GRUPO A que, de acordo com a REN 1000 da ANEEL (BRASIL, 2021) é caracterizado como o "grupamento composto de unidades consumidoras com conexão em tensão maior ou igual a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão menor que 2,3 kV e subdividido nos seguintes subgrupos:" A1, A2, A3, A4 e A5. Outra peculiaridade dos consumidores do Grupo A é que a tarifa sofre uma diferenciação nos horários de Ponta (P) e Fora de Ponta (FP), sendo que em Brasília adota-se como Ponta das 18:00:00 às 20:59:59, Fora de Ponta das 22:00:00 às 16:59:59 e faixa intermediária das 17:00:00 às 17:59:59. Os horários de Ponta possuem o valor de tarifa mais elevado.

Foi identificado que todas as respectivas unidades são do subgrupo A4 e, por conseguinte, o padrão de fornecimento da alimentação elétrica segue conexão com valor de tensão entre 2,3 kV e 25 kV, mais especificamente em 13,8 kV e que apresentavam valores de consumo dentro das categorias dos horários de Ponta e Fora Ponta, com modelo tarifário Horo Sazonal Verde.

Posterior ao levantamento de dados, encontra-se a média aritmética do consumo anual referente aos doze meses de 2022. Assim, a média anual do consumo de energia dado em kWh de cada unidade é utilizada para dimensionar o parque solar fotovoltaico e o investimento que a instituição fará, bem como o *payback* simples.

### 3.2. Cálculo de geração de energia e quantitativo de módulos FV

Para calcular a quantidade de energia que deverá ser gerada, é necessário saber qual é o Fator de Ajuste (FA). Esse Fator é necessário para equalização do aproveitamento do excedente de eletricidade gerada que eventualmente poderá ser compensada em um posto horário diferente, em outras palavras, isso significa que a energia gerada no horário Ponta não poderia ser compensada no horário Fora Ponta por apresentar discrepância na valoração tarifaria.

Para determinação do Fator de Ajuste deve ser feita a razão entre a Tarifa de Energia (TE) de Ponta e Fora Ponta conforme Equação 1 apresentada abaixo. A ANEEL divulga anualmente a homologação do resultado do Reajuste Tarifário em documento oficial para consulta, denominado Resolução Homologatória.

$$FA = TEP/TEFP \quad \text{Equação 1}$$

Onde:
FA é o Fator de Ajuste;
TEP é a TE Ponta fornecido pela ANEEL [kWh];
TEFP é a TE Fora de Ponta fornecido pela ANEEL [kWh].

Para o ano de 2022, de acordo com a Resolução Homologatória n.º 3.134, de 1º de novembro de 2022, a ANEEL ratifica o valor de P para o Grupo A igual a R$ 543,08 e FP igual a R$ 335,75, referentes a concessionária local de Brasília, a Neoenergia Distribuição Brasília S.A. – NDB. Os valores indicados correspondem a Tarifa de Energia (TE) de consumidor Grupo A, Subgrupo A4, Modalidade Verde. Sabendo disso, calcula-se o valor de FA conforme Equação 2.

$$\mathrm{FA} = \frac{543{,}08}{335{,}75} = 1{,}6175 \qquad \text{Equação 2}$$

O valor de FA será adotado para o cálculo do Consumo Total, dado pela Equação 3.

$$\mathrm{CT} = (\mathrm{CP\ x\ FA}) + \mathrm{CFP} \qquad \text{Equação 3}$$

Onde:
CT é o Consumo Total da unidade consumidora [kWh];
CP é o Consumo de Ponta da unidade consumidora [kWh];
CFP é o Consumo Fora de Ponta da unidade consumidora [kWh].

Após o cálculo do consumo total é preciso encontrar o valor da Capacidade de Potência de geração necessária para suprir esse mesmo consumo, como mostra a Equação 4. Para esse cálculo, também é necessário equacionar o valor do rendimento do sistema, a irradiância solar e o número de dias de provimento para o mês, onde: rendimento é o valor unitário subtraindo as perdas (térmicas, de eficiência do inversor, sujeira, cabeamento e incompatibilidade elétrica, orientação geográfica), sendo esse valor convencionado de acordo com a expectativa do engenheiro eletricista; e irradiância é a quantidade de energia solar por metro quadrado diária média mensal fornecida pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB) do Ministério de Minas e Energia em parceria com a Eletrobrás.

$$\mathrm{CPot} = \frac{\mathrm{CT}}{\eta\ \mathrm{x\ HSP\ x\ dias/mês}} \qquad \text{Equação 4}$$

Onde:
CPot é o Capacidade de Potência de Geração [kWp];
CT é o Consumo Total da unidade consumidora [kWh];
$\eta$ é o Rendimento;
HSP é a Irradiância [kWh/m². dia];
dia/mês é a média de dias por mês em 1 ano.

Enfim, calcula-se a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para atender a demanda energética das edificações, conforme Equação 5, e determina-se o(s) respetivo(s) inversor(es) que atuarão na conversão da energia gerada em corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), que é o padrão utilizado nas instalações elétricas internas.

$$\mathrm{Qtd} = \frac{\mathrm{CPot}}{\mathrm{PotM}} \qquad \text{Equação 5}$$

Onde:
Qtd é a quantidade de módulos fotovoltaicos;
CPot é o Capacidade de Potência de Geração [Wp];
PotM é a Potência do módulo escolhido [Wp].

### 3.3. Análise da área de telhado, orçamento e cálculo de *payback* simples

Para a definição do local de implantação do parque solar fotovoltaico considera-se duas questões principais: área útil livre para implantação dos módulos fotovoltaicos e incidência de radiação solar. Além disso, considera-se a localização e o espaço físico, facilitando inclusive a manutenção pela equipe técnica. O SESI Taguatinga, é o maior dentre as três unidades objetos deste estudo e possui grande área de telhado disponível, assim, define-se a utilização dos telhados do SESI Taguatinga para implantação do parque solar fotovoltaico para geração de energia destinada ao abastecimento em conjunto das 3 (três) escolas da rede de educação.

Verifica-se *in loco*, o quantitativo de telhados aptos a receberem os módulos fotovoltaicos no SESI Taguatinga. Além disso, verifica-se se os telhados recebem incidência de radiação solar suficiente e/ou se existem barreiras solares que possam ocasionar sombreamento e interferir na eficiência dos módulos FV.

Para a definição dos equipamentos que serão utilizados, realiza-se a análise do tipo de telhado, o que permite realizar o orçamento da implantação do parque e o cálculo do *payback* simples, ou seja, o tempo de retorno do investimento. Este cálculo será simplificado e estimado, tendo em vista a complexidade em avaliar fatores como: sazonalidade climática, incidência solar direta, periodicidade de manutenção, inflação sobre a tarifação de energia elétrica, bandeira tarifária etc.

$$\text{Payback Simples} = \frac{\text{Custo Total}}{\text{CT x Meses x TM}} \qquad \text{Equação 6}$$

Onde:
Custo Total é o valor total do investimento [R$];
CT é o Consumo Total da unidade consumidora [kWh];
TM é a Tarifa média do grupo A fornecida pela ANEEL [R$].

## 4. RESULTADOS

Para a unidade do SESI Gama, a média anual de consumo de kWh encontrada por meio da análise das contas de energia, referente ao período de Ponta é igual a 3078,16 e para o período Fora Ponta é de 27340,16 como mostra a Tabela 1. Dentre as três unidades objetos deste estudo, a unidade do Gama é a que consome menos.

Tabela 1 – Consumo mensal e média anual em kWh do SESI Gama.

| Mês | Ponta (P) kWh | Fora Ponta (FP) kWh |
|---|---|---|
| Janeiro | 2344 | 19985 |
| Fevereiro | 2133 | 23800 |
| Março | 2219 | 22440 |
| Abril | 2783 | 25413 |
| Maio | 2277 | 22968 |
| Junho | 3372 | 26607 |
| Julho | 3642 | 29826 |
| Agosto | 3450 | 27595 |
| Setembro | 4121 | 34634 |
| Outubro | 3901 | 33611 |
| Novembro | 3691 | 32518 |
| Dezembro | 3005 | 28685 |
| **Média anual** | **3078,16** | **27340,16** |

Fonte: Neoenergia Brasília, 2022.

A unidade de Taguatinga tem o maior consumo de kWh comparadas às unidades do Gama e de Sobradinho, correspondendo a 9558 no período de Ponta e 68897,58 Fora Ponta, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo mensal e média anual em kWh do SESI Taguatinga.

| Mês | Ponta (P) kWh | Fora Ponta (FP) kWh |
|---|---|---|
| Janeiro | 9312 | 58749 |
| Fevereiro | 7747 | 48964 |
| Março | 8232 | 48029 |
| Abril | 8900 | 54006 |
| Maio | 7476 | 52909 |
| Junho | 9495 | 53814 |
| Julho | 10036 | 55512 |

| | | |
|---|---|---|
| Agosto | 10474 | 54501 |
| Setembro | 11997 | 63223 |
| Outubro | 10903 | 66127 |
| Novembro | 10912 | 70645 |
| Dezembro | 9212 | 63520 |
| **Média anual** | **9558** | **68897,58** |

Fonte: Neoenergia Brasília, 2022.

Em Sobradinho o consumo médio em kWh foi igual a 4685,16 no período de Ponta e 39848,83 Fora Ponta, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo mensal e média anual de kWh do SESI Sobradinho.

| **Mês** | **Ponta (P) kWh** | **Fora Ponta (FP) kWh** |
|---|---|---|
| Janeiro | 3423 | 30635 |
| Fevereiro | 3045 | 30052 |
| Março | 3754 | 34636 |
| Abril | 5130 | 42304 |
| Maio | 4781 | 44168 |
| Junho | 5389 | 44504 |
| Julho | 5372 | 44789 |
| Agosto | 5303 | 41914 |
| Setembro | 6100 | 46839 |
| Outubro | 5061 | 40904 |
| Novembro | 4862 | 40747 |
| Dezembro | 4002 | 36694 |
| **Média anual** | **4685,16** | **39848,83** |

Fonte: Neoenergia Brasília, 2022.

O resultado deste estudo depende da soma das três médias do consumo de Ponta, bem como da soma das três médias do consumo Fora Ponta, já que o parque solar fotovoltaico abastecerá as três unidades do SESI. Esses valores serão utilizados para previsão de quantidade de módulos FV. Assim, o valor total do consumo de Ponta é igual a 17.321,32 kWh e Fora Ponta é igual a 136.086,57 kWh. Calcula-se então o Consumo Total, adotando 1,6175 como Fator de Ajuste, conforme mostrado no item 3.2, e resulta em 164.103,80 kWh como se observa na Equação 7.

$$CT = (17.321{,}32 \times 1{,}6175) + 136.086{,}57$$

$$\mathbf{CT = 164.103{,}80\ kWh}$$

Equação 7

Em seguida, calcula-se a Capacidade de Potência de geração adotando o valor de perda igual a 20% ou 0,2. O valor de HSP é igual a 5,43 seguindo o valor de inclinação de acordo com a latitude do local que é aproximadamente 16º Norte. Esse valor foi adotado pois, de acordo com dados do CRESESB a irradiância solar diária média mensal é a mais relevante para um menor delta (variação), conforme Figura 2 a seguir.

**Estação:** Brasília
**Município:** Brasília , DF - BRASIL
**Latitude:** 15,801° S
**Longitude:** 48,149° O
**Distância do ponto de ref.** ( 15,81152° S; 48,072499° O) :8,3 km

| # | Ângulo | Inclinação | Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia] | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Média | Delta |
| ☑ | Plano Horizontal | 0° N | 5,33 | 5,57 | 5,01 | 4,98 | 4,84 | 4,71 | 4,90 | 5,85 | 5,68 | 5,53 | 5,10 | 5,41 | 5,24 | 1,14 |
| ☑ | Ângulo igual a latitude | 16° N | 4,93 | 5,34 | 5,05 | 5,36 | 5,57 | 5,62 | 5,78 | 6,56 | 5,90 | 5,38 | 4,77 | 4,95 | 5,43 | 1,79 |
| ☑ | Maior média anual | 18° N | 4,87 | 5,29 | 5,04 | 5,39 | 5,63 | 5,71 | 5,86 | 6,62 | 5,90 | 5,34 | 4,71 | 4,88 | 5,44 | 1,91 |
| ☑ | Maior mínimo mensal | 5° N | 5,23 | 5,53 | 5,05 | 5,13 | 5,10 | 5,03 | 5,21 | 6,11 | 5,79 | 5,51 | 5,02 | 5,29 | 5,33 | 1,09 |

Figura 2 - Irradiação Solar no Plano Inclinado – Brasília, DF
Fonte: CRESESB, 2023.

O resultado da Capacidade de Potência de geração é igual a 1.259,237 kWp ou 1.259.237 Wp, conforme Equação 8. Esse valor aponta o valor mínimo necessário de geração para compensação do consumo de energia elétrica atual das unidades consumidoras.

$$\mathrm{CPot} = \frac{164.103{,}80}{(1 - 0{,}2)\ \mathrm{x}\ 5{,}43\ \mathrm{x}\ 30} \qquad \text{Equação 8}$$

$$\mathrm{CPot} = 1.259{,}237\ \mathrm{kWp}$$

Utilizando o valor de CPot em Wp, calcula-se a quantidade de módulos FV para produzir a energia necessária para abastecer as três unidades do SESI, e a potência nominal de geração do módulo escolhido foi 550 Wp (modelo: JAM72S30-550/MR, marca: JA Solar), conforme Equação 9.

$$\mathrm{Qtd} = \frac{1.259.237}{550} \qquad \text{Equação 9}$$

$$\mathrm{Qtd} \cong 2.290$$

Assim, conclui-se que são necessários 2.290 módulos FV para implantação do parque solar fotovoltaico, resultando em uma potência final de 1.259,5 kWp. Cada módulo ocupa uma área de 2,584 m², sendo necessária uma área de telhado mínima de 5.917,36 m² para instalação. Os módulos serão instalados em perfil metálico instalados com suporte de fixação diretamente parafusados na estrutura metálica do telhado.

O total da área de telhado dos blocos do ginásio, da quadra poliesportiva e do refeitório localizados no SESI Taguatinga sinalizados em vermelho na Figura 3, correspondem a 6.270 m² e atendem às especificações necessárias para implantação dos módulos FV, possuem telha metálica trapezoidal e leve inclinação, a edificação foi construída em 1976 é robusta e passa por constante supervisão da equipe de engenharia da Fibra. Para uma máxima geração o ideal seria padronizar a instalação física dos módulos FV orientados ao norte. Todavia, apesar de essas serem as condições ideais, na prática a instalação seguirá as configurações de ângulo e orientação do telhado mais à nordeste da edificação. Ressalta-se que isso não implicará em perdas significativas que comprometam a capacidade de geração como afirma Villalva (2019) “adaptações com estruturas metálicas para inclinar os módulos em alguns poucos graus ou para tentar orientar os módulos para o Norte adicionam um custo desnecessário às instalações fotovoltaicas em telhados. O resultado é pífio, produzindo pouco efeito prático no aumento da geração de energia”.

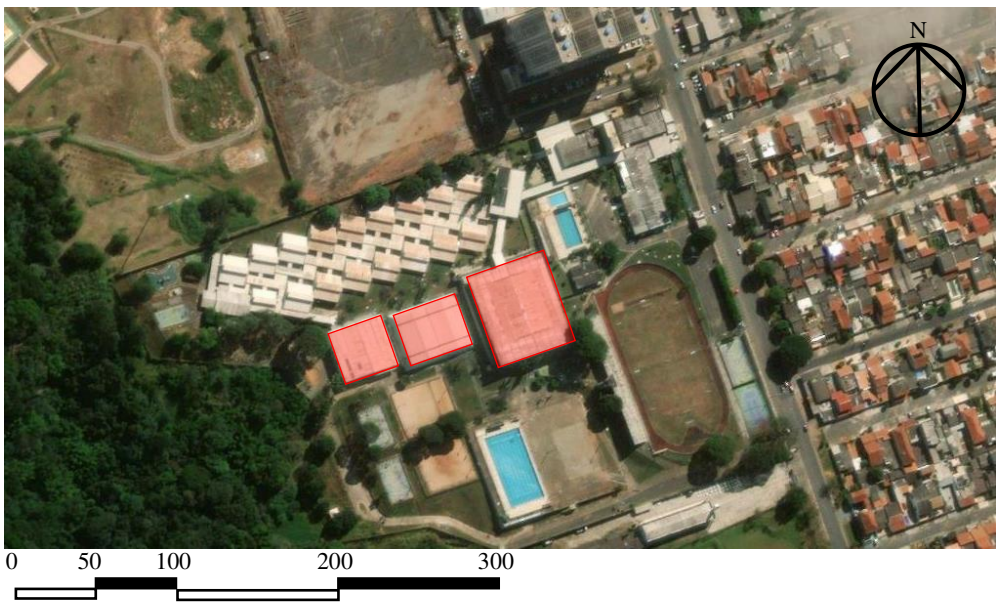


Figura 3 - Imagem de satélite do SESI Taguatinga.
Fonte: Geoportal, 2023.



Figura 4 - Telhado metálico trapezoidal do SESI Taguatinga.
Fonte: Os autores, 2023.

Considerando a potência final necessária para abastecer as três unidades do SESI, realiza-se a estimativa do investimento de equipamentos necessários para a implantação do parque solar fotovoltaico considerando três fornecedores de módulos FV conforme Tabela 4, estando incluso: estrutura solar *romagnole* 412135 rs-327, perfil de alumínio 2,40m, painéis *pratic lite*, conector *deye* fêmea conector *and end* cap conector fêmea e tampa final, estrutura solar r*omagnole* 412210 rs223 kit fixação para telha metálica, painel solar JA jam72s30-550/mr 550w *deep blue* 144 cel mono *half cell* 21,3% eficiência, micro inversor solar *deye sun*1000g3-us-220 1kw monofásico 220v 2mppt monitoramento.

Tabela 4 – Estimativa de custo de implantação do parque referente a JAM72S30-550/MR.

| **Fornecedor** | **Valor por 1,1 kWp** | **Custo para 1.259,50 kWp** |
|---|---|---|
| Aldo Solar | R$ 4.709,00 | R$ 5.391.805,00 |
| Lidermig | R$ 4.727,05 | R$ 5.412.472,25 |
| IVIC Solar | R$ 4.785,44 | R$ 5.479.328,80 |

Fonte: os autores, 2023.

Além do valor de custo dos equipamentos, para alcançar o custo total do investimento, faz-se necessário acrescentar o custo de mão de obra e o custo de projeto e homologação perante a distribuidora de energia. O valor desses itens corresponde a um valor igual a R$ 548.000, considerando o orçamento de um profissional atuante da área FV em Brasília-DF resultando em um custo final igual a R$ 6.027.328,00. Destarte, foi possível calcular o valor de *payback* conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

$$\text{Payback} = \frac{6.027.328}{164.103{,}80 \text{ x } 12 \text{ x } 0{,}44} \qquad \text{Equação 10}$$

$$\text{Payback} = 6{,}95 \text{ anos}$$

O cálculo indicou um *payback* de 6,95 anos, ou seja, 6 anos 11 meses e 12 dias. Considerando que o painel fotovoltaico especificado tem uma eficiência de 84,8% após 25 anos de uso, a economia após o investimento perdura por aproximadamente 18 anos, sendo necessária a manutenção dos equipamentos após esse período.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade da implementação de um parque solar fotovoltaico para geração de energia destinada ao abastecimento em conjunto das 3 (três) escolas na Rede SESI-DF de educação, considerando a análise das faturas de energia elétrica, o cálculo de geração de energia e o quantitativo de módulos fotovoltaicos, a medição da área de telhado, o custo do investimento e o *payback* simples. Vale frisar que este tema é cada vez mais relevante para a sustentabilidade das escolas, não se pode dissociar o ambiente de negócios das preocupações sociais, ambientais, de governança e pedagógicas.

Aproveitando a geografia e a incidência solar no Distrito Federal, acompanhado dos avanços das tecnologias de energias renováveis, seguindo as normas e legislação vigente no setor, busca-se centralizar a geração e manutenção em apenas uma unidade, o SESI Taguatinga, maximizando a eficiência na distribuição

para outros braços que compõem o Sistema FIBRA, isto é, uma unidade geradora, distribuindo para as demais unidades, no modelo de autoconsumo remoto.

O gasto energético anual total das três unidades SESI objetos deste estudo corresponde a 164.103,80kWh, esse valor mantém todo o sistema das unidades. Para esse consumo, necessita-se de uma geração de potência pico igual a 1.259,237 kWp, assim estima-se a compra de 2.290 painéis fotovoltaicos que ocupariam uma área de telhado igual a 5.917,36 m², sendo possível a implantação nos telhados disponíveis no SESI Taguatinga.

Com relação ao custo, a estimativa de investimento corresponde a R$ 6.027.328,00 para implantação do parque solar fotovoltaico, sendo que este valor seria recompensado pela economia na fatura de energia em um tempo correspondente a 6 anos 11 meses e 12 dias.

Os dados financeiros pesam muito na tomada de decisão, ainda mais quando outros compromissos tomam boa parte do orçamento das instituições. Contudo, os grandes desafios sustentáveis atuais, o apelo global da Agenda 2030 à ação para proteger o meio ambiente, o clima e a busca pelo cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, elevarão o patamar de qualidade ofertado por todo o Sistema Fibra, além da herança positiva para as próximas gerações. Segundo Dantas e Pompermayer (2018, p. 32) "A adoção de sistemas FVs pode trazer claros benefícios ao usuário investidor. [...] Ou seja, o produtor está economizando toda vez que consumir a energia que seu sistema produz". Então apesar das escolas deterem a característica de aumento de carga e de consumo, com a usina FV é possível alcançar autossuficiência energética.

Estudos futuros serão realizados para complementar esta pesquisa, com o intuito de que a geração de energia fotovoltaica inicialmente utilizada para abastecer o SESI Taguatinga, Gama e Sobradinho, atenda a demanda de outras unidades do Sistema FIBRA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BRASIL. **Lei 10.438 nº 10438, de 26 de abril de 2002**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). Subchefia para Assuntos Jurídicos, Presidência da República, Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002.

BRASIL. **Lei 10.848 nº 10848, de 15 de março de 2004**. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Presidência da República, Brasília, DF: Diário Oficial, 2004.

BRASIL. **LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Subchefia para Assuntos Jurídicos, Presidência da República, Brasília, DF: Diário Oficial, 2022.

BRASIL. **RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA nº 3134, de 1 de novembro de 2022**. Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2022, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Neoenergia Distribuição Brasília S.A. – NDB. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. , Brasília, DF: Diário Oficial, 2022.

BRASIL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021**. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica; revoga as Resoluções Normativas ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, Brasília, DF: Diário Oficial, 2022.

BRASIL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, Brasília, DF: Diário Oficial, 2012.

BRASIL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL , Brasília, DF: Diário Oficial, 2015.

DANTAS, Stefano Giacomazzi. POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea. Rio de Janeiro, maio de 2018.

HAAS, Alessandra, Franciele ROHR, e Ísis P. DOS SANTOS. "**Estudo Para Utilização de Energia Solar Fotovoltaica Aplicada a Escolas Municipais na Cidade de Cruz Alta-RS**." VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Gramado, 2018.

MINAYO, Maria C. de, SANCHES, Odécio. "**Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade?**" Cad. Saúde Públ., jul/set de 1993: 239-248.

REIS, Mari A. F., Paulo REIS JUNIOR, e Dirceu L. PERIN. "**Sustentabilidade Energética em Escola Pública.**" MIX Sustentável, junho de 2020, 3 ed.: 37-44.

RÜTHER, Ricardo, e Roberto ZILLES. "**Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil**." Energy Policy, 2011: 1027-1030.

SEBRAE. "**Potencial solar do DF: Construção Civil**." Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, Brasília, 2020, 14.

SEDUH. **Mapa digital de fotografias aéreas.** 2023. https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/.

SEMA. "**Energia Solar**." Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Proteção Animal do Distrito Federal, Brasília, 2022.

SOLAR, SOLLARES ENERGIA. **PAINEIS 550W MONOCRISTALINO JA SOLAR HALF-CELL**. 2023. Disponível em: <https://sollares.com.br/inicio/200-04-paineis-550w-monocristalino-ja-solar-half-cell.html>. Acesso em: 15 mar. 2023.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 10. São Paulo: Atlas, 2009.

VILLALVA, Marcelo. **Vale a pena ajustar a angulação dos módulos solares nos telhados?** Artigos técnicos. Canal Solar. 2019. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/vale-a-pena-ajustar-a-angulacao-dos-modulos-solares-nos-telhados/>. Acesso em 21 jun. 2023.