



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
BACHARELADO EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

CLENILTON DE SOUSA ALVES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE GERENCIAMENTO DE
ENERGIA ELÉTRICA NO CETENS**

Feira de Santana - BA

2021

CLENILTON DE SOUSA ALVES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE GERENCIAMENTO DE
ENERGIA ELÉTRICA NO CETENS**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso do Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial à conclusão do curso.

Orientadora: Prof.^a Dr^a. Gabriele Costa
Gonçalves

Feira de Santana - BA

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por iluminar meus caminhos me concedendo forças para ir atrás dos meus objetivos. À minha família, especialmente meus pais, por sempre estarem ao meu lado, me dando apoio e incentivo. A minha namorada agora esposa, pela parceria e apoio. A minha orientadora: Prof.^a Dr.^a. Gabriele Costa Gonçalves, por me auxiliar na realização deste trabalho.

FOLHA DE APROVAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
BACHARELADO EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA
ELÉTRICA NO CETENS**

Aprovada em 01 de outubro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Gabriele Costa Gonçalves

Profª Drª Gabriele Costa Gonçalves – UFRB – Orientadora

Jadiel dos Santos Pereira

Prof. Dr. Jadiel dos Santos Pereira – UFRB

Luiz Henrique Santos Silva

Prof. Dr. Luiz Henrique Santos Silva – UFRB

CLENILTON DE SOUSA ALVES

Feira de Santana-BA

2021

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: A vontade. ”

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise sobre a aplicação de Recursos Energéticos Distribuídos (RED) para um melhor gerenciamento de energia no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS) considerando a Geração Distribuída (GD), Armazenamento de Energia, Resposta da Demanda (RD) e Eficiência Energética. Na geração distribuída foi utilizada a fonte solar fotovoltaica, em razão de ser a mais utilizada no Brasil. No armazenamento de energia foram usadas as baterias de lítio, que possuem uma alta eficiência energética. E a resposta da demanda foi baseada em preços através do modelo de Tarifa Branca. Como estratégia de recursos energéticos distribuídos foi utilizada a técnica de redução de pico com o armazenamento de energia em baterias, visando a manipulação do consumo em horário de ponta. Além disto, o sistema fotovoltaico conectado à rede tem a função de alimentar as baterias em horários de maior incidência solar. Assim, a metodologia proposta considera a curva de carga da iluminação do CETENS em horários de funcionamento conforme a orientação normativa n.º 01/2019, as tarifas de energia, o recurso natural, os sistemas fotovoltaicos para geração distribuída e as baterias para armazenamento de energia. Como ferramenta para simulação foi utilizado o *software System Advisor Model (SAM)*, o qual é considerado como um modelo de software técnico-econômico, cuja finalidade é facilitar a análise de decisões na aplicação de recursos energéticos distribuídos, explorando a geração distribuída, armazenamento de energia e tarifa branca. Os resultados mostraram que os recursos energéticos distribuídos contribuíram para a redução do pico de carga em horário intermediário e de ponta, com a função de armazenamento de energia e geração distribuída, bem como, para a redução da fatura, o que viabilizou o uso da tarifa branca.

Palavras-chave: Recursos Energéticos Distribuídos. Gerenciamento de energia. Análise econômica. CETENS.

ABSTRACT

This paper presents an analysis on the application of Distributed Energy Resources (DER) for better energy management in the Center for Science and Technology in Energy and Sustainability — CETENS considering Distributed Generation (DG), Energy Storage, Demand Response (DR) and Energy Efficiency. The generation distributed with the photovoltaic solar source, due to being the most used in Brazil, energy storage through lithium batteries, demand response and energy efficiency with the white tariff. As a strategy of distributed energy resources, the peak reduction technique was used with energy storage in batteries, aiming at handling consumption at peak hours. In addition, the photovoltaic system connected to the grid has the function of supplying the batteries at times of higher incidence of sunlight. Thus, the proposed methodology considers the load curve of CETENS lighting during working hours in accordance with ORIENTATION Normative n. 01/2019, energy tariffs, natural resource, photovoltaic systems for distributed generation and batteries for energy storage. As a simulation tool, the System Advisor Model (SAM) software was used, being a technical-economic software model, whose purpose is to facilitate the analysis of decisions in the application of distributed energy resources, exploring distributed generation, energy storage and white tariff. The results showed that distributed energy resources contributed to the reduction of peak load at intermediate and peak hours with the function of energy storage and distributed generation, as well as to the reduction of the bill, which enabled the use of the white tariff.

Keywords: Distributed Energy Resources. Energy management. Economic analysis. CETENS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração total em GWh de micro e minigeração distribuídas	19
Figura 2 - Capacidade instalada MMGD	20
Figura 3 - Tecnologias de Armazenamento	21
Figura 4 - Redução estimada do preço das baterias de íon-lítio	22
Figura 5 - Custos Contratuais do CETENS	25
Figura 6 - Arquitetura da metodologia	28
Figura 7 - Planta do CETENS, com identificação das áreas analisadas	29
Figura 8 - Cenário 1	32
Figura 9 - Cenário 2	32
Figura 10 - Interface do <i>software</i> RADIASOL 2.....	35
Figura 11 - Esquema referente ao funcionamento do simulador.....	36
Figura 12 - Despacho de armazenamento para modalidade tarifária branca.....	37
Figura 13 - Geração da rede e Geração fotovoltaica do Prédio Gabinetes	40
Figura 14 - Geração da rede e Geração do sistema FV+Bateria	40
Figura 15 – Curva de carga prédio do Pavilhão 01 Lado 01	42
Figura 16 - Curva de carga prédio do Pavilhão 01 Lado 02	43
Figura 17 - Curva de carga prédio do Pavilhão 02	44
Figura 18 - Curva de carga prédio da Direção	45
Figura 19 - Curva de carga prédio dos Núcleos + Portaria	46
Figura 20 - Curva de carga do Prédio da Biblioteca	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados das lâmpadas dos Prédios dos Gabinetes e Pavilhões	30
Tabela 2 - Dados das lâmpadas dos Prédios da Direção, dos Núcleos + Portaria e da Biblioteca.....	30
Tabela 3 - Tarifas da Coelba.....	31
Tabela 4 - Consumo total mensal (KWh) de iluminação CETENS	33
Tabela 5 - Média para o consumo mensal	34
Tabela 6 - Valor pago pela energia consumida	38
Tabela 7 - Valor pago pela energia consumida na tarifa branca	39
Tabela 8 - Configurações de Potência e Capacidade das unidades	39
Tabela 9 - Consumo médio do Prédio Gabinetes.....	41
Tabela 10 - Consumo médio mensal do Pavilhão 01 Lado 01	42
Tabela 11 - Consumo médio do Pavilhão 01 Lado 02.....	43
Tabela 12 - Consumo médio do Pavilhão 02.....	44
Tabela 13 - Consumo médio do Prédio da Direção.....	46
Tabela 14 -Consumo médio do Prédio dos Núcleos + Portaria.....	47
Tabela 15 - Consumo médio do Prédio da Biblioteca	48
Tabela 16 - Faturamento	49
Tabela 17 - Comparação.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 Objetivo	14
1.2.1 Geral.....	14
1.2.2 Específicos	14
1.3 Motivação	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Atual Modelo do Setor Elétrico Brasileiro	16
2.1.1 Geração, Transmissão e Distribuição	16
2.2 Recursos Energéticos Distribuídos	17
2.2.1 Geração Distribuída.....	18
2.2.2 Armazenamento de Energia	20
2.2.3 Eficiência Energética/Resposta da Demanda	23
2.3 Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS) 24	
3 METODOLOGIA	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Análise de Carga	29
4.2 Tarifação da Energia Elétrica	31
4.3 Estratégia com Recursos Energéticos Distribuídos	31
4.3.1 Curva de Carga	33
4.3.2 Sistema Fotovoltaico	35
4.4 <i>Software System Advisor Model (SAM)</i>	36
4.5 Aplicação tarifária	38

4.6 Configurações para cada prédio	39
4.7 Comparação dos resultados	49
4.8 Vantagens do sistema com os recursos energéticos distribuído	50
5 CONCLUSÃO	52
5.1 Sugestões Para Trabalho Futuro	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica dentre todas as formas de energia consumida pela humanidade, pode ser considerada a mais importante e de suma necessidade, porque, a partir dela ocorreram mudanças em vários setores e aspectos, como, por exemplo, a modernização de centros comerciais e industriais e o aprimoramento na comunicação real e virtual em diversas áreas.

Segundo a EPE (2019), no Brasil, a energia elétrica é a segunda maior fonte energética consumida. Por isso é importante a contribuição tecnológica para um uso mais eficiente da energia, evitando desperdícios e geração de novos impactos ambientais, e políticas públicas com estímulos para uma melhor eficiência energética.

O setor elétrico está passando por diversas renovações, a fim de impulsionar a geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis, diversificando a matriz energética, e sugerindo uma crescente melhoria na eficiência energética.

De acordo com a nota de discussão de Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético de julho de 2018 da Empresa de Pesquisa Energética, os Recursos Energéticos Distribuídos (RED) apresentam potencial disruptivo no setor energético mundial, dentro esses recursos estão as tecnologias de Geração Distribuída (GD), Armazenamento de Energia, Resposta da Demanda (RD) e Eficiência Energética, que estão em grande desenvolvimento nos últimos tempos, esses avanços proporcionam uma modernização no gerenciamento e automatização de redes elétricas, seu desenvolvimento tem um potencial significativo para criar um sistema de gerenciamento de energia. Essas evoluções estão cada vez mais presentes no setor elétrico, permitindo uma interação mais rápida e eficiente dos consumidores no mercado de energia (EPE, 2019).

Conforme mencionado anteriormente, a eficiência energética faz parte do RED's. Dessa forma, O Plano Nacional de Energia (PNE 2050) tem como meta reduzir em 17% o consumo de energia elétrica, com a inserção da eficiência energética de forma acelerada, diversas ações e medidas podem contribuir para alcançar esse objetivo, uma dessas medidas é o sistema de gerenciamento de energia mais eficiente. Dessa maneira, para a implantação de um sistema de gestão de energia, é

importante realizar uma modernização por meio de renovações tecnológicas, a fim de conscientizar a comunidade a criar hábitos sustentáveis, promovendo dessa forma um aprimoramento nas ações de eficiência energética.

Com isso, para uma melhoria no sistema de gerenciamento de energia é necessária uma otimização, ou seja, aperfeiçoar o sistema com o intuito de utilizá-lo da forma mais inteligente. Por isso, surge o conceito de *Smart Grids*, que são redes inteligentes, as quais tratam de aplicações de sensores, comunicação, recursos computacionais e de controles nos sistemas elétricos, visando o aprimoramento de sua funcionalidade (GEELINGS, 2009), além de proporcionar um alcance maior aos consumidores, visto que eles podem optar por uma tarifa de energia variável no decorrer do tempo, em outras palavras apontam uma alteração do perfil do consumidor.

Atualmente, no Brasil as tarifas sobre a energia elétrica aumentaram consideravelmente, isso é devido a maior crise hídrica e energética dos últimos 91 anos (MME, 2021). Sendo assim, existe uma necessidade de controle dos custos sobre a energia elétrica e a implantação de novas fontes renováveis. Com isso, o sistema de gerenciamento de energia se torna uma ferramenta extremamente fundamental.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), têm demonstrado crescente preocupação no gerenciamento de energia, pois, segundo o pró-reitor de Planejamento da UFRB o deslocamento de carga para horários fora de ponta seria um investimento. Portanto, ele sugere identificar onde a energia está sendo gasta para que se realize um eficiente gerenciamento de energia elétrica (UFRB, 2017).

Com isso, em atendimento a meta de redução de gastos definidos pela UFRB para o Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS) em 14 de outubro de 2019 foi lançado um pacote de redução de custos, em que a redução de consumo em energia elétrica foi 10% do consumo anual (UFRB, 2019).

Neste contexto, os sistemas de gerenciamento de energia proporcionam mudanças significativas ao setor elétrico, pois, permitem que os consumidores optem por perfis de consumo conforme a sua necessidade no sistema elétrico de modo flexível, através de uma central de modulação de forma inteligente, eficiente, proativa. Com isso, esse trabalho apresentará alguns recursos energéticos distribuídos que

podem ser utilizados para minimizar o consumo de energia elétrica e proporcionar uma maior eficiência energética.

1.2 Objetivo

Nessa seção serão descritos os objetivos: geral e específicos do presente trabalho.

1.2.1 Geral

Desenvolver uma metodologia de análise de viabilidade técnica e econômica do gerenciamento de energia elétrica com tecnologias de geração e armazenamento de eletricidade.

1.2.2 Específicos

- Realizar um estudo sobre os Recursos Energéticos Distribuídos (RED) no cenário mundial e no setor elétrico brasileiro;
- Analisar a carga de energia elétrica fornecida pela rede para iluminação;
- Analisar a energia fornecida para a rede através do Recursos Energéticos Distribuídos;
- Desenvolver a configuração do sistema de gestão energética conectada à rede no *software System Advisor Model (SAM)*;
- Demonstrar um sistema com tendências futuras para o gerenciamento de energia elétrica, permitindo a incorporação da eficiência energética e uso racional de energia.

1.3 Motivação

As transformações no setor elétrico a partir da inserção em massa de RED irão demandar novas práticas de planejamento da expansão e operação das redes elétricas e da geração de energia (EPE, 2019), essas inovações surgiram com o intuito de tornar o país independente no quesito energético. Nesse contexto, muitos temas estão surgindo a fim de otimizar o setor, portanto para que isso se torne realidade é necessário a elaboração de um projeto e a implementação dele.

Segundo o Grupo de Estudo do setor Elétrico (GESEL, 2017) com o aumento da participação de geração de menor escala nos sistemas elétricos, principalmente de plantas solares fotovoltaicas, está se tornando uma tendência e provoca uma série de questionamentos que merecem ser estudados, na medida em que se trata da configuração de um novo paradigma. Com isso, faz-se presente o tema RED, onde se encontram várias tecnologias, que tem o intuito de serem aplicadas no sistema elétrico, essa inserção é fundamental para redução de custos, propagação das tecnologias, participação do consumidor e eficiência energética.

As tecnologias inovadoras como: resposta da demanda (RD), eficiência energética, armazenamento de energia, geração distribuída (GD) e redes elétricas inteligentes fazem parte do tema RED e prometem estimular os consumidores a reduzir seu consumo de energia.

Nesse contexto, ocorreu a oportunidade de propor essas tecnologias para analisar a viabilidade de implantação no CETENS, visto que são recursos que muito podem contribuir para o gerenciamento de energia. Com isso, esse trabalho foi desenvolvido para minimizar o custo da tarifa de energia e conscientizar as pessoas que é possível reduzir o consumo de energia mantendo o conforto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os seguintes temas: Atual Modelo do Setor Elétrico Brasileiro, Recursos Energéticos Distribuídos e sobre o Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS).

2.1 Atual Modelo do Setor Elétrico Brasileiro

O setor elétrico brasileiro está passando por uma evolução tecnológica nos segmentos de geração, distribuição, transmissão e comercialização de energia. Nesse contexto, a organização estrutural do sistema elétrico brasileiro permite o intercâmbio da energia produzida em todas as regiões, no Brasil pode ser estudado sob diversos ângulos por possuir uma ampla estrutura de geração, transmissão e distribuição para que a energia chegue em todos os pontos do país, esse trânsito da energia é possível graças ao Sistema Interligado Nacional (SIN). No entanto, apenas 2% do mercado nacional se caracteriza como sendo um sistema isolado, ou seja, não conectado do sistema principal, o chamado Sistema Interligado Nacional (ANEEL, 2021).

O sistema elétrico brasileiro contém diferentes fontes de energia, sendo a principal delas providas das hidrelétricas, encarregada de cerca de 62% do total da geração. E as termelétricas (gás natural, carvão mineral, combustíveis fósseis, biomassa e nuclear), com os 28% (ANEEL, 2021).

As relações comerciais no atual modelo do setor elétrico brasileiro, podem acontecer tanto no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) como no Ambiente de Contratação Livre (ACL) (CCEE, 2021).

2.1.1 Geração, Transmissão e Distribuição

No modelo atual de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil, as distribuidoras fornecem a eletricidade em um sentido único (fluxo unidirecional), apesar de que essa realidade está próxima de ser transformada com a inserção dos Recursos Energéticos Distribuídos (RED's) no sistema, conforme será visto ao longo do trabalho.

Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (2021), o sistema de geração de energia elétrica pode ser caracterizado como hidro-termo-eólico, uma vez que essas são as principais fontes utilizadas no Brasil, totalizando quase toda geração, com predominância de usinas hidrelétricas.

De acordo com a ONS, a energia solar representa uma fatia de 2% da matriz elétrica do país, embora ainda possua uma baixa representatividade, a fonte solar está se destacando e apresentando um grande crescimento nos últimos anos, em 2020, a capacidade instalada em energia solar fotovoltaica cresceu 66% (MME, 2021). Esse aumento é por conta da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, a qual consente o acesso a micro e minigeração distribuída, dessa maneira o consumidor pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis. Os Recursos Energéticos Distribuídos (RED's) podem ser definidos como tecnologias de geração, armazenamento de energia elétrica e redução do consumo (PNE, 2050).

2.2 Recursos Energéticos Distribuídos

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2019), Recursos Energéticos Distribuídos (RED), permitem a descentralização dos sistemas elétricos e podem ser definidos como tecnologias ou recursos de geração de eletricidade e armazenamento conectado a um sistema de distribuição local. Os RED's são um conjunto de recursos que podem ser divididos em quatro principais aspectos:

- I. Geração Distribuída (GD)
- II. Armazenamento de Energia
- III. Eficiência Energética
- IV. Resposta da Demanda

A implementação dessas tecnologias no setor são frutos dos avanços tecnológicos ocorridos nos últimos anos. Tais tecnologias, também podem ser utilizadas para gerenciamento do consumo de energia.

O surgimento desses recursos está acontecendo no mundo devido ao crescimento da preocupação ambiental, que estimula o consumidor a procurar uma matriz energética mais limpa. Além do mais, outro fator que impulsiona a chegada dos

recursos distribuídos é a participação dos consumidores de energia, que passaram a demonstrar um comportamento mais ativo, ou seja, no gerenciamento de sua própria eletricidade, ou a possibilidade de geração de energia (FGV, 2016).

Nesse contexto, os RED's podem atuar tanto do lado da demanda quanto do lado da oferta de energia, e, por este trabalho possuir uma abordagem que se concentra mais na geração distribuída e armazenamento de energia, o enfoque está direcionado nos recursos pelo lado da demanda.

2.2.1 Geração Distribuída

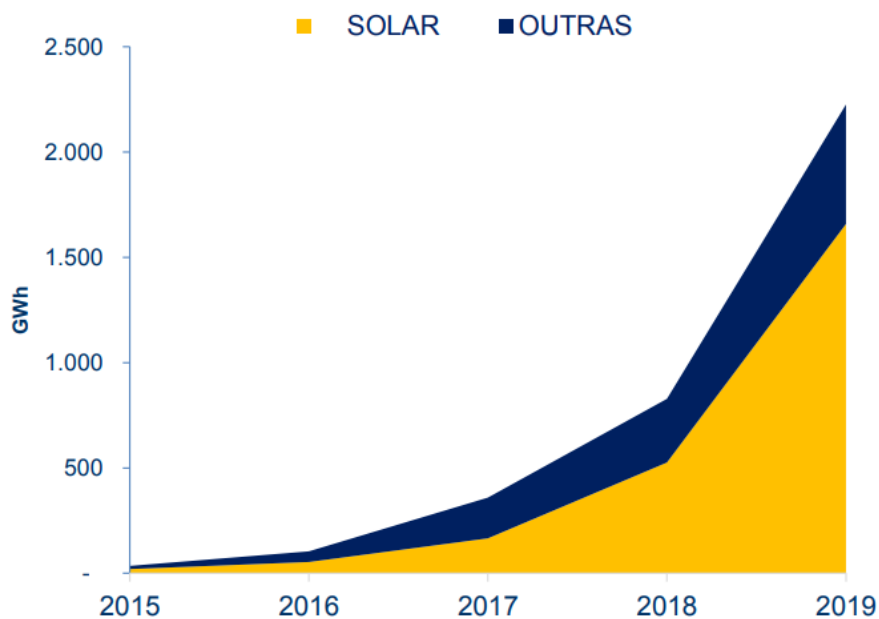
No Brasil, a Geração Distribuída (GD) é relativamente recente, ela pode ser caracterizada como a produção energética próxima à unidade consumidora, conectada na rede de distribuição. De modo a estimular o desenvolvimento da GD de pequeno e médio porte no país, foi instituída a Resolução Normativa nº482/2012 e posteriormente ela foi revisada pela Resolução Normativa nº687/2015 da ANEEL (ANEEL, 2015).

Desde 1º de março de 2016, foi concedido a utilização de qualquer fonte renovável e, a cogeração qualificada. A microgeração distribuída é caracterizada pela central geradora com potência instalada de até 75 kW. Já a minigeração distribuída com potência acima de 75 kW a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), ambas conectadas na rede de distribuição através de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2015).

O consumidor com geração distribuída pode gerar excedentes de energia em um determinado mês, ficando com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes, com prazo para utilização de 60 meses. Assim, para a implantação da GD, o consumidor que optar por produzir sua própria energia elétrica com painéis fotovoltaicos precisará dispor de um medidor eletrônico bidirecional que deve ser instalado pela concessionária regulada local (ANEEL, 2021).

Conforme ilustração da Figura 1, foi possível observar que o aumento da GD no sistema de distribuição é decorrente da elevada penetração de painéis fotovoltaicos e a energia solar é uma das mais notáveis fontes quando se trata de GD.

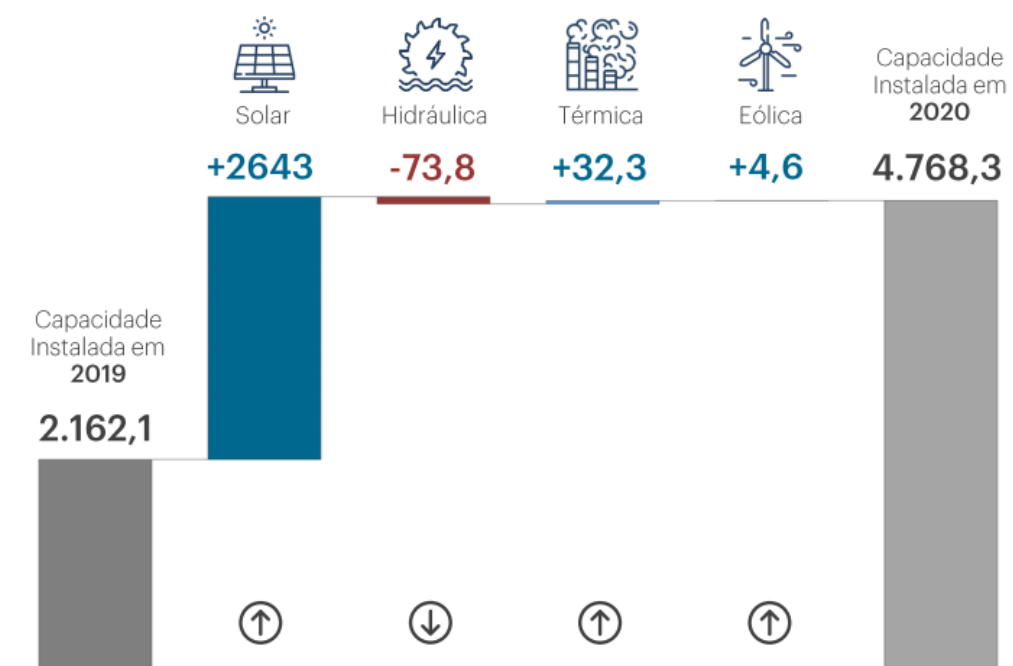
Figura 1 - Geração total em GWh de micro e minigeração distribuídas



Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2020)

A Figura 2 apresenta um comparativo da geração solar, hidráulica, térmica e eólica nos anos de 2019 e 2020 da capacidade instalada de micro e mini geração distribuída. Em que, pode-se notar a participação acentuada, quando se comparada com as demais, da energia solar.

Figura 2 - Capacidade instalada MMGD



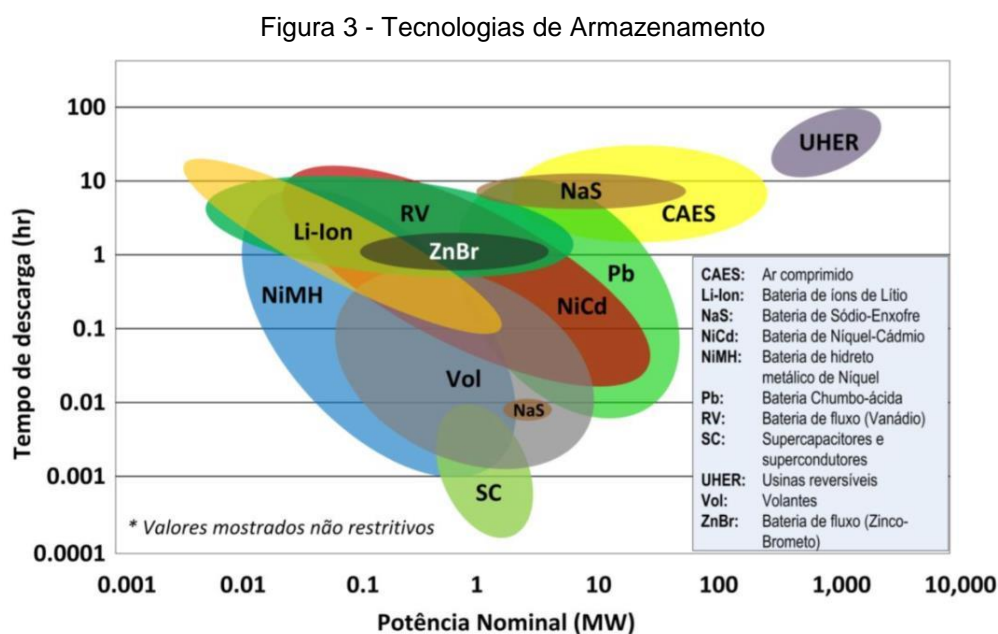
Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2021)

Dentre os motivos que justificam este fato, estão os incentivos cada vez maiores em pesquisas que desenvolvem novas tecnologias que podem se aliar a economia financeira, regulação, consciência socioambiental e autossustentabilidade, consequentemente, provocam uma redução dos preços e custos relacionados aos equipamentos do sistema de geração solar.

2.2.2 Armazenamento de Energia

A difusão da GD trouxe consigo outro conceito, que há muito tempo já está sendo foco de pesquisa: o armazenamento de energia. No momento atual, é possível classificar os sistemas de armazenamento de energia elétrica nas formas de armazenamento mecânico, através de sistemas e máquinas que utilizam: calor, água ou ar como insumos, elétrico, com a utilização de componentes como os capacitores e eletroquímico, com as tecnologias de hidrogênio e baterias (FGV ENERGIA, 2016).

A capacidade das tecnologias de armazenamento pode ser demonstrada na Figura 3, onde diferentes tecnologias podem ser comparadas. Nos últimos anos, devido ao grande desenvolvimento tecnológico em relação aos sistemas de armazenamento os custos foram reduzidos.



Fonte: Academia Nacional de Engenharia (ANE, 2016)

Com isso, os sistemas de armazenamentos para tempos de descarga curtos e médios possuem amplas capacidades de potência nominal. Essas especificações das baterias, como as baterias de lítio, para tais sistemas de armazenamento de energia distribuído são os mais indicados para o setor elétrico, em razão da possibilidade de serem instalados próximos aos consumidores residenciais ou comerciais (ANE, 2016).

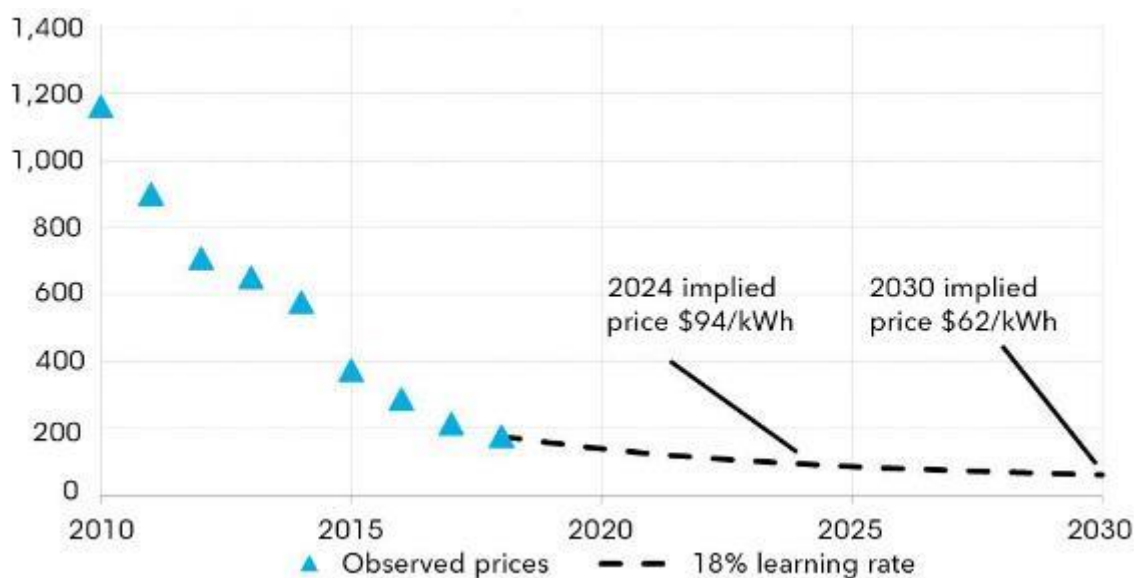
No Brasil, a tecnologia de armazenamento de energia utilizada são os abundantes volumes dos reservatórios das usinas hidrelétricas do país. Essa característica faz com que o sistema seja capaz de absorver e transferir possíveis instabilidades de geração devido à intermitência, sem que o consumidor sinta variações de tensão e frequência ou até mesmo passe pelo desabastecimento.

Embora com essas finalidades, o armazenamento de energia ainda é um dos RED pouco divulgado no mercado tanto nacional como internacional, sendo o alto preço seu principal limitador. De acordo com IRENA (2017), esta tecnologia tem

potencial de redução de custos impulsionados pela otimização, capacidade de produção, aperfeiçoamentos em materiais e cadeias de suprimentos mais competitivas e, segundo pesquisas internacionais, tem prospectiva para o horizonte de 2030 (IRENA, 2017).

A Figura 4 apresenta a projeção para o preço das baterias de íon-lítio até 2030, considerando o crescimento da produção. Os dados entre 2010 e 2018 são históricos, dos quais se obteve uma curva de aprendizado de 18%, ou seja, a cada vez que a quantidade produzida dobra, os custos são reduzidos nesta proporção (EPE, 2019).

Figura 4 - Redução estimada do preço das baterias de íon-lítio



Fonte: Sistemas de Armazenamento em Baterias (EPE, 2019)

A expectativa é de que o mercado global de armazenamento cresça, pois, estudos consideram que este crescimento será possível devido a quedas significativas nos preços das baterias de íon de lítio, assim como a redução de 85% ocorrida entre 2010 e 2018 (EPE, 2019).

Avalia-se que a expansão das baterias de íon de lítio é devido a inserção de projetos de veículos elétricos, o que deve resultar em uma redução expressiva em seus custos, e por consequência, torná-las cada vez mais viáveis para utilização em aplicações do setor elétrico (EPE, 2019).

Deste modo, com a diversificação da matriz elétrica, o armazenamento de energia poderá se tornar um grande parceiro para reduzir os efeitos causados pela intermitência das fontes renováveis, assim, poderá garantir uma boa qualidade do fornecimento de eletricidade em grande escala além de colaborar com a redução do acionamento de usinas termelétricas e para o uso racional da energia.

2.2.3 Eficiência Energética/Resposta da Demanda

No momento atual, os trabalhos de controle da demanda apresentam um papel importante em vários mercados de energia elétrica, entre as quais se destacam os programas de Resposta da Demanda (RD) e Eficiência Energética.

Conforme a EPE (2020), a Eficiência Energética pode ser determinada como a capacidade de realizar as mesmas atividades com menos energia, além disso, como o uso de estratégias que utilizem menos recursos naturais para que o mesmo volume de energia seja produzido.

A eficiência energética, portanto, pode atuar tanto do lado da demanda, através do uso consciente de energia por parte dos consumidores, ou da oferta, por meio de atividades que demandem menos recursos do ambiente no ato de produzir energia, por parte das geradoras (FGV, 2016).

Assim como as medidas de eficiência energética, a resposta da demanda estimula o consumidor a reduzir o consumo de energia, e visa equilibrar a equação oferta-demanda, sendo considerada uma ferramenta, muitas vezes utilizada por empresas de energia elétrica, para estimular os consumidores a reduzirem o consumo de energia de modo a tornar o sistema elétrico mais eficiente. Assim, busca-se reduzir as variações na demanda, atuando na mudança do comportamento do consumidor que pode estar associada diretamente ao controle de energia consumida ou a mecanismos tarifários (FGV, 2016).

No Brasil, o tema RD ainda está em evolução através do programa piloto, que foi aprovado em 2018. Foram registradas duas experiências de RD: baseado no preço e em incentivos (ONS, 2021).

O incentivo de RD baseado no preço contempla a implantação da tarifa branca, que é destinada aos consumidores de baixa tensão e estabelece tarifas diferenciadas

de consumo ao longo das horas do dia, considerando três postos tarifários: ponta, intermediário e fora de ponta, sendo que em cada posto, existem diferentes preços de tarifa.

A RD com base nos incentivos, que está em evidência atualmente, é o Projeto Piloto da Demanda da ONS. Esse programa começou em 2018 e se estenderá até o ano de 2021, tendo como finalidade evitar o despacho de usinas termelétricas que podem ter um custo de geração de energia maior que o determinado pelo Preço de Liquidação das Diferenças (PLD). Inicialmente, o programa estava voltado apenas para subsistemas Norte e Nordeste, que possuem abundância de geração intermitente e escassez hídrica. Para participar do programa, os consumidores devem fazer ofertas de redução de carga indicando o preço, volume e horário e podem receber ordens de despacho no dia anterior ou no mesmo dia, depende do produto (CCEE, 2018).

No ano de 2020, as regras do programa de Resposta da Demanda foram flexibilizadas para abranger mais consumidores, com isso, o programa além de trazer benefícios sistêmicos como diminuição do custo de geração, maior flexibilidade e confiabilidade, ele possibilitou a participação de todos os consumidores do Sistema Interligado Nacional, sendo que, anteriormente apenas agentes do submercados Norte e Nordeste poderiam participar do programa (CCEE, 2020).

Em 2021, aconteceu o surgimento da Redução Voluntária de Demanda (RVD), sendo um mecanismo que permite aos consumidores do mercado livre a diminuição do consumo de energia elétrica em determinado período em troca de uma recompensa financeira (CCEE, 2018).

2.3 Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS)

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) foi criada pela Lei Federal no. 11.151 de 29 de julho de 2005. Em um processo de criação marcado pela participação de vários setores da sociedade por intermédio de audiências públicas na região do Recôncavo da Bahia, a UFRB nasceu comprometida com demandas regionais sendo em simultâneo, um dos passos para diminuir o

descompasso do Estado da Bahia em relação à situação vivenciada em outras regiões do Brasil, como oferta e acesso ao Ensino Superior Federal (UFRB, 2021).

Em agosto de 2011 foi anunciado pela presidência da república a criação do campus universitário na cidade de Feira de Santana, cidade localizada geograficamente na fronteira entre os tabuleiros semiáridos do nordeste baiano e o recôncavo da Bahia. Onde aconteceu a criação do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS) com o curso do Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade (BES). (UFRB, 2021).

No ano de 2019, a direção do CETENS emitiu documentos para estabelecer metas de redução de gastos conforme a Figura 5, bem como medidas de contingenciamento no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Diante dessa situação, o presente trabalho propõe a utilização de recursos energéticos distribuídos para um melhor gerenciamento de energia elétrica, a fim de reduzir os custos. Os recursos escolhidos são geração distribuída, armazenamento de energia e resposta da demanda com a tarifa branca.

Figura 5 - Custos Contratuais do CETENS

EMBASA CETENS	R\$ 78,60	R\$ 943,20	
ENERGIA CETENS	R\$ 8.394,60	R\$ 100.735,20	Meta de redução de 10% do valor anual
ENERGIA RESIDÊNCIA	R\$ 191,50	R\$ 2.298,00	* Custo estimado sem uso integral
ÁGUA RESIDÊNCIA	R\$ 250,00	R\$ 3.000,00	* Custo estimado sem uso integral
ÁGUA MINERAL	R\$ 975,52	R\$ 11.706,28	Solicitar cancelamento de Fornecimento
TELEFONIA FIXA	R\$ 754,27	R\$ 9.051,24	Solicitar bloqueio de ligações DDD
TELEFONIA MÓVEL	R\$ 401,40	R\$ 4.816,80	Devolução de celulares institucionais
VIGILÂNCIA	R\$ 22.758,52	R\$ 273.102,24	
PORTARIA	R\$ 5.385,80	R\$ 64.629,60	
MOTORISTA	R\$ 9.411,86	R\$ 112.942,32	
LIMPEZA	R\$ 21.228,71	R\$ 254.744,52	
ADMINISTRATIVO	R\$ 2.770,88	R\$ 33.250,56	
ASSISTÊNCIA ESTUDANTIL		R\$ 336.450,00	Valor pago até o mês de setembro
PERGAMUM	R\$ 100,00	R\$ 1.200,00	
COMBUSTÍVEL	R\$ 3.500	R\$ 42.000,00	
ALUGUEL	R\$ 75.424,00	R\$ 905.088,00	Negociada redução para R\$50.000,00 em 2020. Aguardando confirmação.
TOTAL:	R\$ 151.625,66	R\$ 2.155.957,96	

Fonte: CETENS, 2021

Dessa maneira, o presidente do conselho diretor do CETENS da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no uso de suas atribuições legais, e tendo em vista

as deliberações extraídas da 16ª reunião extraordinária do conselho diretor do centro, realizada em 11 de outubro de 2019, estabelece medidas de contingenciamento (UFRB, 2019), na redução do consumo de energia elétrica, com as seguintes ações:

- i. Sensibilização e redução do uso do ar-condicionado;
- ii. Redução na iluminação externa;
- iii. Desligamento dos refletores e lâmpadas a partir das 19h;
- iv. Desligamento dos computadores, impressoras e *nobreaks* no intervalo do almoço e no encerramento do expediente;
- v. Estimular o aproveitamento da iluminação natural dos ambientes.

3 Metodologia

A metodologia da primeira parte se configura como natureza básica e descritiva, isto é, consolidada por uma pesquisa pura que procura aumentar o conhecimento do leitor sobre os tópicos em questão, a partir de uma realidade já existente e conhecida. Além disso, possui uma abordagem qualitativa através do método de pesquisas bibliográficas (MIGUEL, 2010).

Já a metodologia da segunda parte se classifica como natureza aplicada, descritiva e exploratória, ou seja, com o propósito de gerar conhecimento para a aplicação prática nas soluções dos problemas definidos, segundo a realidade já conhecida, na tentativa de proporcionar uma nova visão sobre ela (MIGUEL, 2010).

O presente trabalho desenvolvido analisa a viabilidade da implantação Recursos Energéticos Distribuídos para auxiliar no gerenciamento de energia. Os recursos como geração distribuída, armazenamento de energia e resposta da demanda oferecem diversas opções, que vai da geração e armazenamento de energia até a gestão eficiente da mesma.

Com isso, é aplicada uma metodologia para avaliar a viabilidade de gestão de energia elétrica no CETENS, considerando os recursos energéticos distribuídos (geração distribuída, armazenamento de energia e resposta da demanda) nos prédios do Centro. É analisada a possibilidade técnica e econômica da implantação desses recursos, considerando os diferentes preços de tarifa, horário e as alterações na curva de carga conforme a estratégia de RED's escolhida.

Nesse contexto, foi realizado um levantamento da carga de energia elétrica fornecida pela rede para a iluminação dos prédios e conseqüentemente a tarifa de energia elétrica para a cidade de Feira De Santana-BA foi analisada. Dessa maneira, é aplicada a estratégia dos Recursos Energéticos Distribuídos para iluminação através do *software System Advisor Model (SAM)*.

Na Figura 6 é possível observar a arquitetura da metodologia proposta, onde são utilizadas a análise de carga sessão 4.1, as tarifas de energia elétrica na cidade de Feira de Santana – BA sessão 4.2, as estratégias dos Recursos Energéticos Distribuído que são geração distribuída sessão 4.3 e as simulações dos sistemas na sessão 4.4.

Figura 6 - Arquitetura da metodologia



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

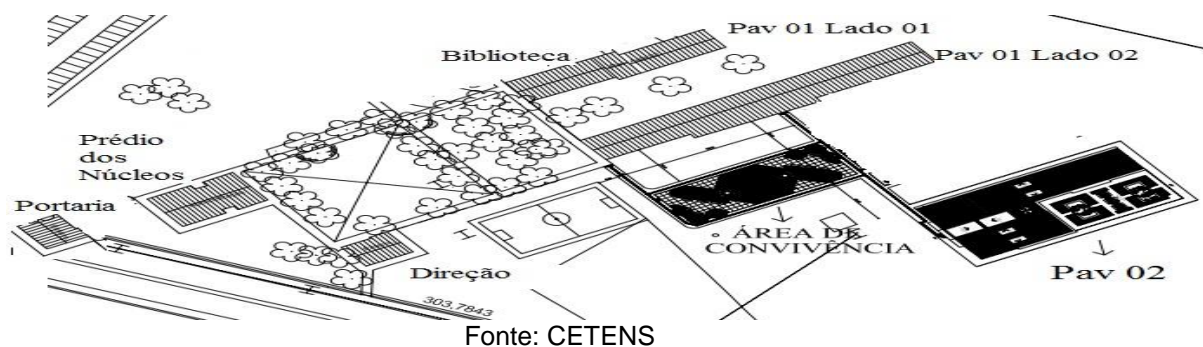
Nesse tópico são apresentados os resultados obtidos do presente trabalho.

4.1 Análise de Carga

Para obtenção da carga foi realizado um cálculo das potências das lâmpadas do CETENS, pois, o atual momento pandêmico não permitiu uma análise dos equipamentos no Centro. Com isso, foram utilizados horários conforme a ORIENTAÇÃO NORMATIVA Nº 01/2019, que define o horário de funcionamento do Centro de ensino, da seguinte maneira, de segunda a sexta-feira, das 07h às 19h e aos sábados, das 07h às 12h. Nesse contexto, foi analisado as potências das lâmpadas. O tempo de uso da iluminação nos espaços, considerado para a montagem das tabelas foi no horário da ORIENTAÇÃO NORMATIVA Nº 01/2019, sendo 09 horas por dia de segunda a sexta-feira, das 08:00h às 12:00h e 14:00h às 19:00h e aos sábados, das 08h às 12h. Com estes dados, o consumo de energia elétrica, foi calculado, conforme apresentado nas Tabelas.

Para que as avaliações da adoção de novas tecnologias fossem realizadas, foi necessário fazer uma análise da planta do CETENS, identificando as áreas que seriam investigadas e a forma como o estudo de cada uma delas seria esquematizado. As áreas foram definidas conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Planta do CETENS, com identificação das áreas analisadas



As Tabelas 1 e 2 mostram as características do conjunto de iluminação do levantamento feito no ano de 2018, que possuem lâmpadas tubulares fluorescentes, com potências de 36 W. A partir desses resultados, foi possível calcular o consumo de energia elétrica mensal.

Tabela 1 - Dados das lâmpadas dos Prédios dos Gabinetes e Pavilhões

	Prédio Gabinetes	Pavilhão 01 Lado 01	Pavilhão 01 Lado 02	Pavilhão 02
Potência (W)	36	36	36	36
Unidades	50	42	80	160
Consumo total mensal (KWh)	379,25	318,57	606,8	1213,6

Tabela 2 - Dados das lâmpadas dos Prédios da Direção, dos Núcleos + Portaria e da Biblioteca

	Prédio da Direção	Prédio dos Núcleos + Portaria	Prédio da Biblioteca
Potência (W)	36	36	36
Unidades	24	48	40
Consumo total mensal (KWh)	182,04	364,08	303,4

Através de cálculos de consumo das lâmpadas considerados no projeto, foi possível mensurar o consumo mensal em kWh. Para determinar consumo mensal (kWh) foi usado a equação 1.

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Potência em Watts} \times \text{horas de funcionamento por mês}}{1000} \quad (1)$$

4.2 Tarifação da Energia Elétrica

A simulação da pesquisa proposta é na cidade de Feira de Santana (BA). A concessionária responsável que atende a região da cidade Feira de Santana é a Coelba. Dessa maneira as tarifas da Coelba estão sendo apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Tarifas da Coelba

Tarifas	Preço (R\$/kwh)
Tarifa Convencional	0,620
Tarifa Branca – Ponta	1,392
Tarifa Branca – Intermediaria	0,874
Tarifa Branca – Fora da ponta	0,491

Fonte: ANEEL, 2021

Observando a Tabela 3, a tarifa branca no posto fora da ponta são 20,8%, menor que a tarifa convencional, enquanto a tarifa intermediaria são 29%, maior que a convencional. Já a tarifa na ponta são 55,5%, maior que a convencional, o que exige nesse horário uma disciplina no consumo de energia, pois, dessa maneira é possível uma economia. Logo entende-se que utilizando a Tarifa Branca em comparação com a convencional, o consumidor terá que aplicar Recursos Energéticos Distribuídos no horário de ponta e intermediário, e no horário fora da ponta, se utiliza a rede da concessionária.

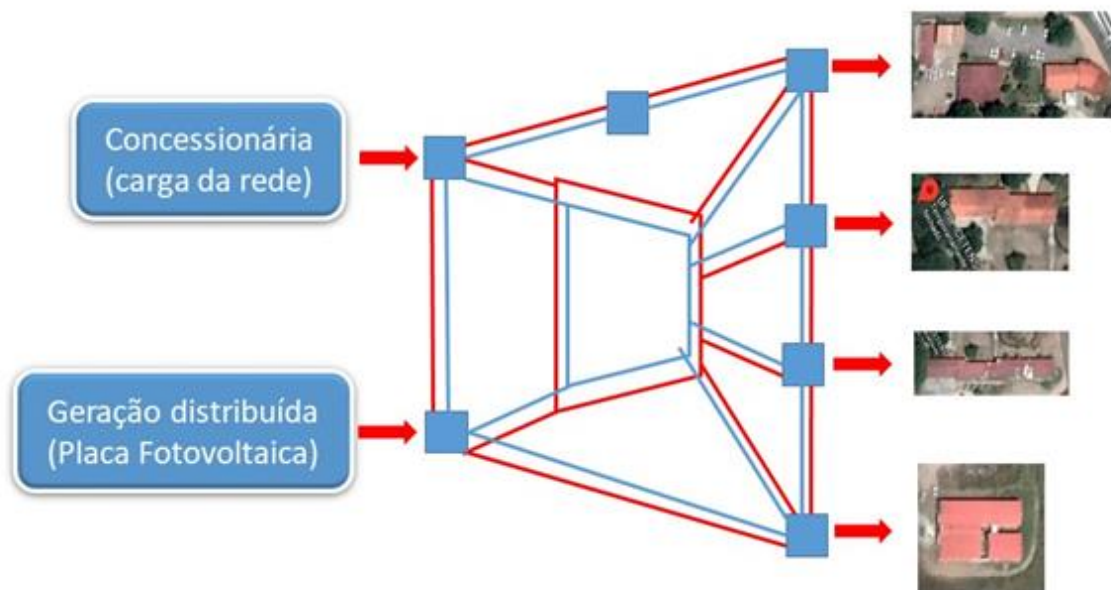
Assim, a tarifa branca beneficiará o consumidor com disponibilidade para consumir mais energia durante o período de 21:00h até 15:59h e reduzir o consumo das 16:00h até as 20:59h. Quando não houver a possibilidade de concentrar grande parte do consumo diário fora do horário de pico, é possível usar os RED's para diminuir a demanda.

4.3 Estratégia com Recursos Energéticos Distribuídos

Com isso, as simulações serão aplicadas nas curvas de cargas de iluminações de cada prédio. Para moldar essas curvas foram considerados dois cenários: primeiro

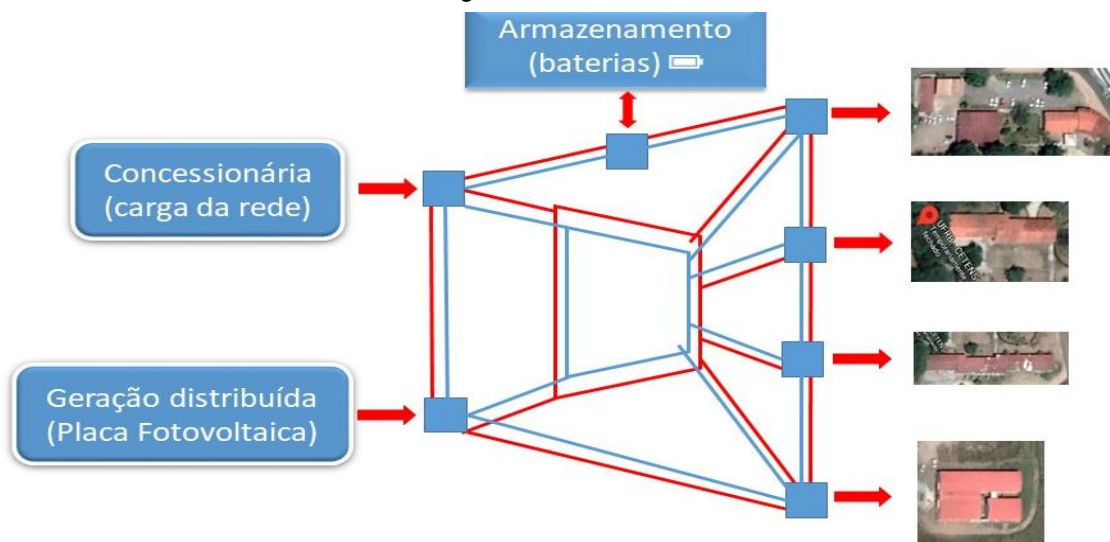
utilizou-se apenas o Recurso de GD, ou seja, o uso apenas dos painéis solares conforme a Figura 8.

Figura 8 - Cenário 1



O segundo cenário considerou a utilização dos recursos de GD, armazenamento de energia Figura 9.

Figura 9 - Cenário 2



A Figura 9, mostra a energia fornecida por meio da concessionária, a energia fornecida através do sistema fotovoltaico solar e a o armazenamento de energia em bateria. Além disso, a bateria é adicionada como uma opção de uso para o horário de ponta e caso falte energia.

4.3.1 Curva de Carga

Para analisar o consumo de energia elétrica com a aplicação da tarifa branca ou convencional foi apresentado a curva de carga da iluminação. A partir dos valores utilizados na curva de carga correspondente ao local, foi criada uma semana, onde as semanas foram repetidas até obter-se um total de 8760 horas, número de horas correspondente a um ano civil em alguns momentos esse consumo vai ser menor, visto que durante o ano tem o momento de férias e alguns feriados, logo a energia excedente será deslocada para rede e transformada em saldo.

A Tabela 4 indica a curva de carga da iluminação, com consumo mensal total do CETENS.

Tabela 4 - Consumo total mensal (KWh) de iluminação CETENS

	Consumo total mensal (KWh)	Potência (W)
Prédio Gabinetes	379,25	1800
Pavilhão 01 Lado 01	318,57	1512
Pavilhão 01 Lado 02	606,80	2880
Pavilhão 02	1213,60	5760
Prédio da Direção	182,04	864
Prédio dos Núcleos + Portaria	364,08	1728
Prédio da Biblioteca	303,40	1440
Total	3367,74	15984

Portanto, foi criado os dados da Tabela 5, da seguinte forma, uma semana de 168 horas, repetida até obter um ano de 8760 horas. Sendo que, de segunda a sexta-feira os horários de maior consumo foram de 08:00h às 12:00h e 14:00h às 19:00h,

ou seja, a potência total nos horários estabelecidos e aos sábados, das 08:00h às 12:00h.

Tabela 5 - Média para o consumo mensal

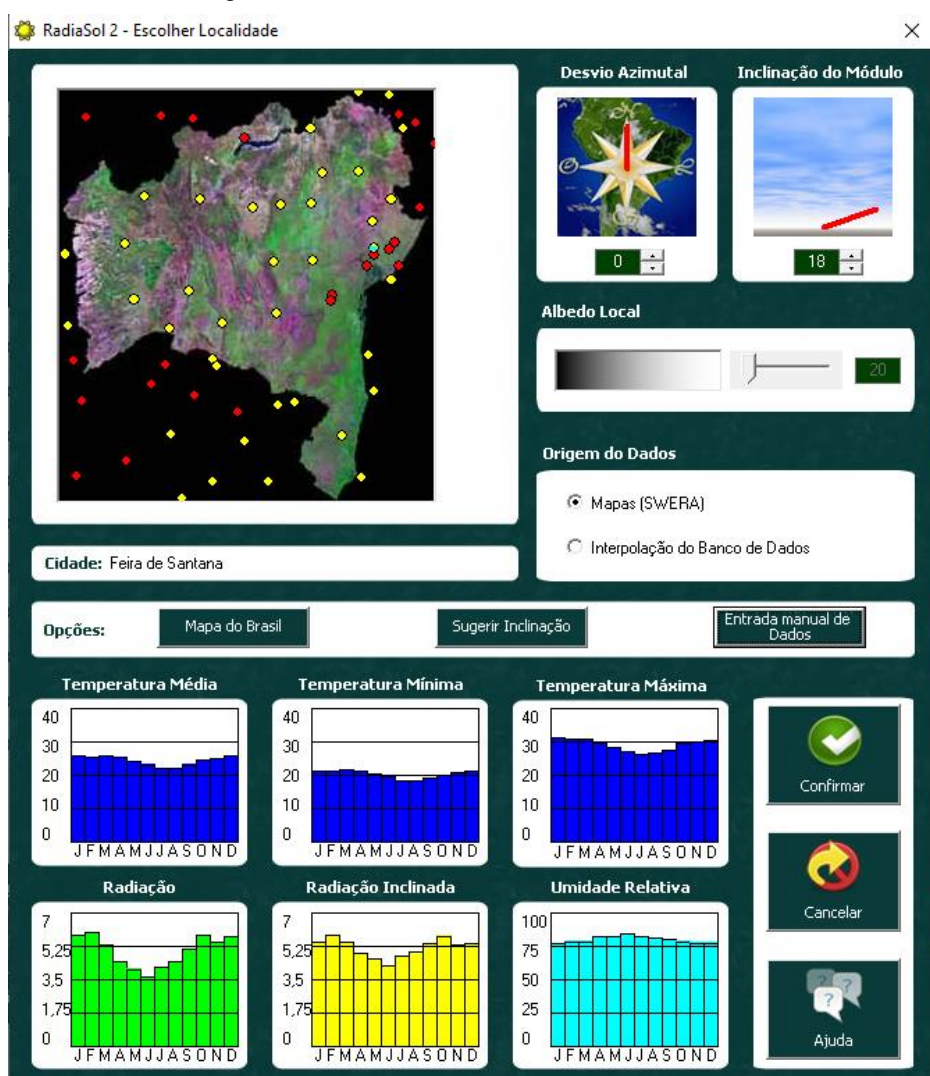
Tempo (h)	Dia útil (kW)	Sábado (kW)	Domingo (kW)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	15984	15984	0
9	15984	15984	0
10	15984	15984	0
11	15984	15984	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	15984	0	0
15	15984	0	0
16	15984	0	0
17	15984	0	0
18	15984	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0

Fonte: Adaptado de Menezes (2014).

4.3.2 Sistema Fotovoltaico

Os dados de irradiação solar local no plano dos módulos serão gerados por meio do software RADIASOL 2, utilizam-se os dados da cidade de Feira de Santana - BA, fornecido pelo *software* Radasol 2, com inclinação do módulo fotovoltaico de 18° e desvio azimutal de 0° (norte). O Radasol 2 é um programa que fornece dados de irradiação solar diária e sugerem o desvio azimutal e a inclinação para os módulos, através da seleção do local conforme a Figura 10.

Figura 10 - Interface do software RADIASOL 2



Fonte: Adaptado de Radasol 2 (2021).

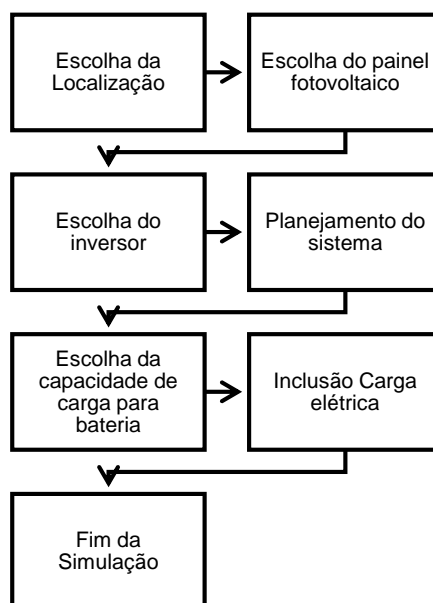
4.4 Software System Advisor Model (SAM)

As realizações das simulações dos sistemas foram realizadas com o auxílio do *software System Advisor Model (SAM)*, onde as curvas de cargas média foram inseridas. Conforme o *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, o SAM é um *software* projetado para facilitar a tomada de decisões para indivíduos envolvidos no setor de energia renovável (NREL, 2021).

Para a realização das simulações dos cenários, foram adotadas as características da cidade de Feira de Santana - BA. O módulo fotovoltaico utilizado para as simulações foi o módulo da fabricante Canadian Solar e modelo CS3U - 395P, com máxima potência de entrada 395.240 Wdc, com inclinação de 18° e azimute de 0° e o inversor selecionado foi o fabricante Canadian Solar modelo CSI – 3000 TL.

A Figura 11, demonstram os passos para a realização da simulação, primeiramente é escolhido a localização (cidade), depois o modelo do painel fotovoltaico e inversor, no planejamento é dimensionado a potência do sistema fotovoltaico, a inclinação e o desvio azimutal. No armazenamento de energia é dimensionando uma determinada capacidade de carga para ser armazenada em bateria. Por fim, é inserido o consumo mensal em kWh e feito a simulação.

Figura 11 - Esquema referente ao funcionamento do simulador



A bateria presente no sistema foi a de íon de lítio, pois ocupa menor espaço, e é uma tecnologia utilizada nos inversores com bateria integrada. Assim, para a bateria foi considerada a de íon de lítio: óxido de níquel, manganês e cobalto (lithium ion: nickel manganese cobalt oxide NMC).

O SAM permite que o usuário controle o sistema de operação (despacho) da planta com a configuração de diversos períodos de despacho diferentes, que podem ser distribuídos ao longo das horas de cada mês, e também permite uma distribuição separada para o fim de semana (MALAGUETA; DIEGO, 2013 apud KALBERMATTER, 2017). Assim, os bancos de baterias não foram configurados para os finais de semana, pois, não serão utilizados, visto que, a tarifa branca não é aplicada nos finais de semana.

Para o armazenamento de carga foi feito uma configuração para carregar o sistema de baterias durante a geração do sistema fotovoltaico (Period 2). O despacho foi configurado para os horários intermediário e ponta (Period 1), para a modalidade tarifária branca, conforme a Figura 12.

Figura 12 - Despacho de armazenamento para modalidade tarifária branca

	Charge from PV	Charge from grid		Discharge	
		Allow	% capacity	Allow	% capacity
Period 1:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	<input checked="" type="checkbox"/>	85
Period 2:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0
Period 3:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	10
Period 4:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0
Period 5:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0
Period 6:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	<input type="checkbox"/>	0

	Weekday																								
	12am	1am	2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm	
Jan	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	
Feb	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Mar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Apr	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
May	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Jun	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Jul	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Aug	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Sep	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Oct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Nov	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Dec	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2

4.5 Aplicação tarifária

Nesse tópico são apresentados os resultados obtidos através das simulações. Com a carga de energia elétrica da rede é calculado os valores das tarifas para as médias mensais. Portanto, foram utilizados os valores de tarifa branca e convencional obtidas no *site* da ANEEL.

Na Tabela 6 apresenta o valor total da tarifa convencional conforme as curvas de cargas dos prédios. O consumo total mensal foi obtido por meia da equação 1.

Tabela 6 - Valor pago pela energia consumida

	Consumo total mensal (kWh)	Tarifa Convencional (R\$)
Prédio Gabinetes	379,25	
Pavilhão 01 Lado 01	318,57	
Pavilhão 01 Lado 02	606,80	
Pavilhão 02	1213,60	
Prédio da Direção	182,04	
Prédio dos Núcleos + Portaria	364,08	
Prédio da Biblioteca	303,40	
Total	3367,74	
Total do valor da tarifa convencional		R\$ 2.088,00

Com a carga obtida para cada hora de um ano calcula-se o valor da energia elétrica utilizando o posto de tarifa branca conectada à rede de energia elétrica, onde é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Valor pago pela energia consumida tarifa branca

Prédios	Consumo Fora de ponta (kWh)	Consumo Intermediário (kWh)	Consumo ponta (kWh)	
Prédio Gabinetes	301,85	38,70	38,70	
Pavilhão 01 Lado 01	253,56	32,50	32,50	
Pavilhão 01 Lado 02	482,96	61,92	61,92	
Pavilhão 02	965,92	123,84	123,84	
Prédio da Direção	144,89	18,57	18,57	
Prédio dos Núcleos + Portaria	289,78	37,15	37,15	
Prédio da Biblioteca	241,48	30,96	30,96	
Total	2680,44	343,64	343,64	
			Total do valor da Tarifa Branca (R\$)	R\$ 2.094,78

Comparando-se a tarifa convencional com a tarifa branca geralmente a tarifa convencional são 0,325%, menor do que a tarifa branca. Desse modo, às duas tarifas apresentam valores semelhantes.

4.6 Configurações para cada prédio

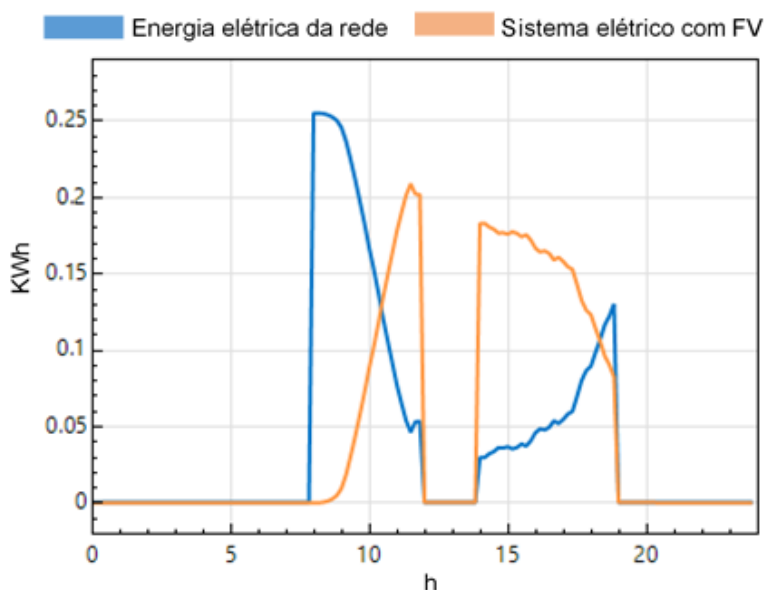
Na tabela 8, é apresentado os dados de consumo de cada prédio, a potência do sistema fotovoltaico e a capacidade de armazenamento. Esses dados são obtidos mediante ao *software System Advisor Model*.

Tabela 8 - Configurações de Potência e Capacidade das unidades

	Consumo total mensal (KWh)	Potência sistema fotovoltaico (kWp)	Capacidade de armazenamento (kWh)
Prédio Gabinetes	379,25	2,37	4
Pavilhão 01 Lado 01	318,57	2,37	4
Pavilhão 01 Lado 02	606,80	3,95	8
Pavilhão 02	1213,60	7,91	15
Prédio da Direção	182,04	1,19	4
Prédio dos Núcleos + Portaria	364,08	2,77	4
Prédio da Biblioteca	303,40	2,37	4

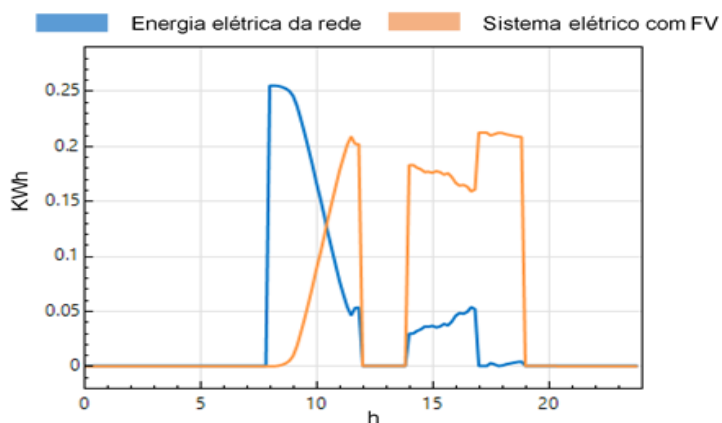
Para a configuração do Prédio Gabinetes conectada à rede de distribuição com sistema fotovoltaico de potência de 2,37 kWp. Na Figura 13, é apresentada a curva de carga da geração solar fotovoltaica durante o dia, das 10:30 as 18:00 horas, o sistema consegue diminuir a demanda da carga da distribuidora e no período das 12h até às 14h não tem uma grande demanda de energia, pois é o horário de almoço.

Figura 13 - Geração da rede e Geração fotovoltaica do Prédio Gabinetes



A Figura 14, é exposta a curva de carga com a geração solar fotovoltaica com 2,37 kWp de potência e bateria íon-lítio com uma capacidade de armazenamento de 4kWh, bem como é possível ver que a curva de carga da rede praticamente zero quando ocorre o despacho de energia da bateria das 17:00 às 19:00 horas, para o Prédio dos Gabinetes conectada à rede elétrica.

Figura 14 - Geração da rede e Geração do sistema FV+Bateria



A Tabela 9 apresenta o resultado do consumo mensal do Prédio Gabinetes correspondente à energia elétrica utilizada da rede depois da implantação do sistema FV+Bateria.

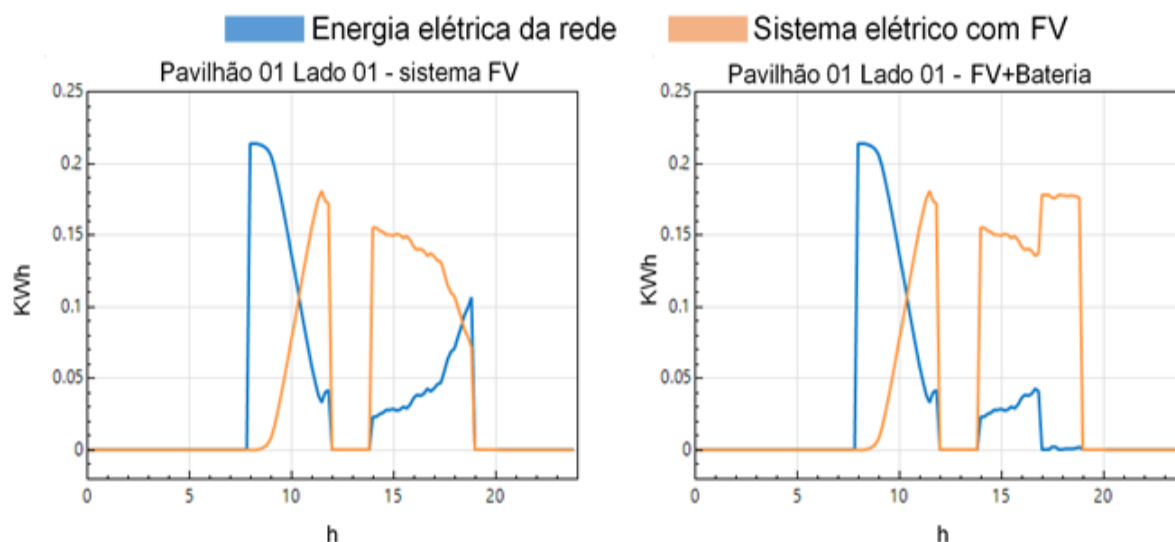
Tabela 9 - Consumo médio do Prédio Gabinetes

Mês	Consumo da rede (kWh)
Janeiro	93,76
Fevereiro	99,80
Março	71,76
Abril	93,75
Maio	114,27
Junho	83,95
Julho	63,11
Agosto	49,02
Setembro	30,62
Outubro	41,57
Novembro	102,41
Dezembro	68,50
Média	76,04

Para a configuração do Prédio do Pavilhão 01 Lado 01 conectada à rede de distribuição o sistema fotovoltaico tem potência de 2,37 kWp e a capacidade de armazenamento em baterias íon-lítio de 4 kWh.

A Figura 15, demonstra a curva de carga dos sistemas no Pavilhão 01 Lado 01, bem como é possível ver que a curva de carga do sistema FV consegue diminuir a demanda da carga da rede nos horários de maiores irradiações, no período das 12h até às 14h não tem uma grande demanda de energia. Com o sistema FV+Bateria além de diminuir a demanda na maior parte do período diurno também é possível reduzir a curva no horário das 17h até as 19h através da descarga da energia armazenada nas baterias íon-lítio.

Figura 15 – Curva de carga prédio do Pavilhão 01 Lado 01



Na tabela 10 é mostrado o consumo mensal de energia da rede do Pavilhão 01 Lado 01. Nos meses de julho, agosto, setembro e outubro é apresentado valores negativos, pois, são os períodos em o sistema supera o consumo da rede, ou seja, a energia excedente é injetada na rede e pode ser utilizada no prazo de 60 meses.

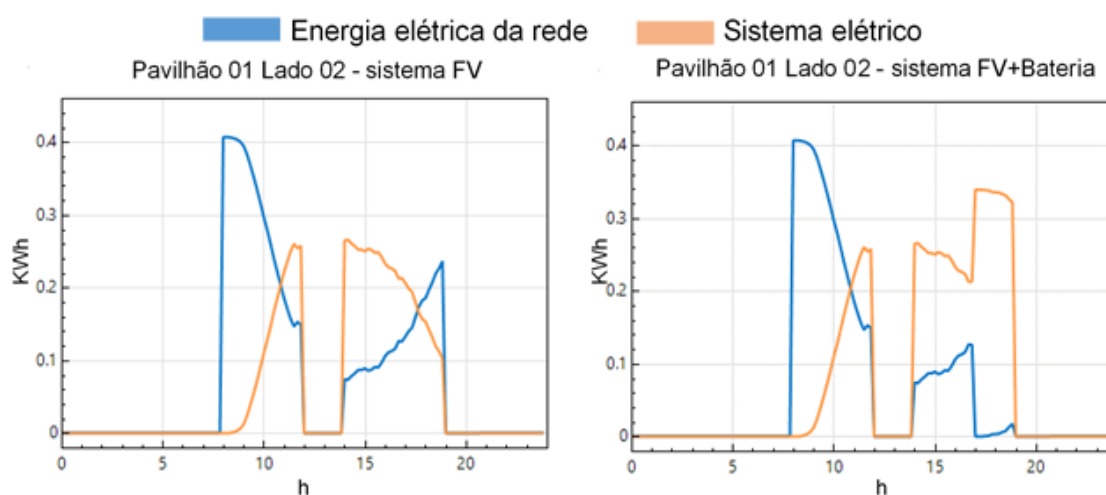
Tabela 10 - Consumo médio mensal do Pavilhão 01 Lado 01

Mês	Consumo da rede (kWh)
Janeiro	28,12
Fevereiro	34,93
Março	6,64
Abril	30,65
Mai	49,98
Junho	18,53
Julho	-1,43
Agosto	-16,82
Setembro	-33,07
Outubro	-20,86
Novembro	35,65
Dezembro	36,35
Média	14,06

Para a configuração do Prédio do Pavilhão 01 Lado 02 conectada à rede de distribuição o sistema fotovoltaico tem potência de 3,95 kWp e a capacidade de armazenamento é de 8 kWh.

Na Figura 16 é apresentada a curva de carga do sistema FV, o recurso consegue diminuir a demanda da carga da rede em boa parte do período diurno, mas o sistema FV+Bateria além de diminuir a demanda no período também reduz a curva no horário das 17h até as 19h através da descarga da energia armazenada.

Figura 16 - Curva de carga prédio do Pavilhão 01 Lado 02



A Tabela 11 apresenta o consumo mensal correspondente à energia elétrica utilizada da rede no Pavilhão 01 Lado 02 depois da implantação do sistema FV+Bateria onde a média mensal é de 94,82 kWh.

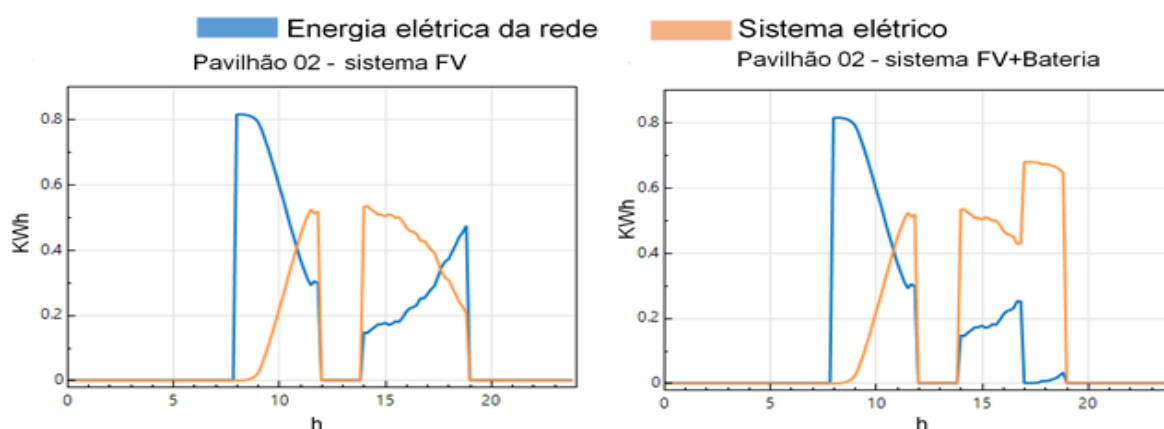
Tabela 11 -Consumo médio do Pavilhão 01 Lado 02

Mês	Consumo da rede (kWh)
Janeiro	120,40
Fevereiro	132,30
Março	86,27
Abril	127,71
Mai	157,83
Junho	107,16
Julho	74,81
Agosto	51,73
Setembro	26,67
Outubro	40,14
Novembro	133,04
Dezembro	79,75
Média	94,82

Para a configuração do Pavilhão 02 conectada à rede de distribuição o sistema fotovoltaico tem potência de 7,91 kWp e a capacidade de armazenamento é 15 kWh.

A Figura 17 mostra a curva de carga dos sistemas do prédio do Pavilhão 02, a curva do sistema FV também consegue diminuir a demanda da carga da rede e o sistema FV+Bateria além de diminuir a demanda no período diurno é possível reduzir a curva de carga no horário das 17h até as 19h através do descarregamento de energia da bateria.

Figura 17 - Curva de carga prédio do Pavilhão 02



A Tabela 12 apresenta o consumo mensal correspondente à energia elétrica utilizada da rede no Pavilhão 02 depois da implantação do sistema FV+Bateria onde a média mensal é de 201,24 kWh. O Pavilhão 02 é o prédio de maior consumo.

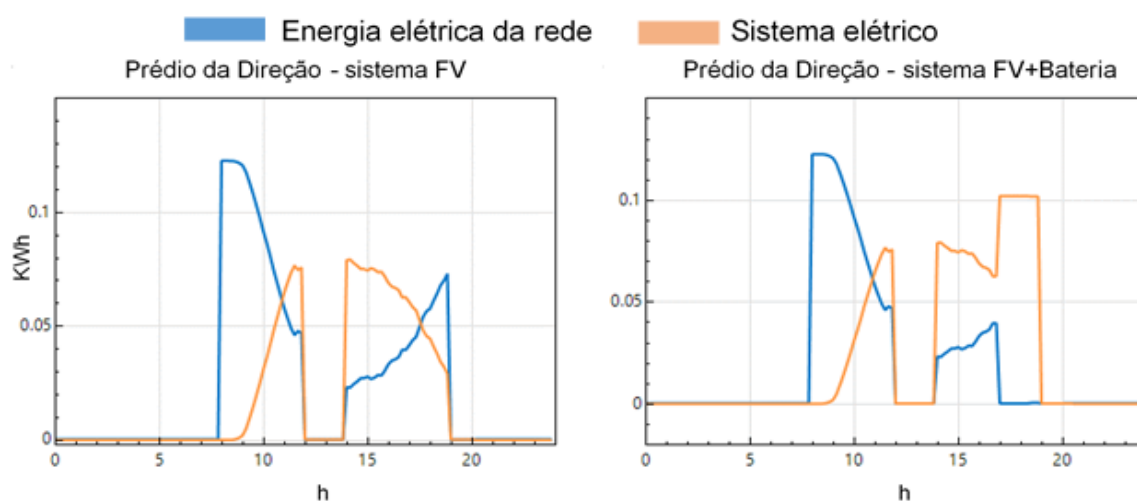
Tabela 12 -Consumo médio do Pavilhão 02

Mês	Consumo da rede (kWh)
Janeiro	251,52
Fevereiro	271,91
Março	180,31
Abril	257,25
Maio	324,32
Junho	222,17
Julho	155,92
Agosto	114,22
Setembro	57,35
Outubro	78,57
Novembro	279,49
Dezembro	165,88
Média	201,24

Para a configuração do Prédio da Direção conectada à rede de distribuição o sistema fotovoltaico tem potência de 1,19 kWp e a capacidade de armazenamento é 4 kWh.

A Figura 18 mostra a curva de carga dos sistemas do Prédio da Direção, como é possível ver que a curva do sistema FV consegue diminuir a demanda da carga da rede em boa parte do período diurno. Com o sistema FV+Bateria além de diminuir a demanda no período diurno também é possível reduzir a curva no horário das 17h até as 19h através da descarga da energia armazenada.

Figura 18 - Curva de carga prédio da Direção



A Tabela 13 apresenta o consumo mensal correspondente à energia elétrica utilizada da rede no Prédio da Direção depois da implantação do sistema FV+Bateria onde a média mensal é de 32,80 kWh.

Tabela 13 - Consumo médio do Prédio da Direção

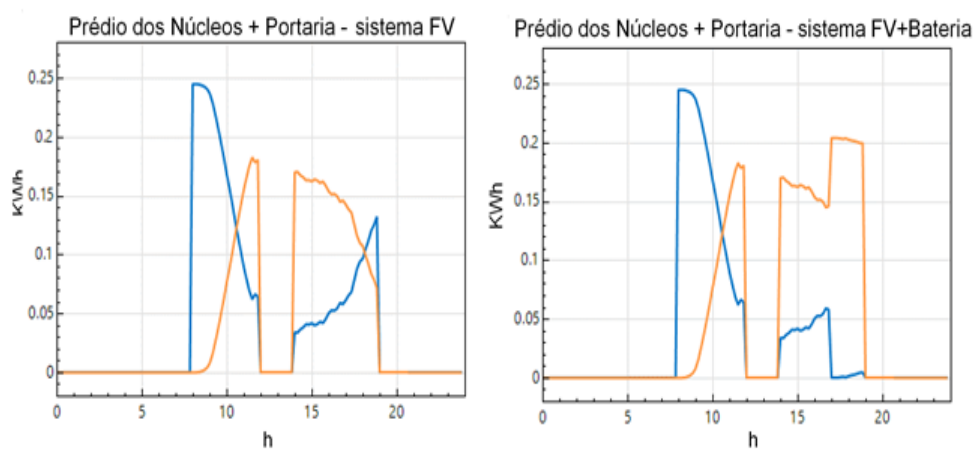
Mês	Consumo da rede (kWh)
Janeiro	41,46
Fevereiro	44,41
Março	30,53
Abril	42,30
Mai	52,07
Junho	36,17
Julho	26,37
Agosto	18,70
Setembro	10,42
Outubro	16,82
Novembro	45,11
Dezembro	29,30
Média	32,80

Para a configuração do prédio dos Núcleos + Portaria conectada à rede de distribuição o sistema fotovoltaico tem potência de 2,77 kWp e a capacidade de armazenamento é 4 kWh.

A Figura 19 mostra a curva de carga dos sistemas do prédio dos Núcleos + Portaria, desse modo é possível ver que a curva do sistema FV consegue diminuir a demanda da carga da rede em boa parte do período diurno. Porém, com o sistema FV+Bateria além de diminuir a demanda no período diurno também é possível reduzir a curva no horário das 17h até as 19h através da descarga da energia armazenada.

Figura 19 - Curva de carga prédio dos Núcleos + Portaria

■ Energia elétrica da rede ■ Sistema elétrico



Na tabela 14 é mostrado o consumo mensal de energia da rede no prédio dos Núcleos + Portaria, nos meses de março, julho, agosto, setembro, outubro e dezembro existe uma carga excedente, pois, são meses que o sistema supera a carga da rede, ou seja, a energia excedente é injetada na rede e esse saldo pode ser utilizado no prazo de 60 meses.

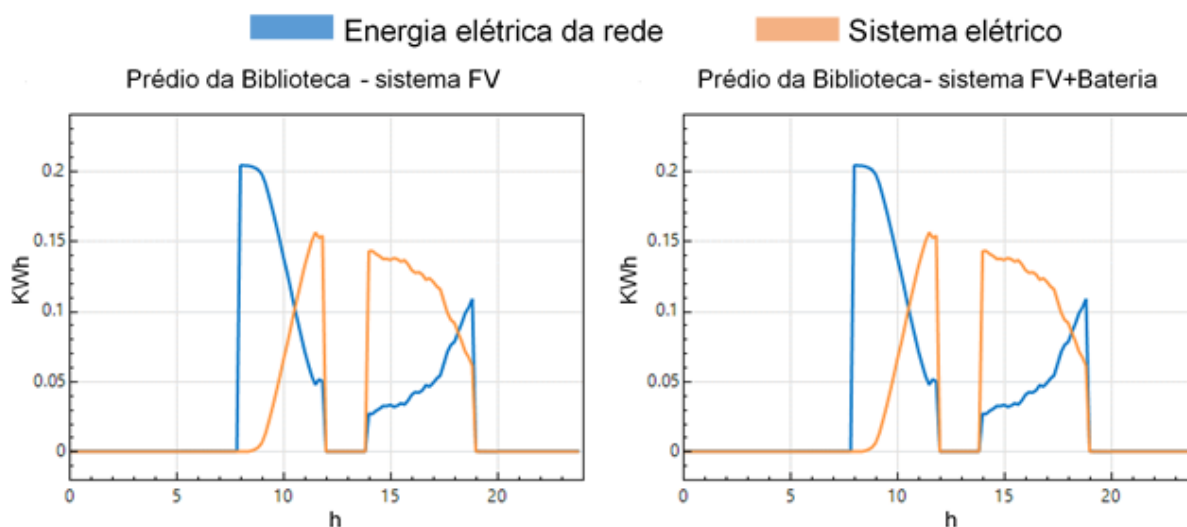
Tabela 14 -Consumo médio do Prédio dos Núcleos + Portaria

Mês	Consumo da rede (kWh)
Janeiro	24,39
Fevereiro	32,49
Março	-0,58
Abril	27,51
Mai	50,00
Junho	13,41
Julho	-9,92
Agosto	-27,89
Setembro	-46,77
Outubro	-32,65
Novembro	33,21
Dezembro	-4,20
Média	4,92

Para a configuração do prédio da Biblioteca conectada à rede de distribuição o sistema fotovoltaico tem potência de 2,37 kWp e a capacidade de armazenamento é 4 kWh.

A Figura 20 mostra a curva de carga dos sistemas do prédio da Biblioteca, desse modo é possível ver que a curva do sistema FV consegue diminuir a demanda da carga da rede em boa parte do período diurno. Porém, com o sistema FV+Bateria além de diminuir a demanda no período diurno também é possível reduzir a curva no horário das 17h até as 19h através da descarga da energia armazenada.

Figura 20 - Curva de carga do Prédio da Biblioteca



Na tabela 15 é mostrado o consumo mensal de energia da rede no prédio da Biblioteca, nos meses de março, julho, agosto, setembro, outubro e dezembro é apresentado valores negativos, pois, são os períodos em o sistema supera o consumo da rede. Com isso, a média mensal ficou em 1,16 kWh, pois, a energia injetada na rede foi superior à energia consumida durante o ano. Sendo assim, o consumo durante o ano foi zerado, além disso foi inserida 1,16kWh na rede.

Tabela 15 - Consumo médio do Prédio da Biblioteca

Mês	Consumo da rede (kWh)
Janeiro	17,23
Fevereiro	22,52
Março	-5,74
Abril	18,08
Mai	36,39
Junho	6,27
Julho	-14,24
Agosto	-28,36
Setembro	-46,48
Outubro	-34,01
Novembro	23,24
Dezembro	-8,84
Média	-1,16

Dessa forma, o faturamento correspondente à energia elétrica proveniente da rede de distribuição é menor. A Tabela 16 apresenta o valor da fatura de energia elétrica media total.

Tabela 16 - Faturamento

	Consumo da rede (KWh)	Tarifa Convencional (R\$)	Tarifa Branca (R\$)
Prédio Gabinetes	76,04		
Pavilhão 01 Lado 01	14,06		
Pavilhão 01 Lado 02	94,82		
Pavilhão 02	201,24		
Prédio da Direção	32,80		
Prédio dos Núcleos + Portaria	4,92		
Prédio da Biblioteca	0,00		
Média	423,88	R\$ 262,80	R\$ 208,12

A Tabela 16 ainda mostra que a tarifa convencional apresentou valores menores na fatura correspondente à energia elétrica da distribuidora. Com os recursos do sistema fotovoltaico e o armazenamento de energia, a unidade consumidora com a tarifa branca apresentou valores menores do faturamento correspondente à energia elétrica do que com a convencional em média 20,8%.

4.7 Comparação dos resultados

Na tabela 17 demonstra os resultados para o consumo sem o uso dos recursos e com o uso dos recursos, quando aplicado os recursos energéticos distribuídos o consumo cair consideravelmente. Percebe-se que as combinações desses recursos resultam em uma significativa alteração na curva de carga durante o horário de pico, resultado em uma economia proporcional com a tarifa branca com o uso dos recursos. Com isso, mostra que o sistema é uma alternativa futura para o gerenciamento de energia elétrica, permitindo um melhor uso da energia elétrica.

Tabela 17 - Comparação

	Sem o uso dos recursos	Sem o uso dos recursos	Com o uso dos recursos	Com o uso dos recursos
Prédio Gabinetes				
Pavilhão 01 Lado 01				
Pavilhão 01 Lado 02				
Pavilhão 02	Tarifa Convencional (R\$)	Tarifa Branca (R\$)	Tarifa Convencional (R\$)	Tarifa Branca (R\$)
Prédio da Direção				
Prédio dos Núcleos + Portaria				
Prédio da Biblioteca				
	R\$ 2.088,00	R\$ 2.094,78	R\$ 262,80	R\$ 208,12

Apesar do custo cair consideravelmente, no momento atual não é viável a implantação do sistema com o recurso de armazenamento de energia em baterias Lítio-íon no Brasil. CANTANE; JUNIOR; HAMERSCHMIDT (2020) indicam que os principais desafios para a utilização de baterias Lítio-íon em larga escala é o alto custo, mas elas alcançaram grande atenção na aplicação de veículos elétricos devido às suas características lucrativas, como carga leve, rápida, alta densidade de energia, baixa autodescarga e longa vida útil.

Nesse contexto, o mercado de veículos elétricos pode acelerar a expansão da tecnologia e reduzir os preços das baterias. Como, por exemplo, nos EUA, segundo CANTANE; JUNIOR; HAMERSCHMIDT (2020) os sistemas de Li-íon dominam o atual cenário de implantação de sistemas de armazenamento em grande escala, de modo que estão implantando unidades de vários megawatts para integração de PV e suporte à rede de distribuição, classe MW para suporte de grade e suavização de PV. No total, mais de 100 MW de baterias de íons de lítio, avançadas conectadas à rede foram implantados para demonstração e serviço comercial.

4.8 Vantagens do sistema com os recursos energéticos distribuído

- Geração de plantas conectadas em baixa ou alta tensão, como geradores fotovoltaicos em telhados, pequenas eólicas, cogeração a gás natural entre outros;

- Pequenas baterias conectadas ao consumidor e que armazenam energia durante o excesso da geração ou em momentos de tarifas mais baratas;
- Processo que permite consumidores a alterarem seu padrão de consumo e prover serviços ao sistema, individualmente ou através de um agregador.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou um estudo sobre o gerenciamento de energia elétrica no CETENS, através de simulações com *software* SAM, que permite a inclusão de recursos energéticos distribuídos (geração distribuída e armazenamento de energia). Com isso, para realizar a simulação foi considerado a curva de carga da iluminação do Centro.

A inserção dos recursos energéticos distribuídos altera de maneira significativa o desempenho das redes elétricas. Desse modo, no referencial teórico do trabalho, foram mostradas algumas características do Sistema Elétrico brasileiro, que passa por várias evoluções tecnológicas nos seguimentos de geração, distribuição, transmissão e comercialização de energia, bem como conceitos referentes aos recursos energéticos distribuídos, demonstrando propostas de geração distribuída, armazenamento de energia, eficiência energética e resposta da demanda, e finalmente, é demonstrado medidas para redução de gasto no CETENS, principalmente na esfera da energia elétrica.

Desse modo, para a aplicação dos RED's foram analisadas as curvas de carga do CETENS nos horários pré-estabelecidos pela ORIENTAÇÃO NORMATIVA Nº 01/2019, os picos se concentram das 08:00h às 12:00 e das 14:00 às 19:00, para apresentar o valor do faturamento, foi analisado a tarifa da concessionária responsável que a cidade Feira de Santana-BA. Dessa maneira, com a carga de energia elétrica obtida da iluminação do CETENS, através das curvas de cargas do presente estudo, foi possível verificar os módulos fotovoltaicos, inversores e o armazenamento de energia, para finalmente fazer a simulação com o System Advisor Model (SAM) sendo um software gratuito para facilitar a tomada de decisões.

Nesse contexto, conforme a estratégia de RED's considerado nas simulações, foram apresentados diversos gráficos com os resultados correspondentes ao consumo da rede. No momento em que a unidade consumidora está apenas conectada a rede elétrica, o custo de fatura de energia elétrica é menor com a tarifa convencional.

Conforme estabelecido nas configurações, no primeiro cenário os sistemas fotovoltaicos durante a maior parte do dia conseguir diminuir a carga da rede. Para o

segundo cenário a combinação dos sistemas de armazenamento e os sistemas fotovoltaicos, o uso desses recursos permitem que fontes renováveis sejam utilizadas em maior escala. Também consegue aumentar a segurança dos sistemas, evitando blecautes e oscilações.

Com relação às tarifas, conclui-se que o uso dos recursos consegue reduzir consideravelmente o custo de energia elétrica principalmente na modalidade da tarifa branca, pois, resulta em uma economia satisfatória e conseqüentemente mostra que o sistema é uma alternativa futura para um melhor uso de energia elétrica. Assim, destinando as economias para outro seguimento como, por exemplo, para a assistência estudantil.

Entretanto, o custo para armazenamento de energia em baterias de Li-íon é muito elevado no atual momento, mas com desenvolvimento de carros movidos a eletricidade faz com que ocorra uma redução no custo dessa tecnologia, e por consequência, torne-a cada vez mais viável para utilização em aplicações do setor elétrico.

Por fim, com o avanço das tecnologias, controle de energia e as redes elétricas inteligentes, os recursos energéticos distribuídos poderão ser aplicados, como estratégia de gerenciamento de energia.

5.1 Sugestões Para Trabalho Futuro

- Avaliar os efeitos da utilização de sistemas de armazenamento no ar-condicionado do CETENS;
- Verificar a inserção de outras tecnologias de geração distribuídas, como a eólica e biomassa;
- Utilizar em outras curvas de cargas para outros perfis de consumidores como, por exemplo, os comércios, conseqüentemente utilizar outras estratégias.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração Distribuída: Micro e Minigeração Distribuídas**. 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 25 ago. 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Saiba mais sobre o setor elétrico brasileiro**. 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2021.

BNDS. BNDS. **O desenrolar da energia eólica no Brasil**. [S.l.]. BNDS, 2016. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/energia-eolica-brasil>. Acesso em: 7 set. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. **Consumidor cativo**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2Fweb%2Fguest%2Fbusca&_101_assetEntryId=15046283&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=consumidor-cativo&inheritRedirect=true. Acesso em: 15 ago. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Curva de carga**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fbusca%3Fp_auth%3DPN4dPBuy%26p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_assetEntryId=15047279&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=curva-de-carga&inheritRedirect=true. Acesso em: 02 out. 2019.

CANTANE, Daniel Augusto; JUNIOR, Oswaldo Hideo Ando; HAMERSCHMIDT, Márcio Biehl. **Tecnologias de Armazenamento de Energia Aplicadas ao Setor**

Elétrico Brasileiro. [S. l.], 2020. Disponível em: editorascienza.com.br/pdfs/pti/livro_tecnologias.pdf. Acesso em: 30 set. 2021.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Ambiente Livre e Ambiente Regulado.** 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em: 12 set. 2021.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Com quem se relaciona.** 2021. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em: 03 set. 2021.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Conheça as modalidades de agentes.** 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em: 05 set. 2021.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Fontes.** 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em: 08 set. 2021.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Mercado Livre tem redução de requisitos para consumidores livres e mercado regulado prepara leilão inédito.** 2019. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/relatoriodeadministracao/30-mercado-10.html>. Acesso em: 14 set. 2021.

CCEE, **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Tipos de Leilões.** 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em: 13 ago. 2021.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Veja se sua empresa se enquadra.** 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CETENS. *In: Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade.* Feira de Santana - BA: CETENS, 2021. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/cetens/>. Acesso em: 20 set. 2021.

ENERGIZZI ENERGIAS DO BRASIL. Energizzi. **Energia Eólica.** [S.l.]. Energizzi Energias do Brasil, 2021. Disponível em: <http://energizzi.com/energia-eolica/>. Acesso em: 3 set. 2021.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2021**: relatório síntese / ano base 2020. Rio de Janeiro: Epe e Mme, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2021.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2020**: relatório síntese / ano base 2019. Rio de Janeiro: Epe e Mme, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2021.

EPE. EPE. **Energia renovável**. [S.l.]. EPE, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 2 set. 2021.

FGV ENERGIA. Recursos Energéticos Distribuídos. Rio de Janeiro: Lavinia Hollanda, 2016. 106 p. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/fgvenergiarecursos-energeticos-book-web.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

MENEZES, Henrique Leão de Sá. **Avaliação da aplicação da modalidade tarifária horária branca**: estudo de caso para consumidores residenciais. 2014. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/9743/1/2014_HenriqueLeaodeSaMenezes.pdf. Acesso em: 02 set. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA MINISTRO. Empresa de Pesquisa Energética (ed.). **Sistemas de Armazenamento em Baterias**: Aplicações e Questões Relevantes para o Planejamento. [S. l.], 2019. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-441/EPE-DEE-NT-098_2019_Baterias%20no%20planejamento.pdf. Acesso em: 30 set. 2021.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2011.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Tarifa de Energia Elétrica.** 2021. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 12 ago. 2021.

ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico. **PROGRAMA PILOTO DE RESPOSTA DA DEMANDA.** 2021. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-amanha/resposta-da-demanda>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Sobre o Sistema Interligado Nacional.** 2021. Disponível em: <http://www.ons.org.br>. Acesso em: 25 ago. 2021.

RECURSOS Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético. Rio de Janeiro - RJ: Empresa de Pesquisa Energética, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ND%20-%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20Distribu%C3%ADdos.pdf>. Acesso em: 8 set. 2021.

SOLARVOLT ENERGIA. **Net Metering e Feed in: o que são e como funcionam.** 2020. Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/>. Acesso em: 15 set. 2021.

STOLF, Eduardo José. **Fatores influenciadores para adoção de energia solar fotovoltaica no Brasil.** 2018. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.