

COMUNIDADES DE ENERGIA COMO ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: ESTUDO DE CASO PARA CONDOMÍNIOS NO CEARÁ

Energy Communities as a strategy for sustainable development: a case study for condominiums in Ceará

Comunidades de Energía como estrategia de desarrollo sostenible: estudio de caso para condominios en Ceará

Esdras Miranda de Araújo¹
Paulo César Marques de Carvalho²

RESUMO

A preocupação global com a sustentabilidade social, ambiental e econômica do Planeta, desperta a necessidade de desenvolvimento de sistemas inteligentes e novas formas de organização, visando a superação dos desafios para uma transição energética livre de carbono. Uma das possibilidades é a organização de prossumidores em Comunidades de Energia (CE). Assim, o objetivo do presente artigo é analisar as comunidades de energia como estratégia de desenvolvimento sustentável. Como estudo de caso, é analisado o condomínio Alphaville Ceará – Residencial 1 e 2, composto por 1.002 lotes residenciais, sendo avaliados os ganhos financeiros e a contribuição com a sustentabilidade. O estudo parte da padronização de uma Unidade Familiar (UF) com um consumo médio mensal de 1.158 kWh; que por meio do programa PVSYST é dimensionada uma planta fotovoltaica (FV) de 9,31 kWp, com os dados de geração da UF. Numa segunda etapa, é realizada a extrapolação para diferentes níveis de adesão à CE (25%, 50% e 100%). Os resultados obtidos para os níveis de participação à CE ratificam o potencial de relevância obtido com o crescimento do número de participantes, proporcionando resultados financeiros positivos e contribuindo para o crescimento sustentável do Condomínio.

PALAVRAS-CHAVE: Comunidade de energia; Sustentabilidade; Prossumidores; Viabilidade financeira.

ABSTRACT

The global concern for the social, environmental and economic sustainability of the planet has sparked the need to develop intelligent systems and new forms of organization to overcome the challenges of a carbon-free energy transition; one of the possibilities is the organization of prosumers into Energy Communities (EC). Hence, the goal of this paper is to analyze EC as a strategy for a sustainable development; as case study is considered Alphaville Ceará - Residencial 1 and 2 condominium, made up of 1,002 residential plots. The study starts with the standardization of a Family Unit (UF) with an average monthly consumption of 1,158 kWh; using the PVSYST program, a 9.31 kWp photovoltaic (PV) plant is dimensioned using the UF's generation data; in a second stage, extrapolation is carried out for different levels of adherence to the EC (25%, 50% and 100%). The results obtained for the levels of participation in the EC confirm the potential relevance obtained by increasing the number of participants, providing positive financial results and contributing to the sustainable growth of the Condominium.

KEYWORDS: Energy Community; Sustainability; Prosumers; Financial viability.

¹Universidade Federal do Ceará; E-mail: esdrasma@alu.ufc.br;

²Universidade Federal do Ceará; E-mail: carvalho@dee.ufc.br.

RESUMEN

La preocupación mundial por la sostenibilidad social, medioambiental y económica del planeta está impulsando la necesidad de desarrollar sistemas inteligentes y nuevas formas de organización para superar los retos de una transición energética sin emisiones de carbono; una de las posibilidades es la organización de los prosumidores en Comunidades Energéticas (CE). El objetivo de este artículo es analizar CE como estrategia de desarrollo sostenible; como estudio de caso es considerado el condominio Alphaville Ceará - Residencial 1 y 2, formado por 1.002 parcelas residenciales. El estudio parte de la normalización de una Unidad Familiar (UF) con un consumo medio mensual de 1.158 kWh; utilizando el programa PVSYST, se dimensiona una planta fotovoltaica (FV) de 9,31 kWp a partir de los datos de generación de la UF; en una segunda etapa, se realiza la extrapolación para diferentes niveles de adhesión a la CE (25%, 50% y 100%). Los resultados obtenidos para los niveles de participación en la CE confirman la relevancia potencial obtenida al aumentar el número de participantes, proporcionando resultados financieros positivos y contribuyendo al crecimiento sostenible del Condominio.

PALABRAS CLAVE: Comunidad de la Energía. Sostenibilidad. Prosumidores. Viabilidad financiera.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de reduzir as emissões dos gases do efeito estufa (GEE) desafia o ser humano a desenvolver uma economia de baixo carbono, para que se tenha uma transição energética sustentável. Os dezessete ‘Objetivos de Desenvolvimento Sustentável’ (ODS) adotados pela Organização das Nações Unidas (ONU) estão atrelados em buscar alcançar um futuro melhor e mais sustentável para todos. Destaque para o ODS 7, que propõe o acesso de energia limpa e acessível para todos, e o ODS 11, que visa tornar as cidades inclusivas, resilientes e sustentáveis (UNITED NATIONS, 2015). O uso de Fontes de Energias Renováveis (FER) se caracteriza como um importante vetor para uma transição energética livre de carbono. De acordo com a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), as fontes solar e eólica devem ser prioridades nos investimentos renováveis nos próximos anos, para que seja alcançada a meta global de aquecimento de no máximo 1,5° C.

Segundo a Agência, as energias renováveis podem proteger os consumidores das variações dos preços dos combustíveis fósseis, proteger da escassez de abastecimento de combustíveis e aumentar a segurança energética (IRENA, 2023). Em setembro de 2016, após passar pelo Congresso Nacional, o Brasil concluiu a aprovação da adesão ao Acordo de Paris; em seguida, o instrumento foi entregue às Nações Unidas. O Brasil comprometeu-se com a redução dos GEE em 37% dos níveis de 2005, e com uma participação estimada de 45% de energias renováveis na matriz energética nacional até 2030 (MMA, 2017). De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) 2023, ano base 2022, a micro e mini geração distribuída (GD) cresceu devido às ações regulatórias que possibilitaram a compensação de energia elétrica excedente produzida por sistemas de menor porte (EPE, 2023).

A utilização de sistemas FV em residência tem se destacado devido à fácil adaptação

aos telhados e custos do kWp instalados, que vem diminuindo ao longo dos anos. De acordo com o Portal Solar, são inúmeros os motivos para investir em geração FV, com destaque para a economia na conta de luz, valorização do imóvel, sustentabilidade e retorno do investimento (PORTAL SOLAR, 2021).

O surgimento das Comunidades de Energia (CE) eleva as possibilidades de um simples prosumidor para um agente que não apenas gera eletricidade, mas também compartilha o excedente com concessionárias e outros consumidores. A utilização de Redes Inteligentes (RI) tem contribuído significativamente para a evolução das comunidades através de soluções, como as Usinas Virtuais de Energia, o que possibilita atuar na distribuição, comercialização e gestão de energia (VAN SUMMEREN *et al.*, 2020). Não há um consenso para a definição de CE: a União Europeia entende como grupos de cidadãos, empreendedores sociais, autoridades públicas e organizações comunitárias que participam diretamente na transição energética, investindo, produzindo, vendendo e distribuindo eletricidade a partir de energia renovável (THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 2018). Diante do exposto, o objetivo do presente artigo é analisar as comunidades de energia como estratégia de desenvolvimento sustentável. Como estudo de caso é analisado o condomínio Alphaville Ceará – Residencial 1 e 2, composto por 1.002 lotes residenciais, sendo avaliados os ganhos financeiros e a contribuição com a sustentabilidade.

O artigo está estruturado da seguinte forma: introdução na seção 1; a seção 2 refere-se aos materiais e métodos; a seção 3 foca no estudo de caso; a seção 4 mostra os resultados e discussões; e a seção 5 apresenta as conclusões.

2. METODOLOGIA

2.1 Evolução da GD no Brasil e sua Regulação

A GD no Brasil surge com a Resolução Normativa Aneel nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração repartidas aos sistemas de distribuição e compensação de energia elétrica. Em janeiro de 2022 foi publicada a Lei nº 14.300, que institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuídas, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS) (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2022). O SCEE define para a GD que a

energia elétrica ativa gerada em excesso no mês é enviada para a rede da distribuidora local e convertida em créditos que podem ser utilizados em até 60 meses, ou serem utilizados para abater o consumo de outras unidades da área de atendimento da mesma distribuidora. Esse mecanismo de créditos que podem ser utilizados posteriormente só é permitido para as modalidades de micro e minigeração distribuídas.

O que determina se um Sistema fotovoltaico (SFV) é de micro ou minigeração distribuída é a potência nominal do Gerador Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (GFVCR). A microgeração distribuída é definida para uma potência nominal de até 75 kW, na qual se enquadram os consumidores residenciais, pequenas indústrias e comércios. A minigeração distribuída é definida para uma potência nominal maior que 75 kW e menor ou igual a 3 MW, em situações particulares podem chegar até 5 MW, nos liames que tratam os incisos IX e XIII e do Parágrafo Único do art. 1º da Lei nº 14.300/2022). Ambas são conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras nas quais se enquadram os consumidores industriais e comerciais de grande porte (ANEEL, 2022).

2.2 Digitalização da Matriz Energética

A digitalização da matriz elétrica pode ser alcançada através dos medidores inteligentes e toda tecnologia de hardware e software que podem ser adicionadas às redes de distribuição. Visando mitigar os problemas relacionados ao controle e gerenciamento da rede e o pleno desempenho de uma CE ativamente conectada, é necessário que haja uma comunicação rápida e segura. As tecnologias de comunicação sem fio desempenham um papel fundamental na rede, devido à possibilidade de monitoramento em tempo real, detecção e recuperação de falhas, supervisão do consumo instantâneo de energia e possíveis demandas extras. Com auxílio da tecnologia digital, é possível monitorar de forma inteligente o status da bateria, direcionar mensagens de compartilhamento de energia e outros recursos relevantes para uma RI (MILLER; SENADEERA, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2020).

Algumas soluções de RI estão sendo adotadas para o controle da geração, distribuição e comercialização de energia, com destaque para as usinas virtuais e Micro Rede (MR). Uma usina virtual apresenta-se como a opção mais popular para integração de soluções de GD, baseada em software que permite o controle de GD conectado à rede principal. MR é um sistema físico de energia que de forma integrada pode funcionar em paralelo ou isolado da

rede principal (VAN SUMMEREN *et al.*, 2020). Uma CE alicerçada numa usina virtual obtém características que agregam valor à GD flexibilizada por meio de um Sistema de Gerenciamento de Energia (SGE), que permite a modelagem de mudança de preços, fluxos de energia e condições climáticas mitigando problemas na rede. Uma usina virtual permite também que a CE administre a demanda e o abastecimento de forma flexível, atuando como operador na democratização do sistema de energia (RESCOOP.EU, 2020). No Brasil, não há regulação ainda para uma CE estruturada em usina virtual.

3. ESTUDO DE CASO

O condomínio de casas, objeto do presente estudo de caso, está inserido num loteamento residencial estruturado juridicamente como Associação Alphaville Ceará – Residencial 1 e 2, uma associação civil sem fins econômicos, políticos ou religiosos, chamado meramente como Associação, com personalidade jurídica e patrimônio próprio, distintos de seus associados, com atividades determinadas pelo estatuto firmado em março de 2014. A Associação possui sede administrativa localizada na Avenida Quarto Anel Viário S/N, Loteamento Alphaville Ceará, Eusebio - CE - Brasil, 61760-000, apresentado na Figura 1. Até maio de 2023, o condomínio apresenta uma ocupação de 127 residências, representando 13% do total.

Figura 1 – Localização do Condomínio.



Fonte: Google Earth, 2023.

Para que seja levantada a capacidade média de instalação dos sistemas FV participantes da CE no condomínio, é importante a observação das seguintes premissas: consumo médio de uma casa padrão do condomínio kWh/mês; geração média de eletricidade (kWh / mês) de cada unidade familiar (UF); área necessária para instalação de uma planta FV padrão em cada UF; investimento necessário de cada planta por unidade familiar; ganho financeiro (R\$) inicial com o ingresso na GD.

A determinação de uma casa padrão foi estimada pela área média das edificações já construídas e de empreendimentos semelhantes, variando de 200 m² a 400 m², sendo que no caso específico é adotado o projeto de uma residência de 250 m². Para o dimensionamento da planta FV, é utilizado software PVSYST V7.2.21, o qual tem a capacidade de importar dados meteorológicos, bem como dados próprios de fontes diferentes (PVSYST, 2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de analisar a viabilidade financeira de uma CE para o Condomínio, esta seção mostra os resultados obtidos através de uma casa padrão de uma UF com consumo hipotético mensal. Com o uso do PVSYST é determinada a planta FV da UF, e a estimativa de geração de eletricidade média mensal. Os dados unitários obtidos são extrapolados para

uma CE em diferentes cenários de participação (25%, 50% e 100%) do número de UF do Condomínio Alphaville Ceará 1 e 2.

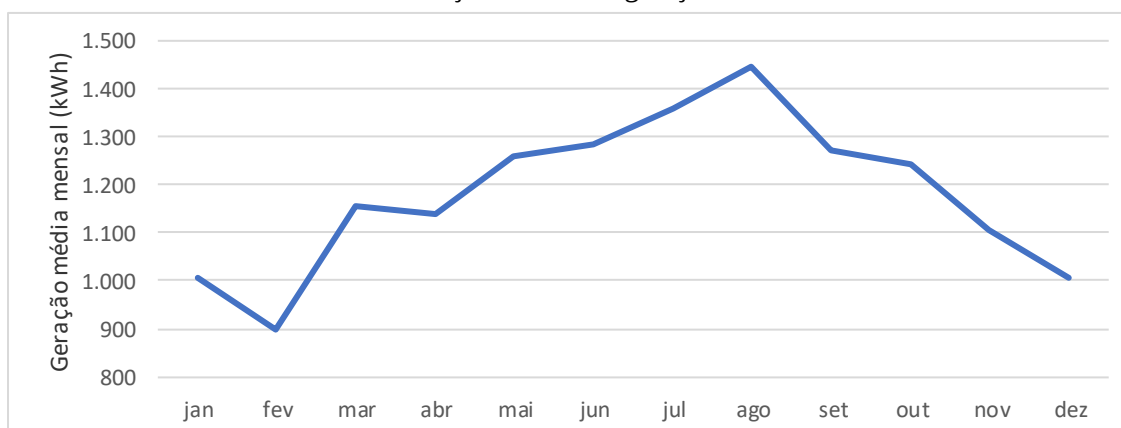
Para obter a estimativa de consumo da casa padrão, tomou-se como base a tabela elaborada pelo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) de estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos, de acordo com um uso hipotético.

A partir da estimativa dos aparelhos existentes na UF, bem como seu uso ao longo de um mês, chega-se ao consumo médio mensal hipotético da UF de 1.158 kWh. Este é o valor da geração mínima mensal de eletricidade que a planta da UF necessita para zerar o fluxo médio de eletricidade junto à distribuidora de eletricidade, e usufruir da política vigente do SCEE.

4.1 Projeto da planta FV

Mediante a necessidade de geração mensal de eletricidade de 1.158 kWh, com uso do PVSYST, é determinada uma planta de 9,31 kWp. A planta é composta de 14 Módulos FV, modelo CS7N-665MS, acoplados a dois micros inversores modelo QT2D-380, com uma área total de 43,5 m². PVSYST simula a geração de eletricidade da planta após a inserção dos parâmetros necessários e em conformidade com o nível de operação dos equipamentos; é calculada para a planta FV de 9,31 kWp uma geração anual de 14.379 kWh/ano, equivalendo a uma média de 1.198 kWh/mês, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Variação mensal da geração de eletricidade.

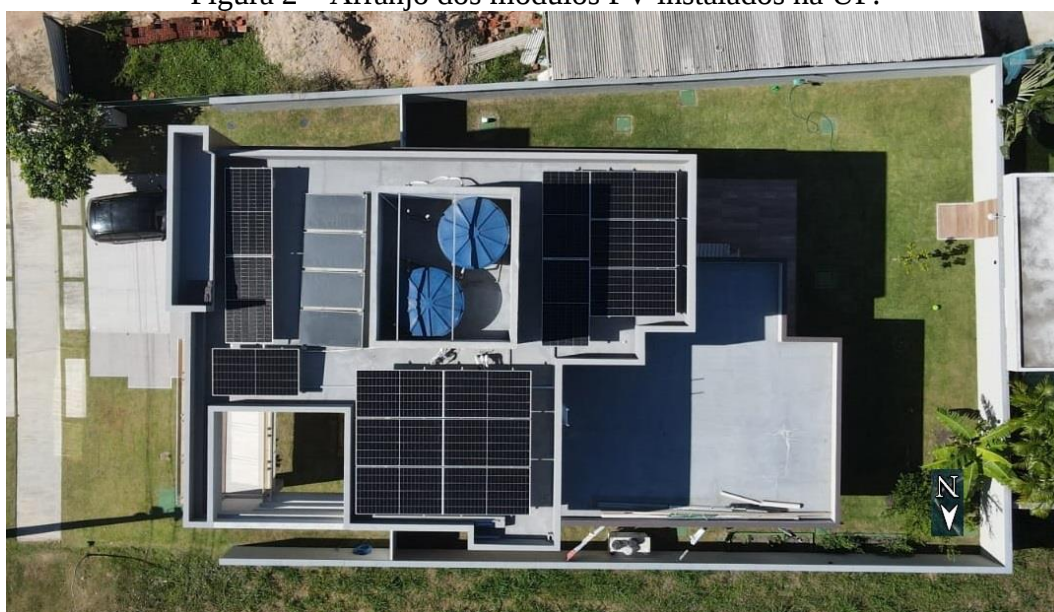


Fonte: Próprio autor, 2023.

4.2 Composição da planta FV

A planta é composta pelo arranjo de 14 módulos FV, instalados conforme Figura 2, conjunto de 2 micro inversores com potência unitária de 3.600 W, e potência elétrica máxima para o arranjo de 7.200 W, cabeamento CA, cabeamento CC, quadro geral de distribuição (QGBT), cuja injeção da eletricidade gerada é realizada nas três fases de alimentação da instalação no ponto de conexão. A planta está na categoria de microgeração distribuída e cadastrada na modalidade de participação no SCEE de autoconsumo local.

Figura 2 – Arranjo dos módulos FV instalados na UF.



Fonte: Próprio autor, 2023.

O custo do kit instalado para a casa padrão do condomínio foi coletado em março de 2023, com valor estimado de R\$ 40.000,00. Tomando-se como base esses parâmetros, é possível realizar a estimativa dos valores para os diferentes cenários de participação (25%, 50% e 100%) do Condomínio Alphaville Ceará 1 e 2. A UF tem consumo mensal de 1.158 kWh, e a planta FV de 9,31 kWp tem uma média mensal de geração de 1.198 kWh, proporcionando um saldo mensal de 40 kWh. Após o levantamento dos resultados para os diferentes cenários de adesão à comunidade de energia, obtém-se a Tabela 1. De modo análogo ao dimensionado para uma UF, a Tabela 2 apresenta os resultados para os diversos cenários de participação (25%, 50% e 100%) do Condomínio. Os resultados obtidos pela contribuição de cada UF à CE atingem montantes de investimentos e área imobilizada

equivalente a grandes plantas FV. Pode-se verificar para os níveis de participação o consumo mensal de 290 MWh, 580 MWh e 1.160 MWh, respectivamente, e potências instaladas de 2.332 kWp, 4.664 kWp e 9.329 kWp, respectivamente. Os resultados ratificam o potencial de relevância que uma CE obtém, de acordo com o crescimento do número de participantes em relação à capacidade de geração, potência instalada e saldo de energia.

Tabela 1 – Resultados para diferentes cenários de Adesão (25%, 50% e 100%).

Implementação da CE para o Condomínio com 25%, 50% e 100% de adesão			
Descrição do Item	Adesão de 25%	Adesão de 50%	Adesão de 100%
Unidades Familiares (UF)	251	501	1.002
Consumo total mês (kWh/mês)	290.122	580.243	1.160.486
Pot. Total KIT Solar (kWp)	2.332	4.664	9.329
Geração média mensal calculada (kWh/mês)	300.162	600.323	1.200.647
Saldo de geração (kWh/mês)	10.040	20.080	40.160
Área ocupada pelos módulos (m ²)	10.897	21.794	43.587
Investimento Necessário (R\$)	10.020.000	20.040.000	40.080.000

Fonte: Próprio autor.

4.3 Análise da viabilidade financeira de uma CE para o condomínio

A decisão de fazer ou não um investimento depende de vários fatores que determinam a sua viabilidade, os critérios financeiros devem ser levados em consideração para a tomada de decisão. Nesta seção são verificados alguns fatores que impactam na viabilidade financeira do investimento da CE para condomínio, com base nas regras atuais do SCEE.

A regulamentação da GD no Brasil através da Lei nº 14.300, estabeleceu mudanças no sistema SCEE para o excedente de energia que é injetado na rede da distribuidora, e entrou em vigor a partir de 07 de janeiro de 2023. Para unidades que entraram com o processo de homologação junto a concessionária para as unidades de MMGD, até o dia 06 de janeiro de 2023, têm direito adquirido até 31 de dezembro de 2045 de permanecerem nas regras do SCEE, anterior a Lei nº 14.300. Para o estudo de caso da CE, as unidades consumidoras são residências do grupo tarifário B1 da concessionária ENEL Ceará, com tarifa de 743,73 R\$ / MWh (ENEL, 2023). Para o grupo tarifário B1, de janeiro de 2023 até dezembro de 2028, será cobrada de forma gradual a Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) relativo ao Fio B, conforme Tabela 2. O valor referente ao Fio B é uma componente da TUSD referente aos custos de operação e manutenção do serviço de distribuição. Para a concessionária, o Fio

B em 2023 é de R\$ 286,95 / MWh (ANEEL, 2023).

Tabela 2 – Cobrança gradual do fio B.

2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
15%	30%	45%	60%	75%	90%	Nova
do	do	do	do	do	do	Regra
Fio	Fio	Fio	Fio	Fio	Fio	
B	B	B	B	B	B	

Fonte: Lei nº 14.300.

Após 2028, período de transição da cobrança gradativa do Fio B, a ANEEL estabelecerá novas regras de tarifação para as unidades integrantes do SCEE em MMGD. A TUSD Fio B incide apenas no montante da energia injetada na rede de distribuição, e é um valor absoluto calculado pelas concessionárias anualmente e validado pela ANEEL (CANAL SOLAR, 2022). A parcela da energia que é consumida na simultaneamente ao momento da geração não sofre os impactos da tarifação, e passa a ser um fator determinante para que um projeto em GD seja mais ou menos atrativo.

Para realizar a análise da viabilidade financeira do investimento, toma-se como balizador uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que auxilia a decidir em investir no projeto ou no mercado de capitais. Para decisão do investimento, utilizam-se alguns critérios de análise de atratividade do projeto por meio do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o período de recuperação do investimento ou *payback* (ALLEN, 2013), conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Critérios de análise de atratividade do projeto.

Critério	Definição	Critério de Viabilidade
TMA	É o custo de oportunidade (Rendimentos de poupança ou rendimentos de títulos do tesouro nacional)	O retorno do projeto deve ser mais rentável do que o mercado de capitais (TIR > TMA)
VPL	A diferença entre o valor de um projeto e o seu custo é o Valor Presente Líquido (VPL)	Deve investir se o VPL > 0
TIR	É a taxa de desconto que torna o VPL igual a zero.	TIR > TMA
Payback	Tempo em anos necessário para que os fluxos de caixa acumulados estimáveis se igualem ao montante do investimento inicial.	Payback < período-limite especificado

Fonte: Allen (2013).

Para verificar a viabilidade do investimento em relação ao mercado de Capitais, é utilizada uma TMA igual a taxa de juros do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

(SELIC) praticada no primeiro semestre de 2023, de 13,75%, coletada do histórico das taxas de juros básicos emitido pelo Comitê de Política Monetária (COPOM) (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023b). É utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) para prever a inflação durante a vida útil da planta FV. De acordo com o relatório FOCUS do Banco Central do Brasil, do dia 02 de junho de 2023, a projeção do IPCA para os anos de 2023, 2024, 2025 e 2026 é de 5,69%, 4,12%, 4% e 4%, respectivamente (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023a).

O IPCA anual impacta nos custos de Operação e Manutenção (O & M), bem como no reajuste da tarifa. Será adotada a média geométrica do IPCA para o período de 2023 a 2026 resultante de 4,4% para os cálculos dos reajustes.

4.4 Premissas para a análise da viabilidade financeira da CE

As premissas consideradas são: a) Unidade consumidora do grupo B1- convencional – residencial – trifásico; b) Microgeração com autoconsumo local e fator de simultaneidade de 52%; c) Despesas com O&M de 1 % ao ano do investimento inicial do SFV; d) Incidência de PIS/ COFINS 4,87% e ICMSS de 20%; e) TMA igual a SELIC de 13,75%; f) Taxas de iluminação pública e bandeiras tarifárias não apreciadas para o custo da energia; g) Redução de produtividade dos módulos FV de 2% no primeiro ano, e 0,5% nos demais; h) Vida útil da planta FV de 25 anos; i) Taxa de iluminação pública e bandeiras tarifárias não consideradas; j) Início da operação da Usina em janeiro de 2024; k) Todo investimento realizado no ano 0; l) Análise do Fluxo de caixa para 25 anos; m) Reajuste da tarifa conforme a previsão do IPCA de 4,4%; n) Investimento do sistema SFV de R\$ 40.000,00.

O fluxo de caixa do projeto é considerado para o período de vida útil com o objetivo de obter a resposta de todas as variáveis de análise financeira. Os investimentos ou *Capital Expenditure* (CAPEX) são os valores necessários para aquisição dos equipamentos e instalação de toda planta. As receitas consideradas são os valores economizados com energia ao longo do ano, calculadas pelo produto da eletricidade gerada ao longo do ano pela tarifa aplicada. O&M representa todos os custos de operação e manutenção da planta ao longo de sua vida útil, e impostos representam as alíquotas de PIS/COFINS e ICMS aplicadas, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Configuração do fluxo de caixa do projeto.

Ano	0	1	2	3	4	...	25
		Receita	Receita	Receita	Receita		Receita
Fluxo de caixa	- Investimentos	- impostos	- impostos	- impostos	- impostos	...	- impostos
		- O&M	- O&M	- O&M	- O&M		- O&M

Fonte: Próprio autor.

A economia alcançada com a energia injetada é referenciada pelo valor total da tarifa de energia. A economia de toda energia consumida no período de simultaneidade é compensada de forma integral, enquanto para a compensada fora desse horário é considerado a TUSD Fio B. A Tabela 5 contém os valores da tarifa e geração referente a uma UF.

Tabela 51 – Tarifas e Geração de eletricidade para a UF.

Ano	Tarifa de Energia da UF (R\$/kWh)	Tarifa de Compensação (R\$/kWh)	Geração anual (kWh/ano)
0	R\$ 0,92	R\$ 0,92	0,00
1	R\$ 0,96	R\$ 0,87	14.379,00
2	R\$ 1,00	R\$ 0,86	14.091,42
3	R\$ 1,05	R\$ 0,85	14.020,96
4	R\$ 1,09	R\$ 0,83	13.950,86
5	R\$ 1,14	R\$ 0,82	13.881,10
6	R\$ 1,19	R\$ 0,86	13.811,70
7	R\$ 1,24	R\$ 0,89	13.742,64
8	R\$ 1,30	R\$ 0,93	13.673,93
9	R\$ 1,36	R\$ 0,97	13.605,56
10	R\$ 1,42	R\$ 1,02	13.537,53
11	R\$ 1,48	R\$ 1,06	13.469,84
12	R\$ 1,54	R\$ 1,11	13.402,49
13	R\$ 1,61	R\$ 1,16	13.335,48
14	R\$ 1,68	R\$ 1,21	13.268,80
15	R\$ 1,76	R\$ 1,26	13.202,46
16	R\$ 1,83	R\$ 1,32	13.136,45
17	R\$ 1,91	R\$ 1,38	13.070,76
18	R\$ 2,00	R\$ 1,44	13.005,41
19	R\$ 2,08	R\$ 1,50	12.940,38
20	R\$ 2,18	R\$ 1,57	12.875,68
21	R\$ 2,27	R\$ 1,63	12.811,30
22	R\$ 2,37	R\$ 1,71	12.747,25
23	R\$ 2,48	R\$ 1,78	12.683,51
24	R\$ 2,59	R\$ 1,86	12.620,09
25	R\$ 2,70	R\$ 1,94	12.556,99

Fonte: Próprio autor.

Na coluna da tarifa de energia aplicada a UF, o valor é de R\$ 0,92 para o ano de 2023, reajustado anualmente com o IPCA para os 25 anos de vida útil previsto para a planta. Na coluna da tarifa de compensação de energia são apresentados os valores de compensação segundo o Artigo 27 da Lei nº 14.300, referentes aos percentuais das componentes tarifárias relativas ao Fio B. Após 2029, aplicou-se o valor de 90% da TUSD Fio B. No tocante à coluna de geração anual, deve-se considerar a degradação dos módulos apresentados na alínea g do item 4.4.

Na Tabela 6 é apresentado o fluxo de caixa da planta FV com os valores referentes à economia obtida com a compensação, utilizando a regra de transição da TUSD Fio B, os valores referentes à economia obtida pela simultaneidade de geração de 52% adotada para o projeto. No fluxo de caixa do projeto, a economia com a energia compensada mediante a regra de transição mais a compensada pela simultaneidade resultou em R\$ 485.504,62. Embora a simultaneidade seja de 52 %, a economia total compensada pela simultaneidade representa 60 % do total em função da não incidência da TUSD Fio B.

Tabela 6 – Fluxo de caixa do investimento para o período analisado para a UF.

Ano	Economia com a compensação	Economia com a simultaneidade	Capex + O&M	Fluxo de caixa
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 40.000,00	-R\$ 40.000,00
1	R\$ 6.007,98	R\$ 7.181,59	-R\$ 417,60	R\$ 12.771,97
2	R\$ 5.835,48	R\$ 7.347,62	-R\$ 435,97	R\$ 12.747,13
3	R\$ 5.699,43	R\$ 7.632,56	-R\$ 455,16	R\$ 12.876,84
4	R\$ 5.577,60	R\$ 7.928,56	-R\$ 475,18	R\$ 13.030,97
5	R\$ 5.470,35	R\$ 8.236,03	-R\$ 496,09	R\$ 13.210,28
6	R\$ 5.701,47	R\$ 8.555,42	-R\$ 517,92	R\$ 13.738,97
7	R\$ 5.870,86	R\$ 8.887,20	-R\$ 540,71	R\$ 14.217,34
8	R\$ 6.104,04	R\$ 9.231,84	-R\$ 564,50	R\$ 14.771,38
9	R\$ 6.334,75	R\$ 9.589,85	-R\$ 589,34	R\$ 15.335,26
10	R\$ 6.627,97	R\$ 9.961,75	-R\$ 615,27	R\$ 15.974,45
11	R\$ 6.853,46	R\$ 10.348,06	-R\$ 642,34	R\$ 16.559,18
12	R\$ 7.140,85	R\$ 10.749,36	-R\$ 670,60	R\$ 17.219,61
13	R\$ 7.425,20	R\$ 11.166,22	-R\$ 700,11	R\$ 17.891,31
14	R\$ 7.706,52	R\$ 11.599,25	-R\$ 730,92	R\$ 18.574,85
15	R\$ 7.984,85	R\$ 12.049,07	-R\$ 763,08	R\$ 19.270,84
16	R\$ 8.323,25	R\$ 12.516,33	-R\$ 796,65	R\$ 20.042,93
17	R\$ 8.658,07	R\$ 13.001,71	-R\$ 831,70	R\$ 20.828,08
18	R\$ 8.989,34	R\$ 13.505,92	-R\$ 868,30	R\$ 21.626,96
19	R\$ 9.317,08	R\$ 14.029,68	-R\$ 906,50	R\$ 22.440,25
20	R\$ 9.703,11	R\$ 14.573,75	-R\$ 946,39	R\$ 23.330,48
21	R\$ 10.023,56	R\$ 15.138,92	-R\$ 988,03	R\$ 24.174,45
22	R\$ 10.462,94	R\$ 15.726,01	-R\$ 1.031,50	R\$ 25.157,44
23	R\$ 10.836,79	R\$ 16.335,86	-R\$ 1.076,89	R\$ 26.095,76

24	R\$ 11.267,22	R\$ 16.969,37	-R\$ 1.124,27	R\$ 27.112,31
25	R\$ 11.693,07	R\$ 17.627,44	-R\$ 1.173,74	R\$ 28.146,77
	R\$ 195.615,23	R\$ 289.889,38	-R\$ 58.358,78	R\$ 427.145,84

Fonte: Próprio autor.

Nas tabelas 7, 8 e 9, respectivamente, são apresentados os fluxos de caixas dos diferentes cenários de adesão à CE (25%, 50% e 100%) do Condomínio.

Tabela 7 – Fluxo de caixa do investimento para o período analisado com adesão de 25 %.

Ano	Economia com a compensação	Economia com a simultaneidade	Capex + O&M	Fluxo de caixa
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 10.020.000,00	-R\$ 10.020.000,00
1	R\$ 1.504.999,82	R\$ 1.798.987,24	-R\$ 104.608,80	R\$ 3.199.378,26
2	R\$ 1.461.787,44	R\$ 1.840.579,83	-R\$ 109.211,59	R\$ 3.193.155,68
3	R\$ 1.427.707,74	R\$ 1.911.957,51	-R\$ 114.016,90	R\$ 3.225.648,36
4	R\$ 1.397.188,75	R\$ 1.986.103,23	-R\$ 119.033,64	R\$ 3.264.258,33
5	R\$ 1.370.321,98	R\$ 2.063.124,31	-R\$ 124.271,12	R\$ 3.309.175,17
6	R\$ 1.428.218,00	R\$ 2.143.132,27	-R\$ 129.739,05	R\$ 3.441.611,22
7	R\$ 1.470.649,36	R\$ 2.226.242,94	-R\$ 135.447,57	R\$ 3.561.444,73
8	R\$ 1.529.062,23	R\$ 2.312.576,64	-R\$ 141.407,26	R\$ 3.700.231,61
9	R\$ 1.586.854,20	R\$ 2.402.258,36	-R\$ 147.629,18	R\$ 3.841.483,38
10	R\$ 1.660.307,56	R\$ 2.495.417,94	-R\$ 154.124,86	R\$ 4.001.600,63
11	R\$ 1.716.790,57	R\$ 2.592.190,25	-R\$ 160.906,36	R\$ 4.148.074,46
12	R\$ 1.788.782,40	R\$ 2.692.715,39	-R\$ 167.986,24	R\$ 4.313.511,55
13	R\$ 1.860.011,39	R\$ 2.797.138,89	-R\$ 175.377,63	R\$ 4.481.772,65
14	R\$ 1.930.483,38	R\$ 2.905.611,94	-R\$ 183.094,25	R\$ 4.653.001,06
15	R\$ 2.000.204,14	R\$ 3.018.291,57	-R\$ 191.150,40	R\$ 4.827.345,31
16	R\$ 2.084.974,70	R\$ 3.135.340,91	-R\$ 199.561,01	R\$ 5.020.754,60
17	R\$ 2.168.847,54	R\$ 3.256.929,43	-R\$ 208.341,70	R\$ 5.217.435,28
18	R\$ 2.251.829,53	R\$ 3.383.233,16	-R\$ 217.508,73	R\$ 5.417.553,96
19	R\$ 2.333.927,49	R\$ 3.514.434,94	-R\$ 227.079,12	R\$ 5.621.283,31
20	R\$ 2.430.629,88	R\$ 3.650.724,73	-R\$ 237.070,60	R\$ 5.844.284,01
21	R\$ 2.510.902,60	R\$ 3.792.299,83	-R\$ 247.501,70	R\$ 6.055.700,72
22	R\$ 2.620.966,39	R\$ 3.939.365,22	-R\$ 258.391,78	R\$ 6.301.939,83
23	R\$ 2.714.616,13	R\$ 4.092.133,80	-R\$ 269.761,02	R\$ 6.536.988,91
24	R\$ 2.822.438,24	R\$ 4.250.826,75	-R\$ 281.630,50	R\$ 6.791.634,49
25	R\$ 2.929.114,27	R\$ 4.415.673,81	-R\$ 294.022,24	R\$ 7.050.765,83
	R\$ 49.001.615,72	R\$ 72.617.290,89	-R\$ 14.618.873,25	R\$ 107.000.033,35

Fonte: Próprio autor.

Tabela 8 – Fluxo de caixa do investimento para o período analisado com adesão de 50 %.

Ano	Economia com a compensação	Economia com a simultaneidade	Capex + O&M	Fluxo de caixa
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 20.040.000,00	-R\$ 20.040.000,00
1	R\$ 3.009.999,64	R\$ 3.597.974,48	-R\$ 209.217,60	R\$ 6.398.756,53
2	R\$ 2.923.574,87	R\$ 3.681.159,66	-R\$ 218.423,17	R\$ 6.386.311,35
3	R\$ 2.855.415,49	R\$ 3.823.915,03	-R\$ 228.033,79	R\$ 6.451.296,72

4	R\$ 2.794.377,50	R\$ 3.972.206,45	-R\$ 238.067,28	R\$ 6.528.516,67
5	R\$ 2.740.643,97	R\$ 4.126.248,62	-R\$ 248.542,24	R\$ 6.618.350,34
6	R\$ 2.856.435,99	R\$ 4.286.264,54	-R\$ 259.478,10	R\$ 6.883.222,43
7	R\$ 2.941.298,71	R\$ 4.452.485,88	-R\$ 270.895,14	R\$ 7.122.889,45
8	R\$ 3.058.124,45	R\$ 4.625.153,28	-R\$ 282.814,52	R\$ 7.400.463,21
9	R\$ 3.173.708,41	R\$ 4.804.516,72	-R\$ 295.258,36	R\$ 7.682.966,77
10	R\$ 3.320.615,11	R\$ 4.990.835,88	-R\$ 308.249,73	R\$ 8.003.201,27
11	R\$ 3.433.581,14	R\$ 5.184.380,50	-R\$ 321.812,72	R\$ 8.296.148,92
12	R\$ 3.577.564,80	R\$ 5.385.430,77	-R\$ 335.972,48	R\$ 8.627.023,10
13	R\$ 3.720.022,79	R\$ 5.594.277,78	-R\$ 350.755,27	R\$ 8.963.545,30
14	R\$ 3.860.966,75	R\$ 5.811.223,87	-R\$ 366.188,50	R\$ 9.306.002,13
15	R\$ 4.000.408,28	R\$ 6.036.583,13	-R\$ 382.300,79	R\$ 9.654.690,62
16	R\$ 4.169.949,39	R\$ 6.270.681,83	-R\$ 399.122,03	R\$ 10.041.509,19
17	R\$ 4.337.695,08	R\$ 6.513.858,87	-R\$ 416.683,40	R\$ 10.434.870,56
18	R\$ 4.503.659,07	R\$ 6.766.466,32	-R\$ 435.017,46	R\$ 10.835.107,92
19	R\$ 4.667.854,97	R\$ 7.028.869,88	-R\$ 454.158,23	R\$ 11.242.566,62
20	R\$ 4.861.259,76	R\$ 7.301.449,45	-R\$ 474.141,20	R\$ 11.688.568,02
21	R\$ 5.021.805,19	R\$ 7.584.599,66	-R\$ 495.003,41	R\$ 12.111.401,44
22	R\$ 5.241.932,79	R\$ 7.878.730,44	-R\$ 516.783,56	R\$ 12.603.879,67
23	R\$ 5.429.232,26	R\$ 8.184.267,60	-R\$ 539.522,03	R\$ 13.073.977,83
24	R\$ 5.644.876,48	R\$ 8.501.653,50	-R\$ 563.261,00	R\$ 13.583.268,98
25	R\$ 5.858.228,53	R\$ 8.831.347,62	-R\$ 588.044,49	R\$ 14.101.531,67
	R\$ 98.003.231,44	R\$ 145.234.581,77	-R\$ 29.237.746,50	R\$ 214.000.066,71

Fonte: Próprio autor.

Tabela 9 – Fluxo de caixa do investimento para o período analisado com adesão de 100%.

Ano	Economia com a compensação	Economia com a simultaneidade	Capex + O&M	Fluxo de caixa
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 40.080.000,00	-R\$ 40.080.000,00
1	R\$ 6.019.999,29	R\$ 7.195.948,97	-R\$ 418.435,20	R\$ 12.797.513,06
2	R\$ 5.847.149,74	R\$ 7.362.319,31	-R\$ 436.846,35	R\$ 12.772.622,71
3	R\$ 5.710.830,97	R\$ 7.647.830,05	-R\$ 456.067,59	R\$ 12.902.593,44
4	R\$ 5.588.754,99	R\$ 7.944.412,90	-R\$ 476.134,56	R\$ 13.057.033,33
5	R\$ 5.481.287,94	R\$ 8.252.497,23	-R\$ 497.084,48	R\$ 13.236.700,69
6	R\$ 5.712.871,99	R\$ 8.572.529,08	-R\$ 518.956,20	R\$ 13.766.444,86
7	R\$ 5.882.597,43	R\$ 8.904.971,76	-R\$ 541.790,27	R\$ 14.245.778,91
8	R\$ 6.116.248,91	R\$ 9.250.306,56	-R\$ 565.629,04	R\$ 14.800.926,42
9	R\$ 6.347.416,81	R\$ 9.609.033,45	-R\$ 590.516,72	R\$ 15.365.933,54
10	R\$ 6.641.230,23	R\$ 9.981.671,77	-R\$ 616.499,46	R\$ 16.006.402,54
11	R\$ 6.867.162,28	R\$ 10.368.761,00	-R\$ 643.625,43	R\$ 16.592.297,84
12	R\$ 7.155.129,60	R\$ 10.770.861,55	-R\$ 671.944,95	R\$ 17.254.046,20
13	R\$ 7.440.045,57	R\$ 11.188.555,56	-R\$ 701.510,53	R\$ 17.927.090,60
14	R\$ 7.721.933,51	R\$ 11.622.447,74	-R\$ 732.377,00	R\$ 18.612.004,25
15	R\$ 8.000.816,56	R\$ 12.073.166,27	-R\$ 764.601,58	R\$ 19.309.381,24
16	R\$ 8.339.898,78	R\$ 12.541.363,65	-R\$ 798.244,05	R\$ 20.083.018,39
17	R\$ 8.675.390,17	R\$ 13.027.717,74	-R\$ 833.366,79	R\$ 20.869.741,11
18	R\$ 9.007.318,14	R\$ 13.532.932,63	-R\$ 870.034,93	R\$ 21.670.215,84
19	R\$ 9.335.709,95	R\$ 14.057.739,76	-R\$ 908.316,47	R\$ 22.485.133,24
20	R\$ 9.722.519,53	R\$ 14.602.898,91	-R\$ 948.282,39	R\$ 23.377.136,04
21	R\$ 10.043.610,38	R\$ 15.169.199,33	-R\$ 990.006,82	R\$ 24.222.802,89

22	R\$ 10.483.865,57	R\$ 15.757.460,88	-R\$ 1.033.567,12	R\$ 25.207.759,33
23	R\$ 10.858.464,51	R\$ 16.368.535,21	-R\$ 1.079.044,07	R\$ 26.147.955,65
24	R\$ 11.289.752,96	R\$ 17.003.307,00	-R\$ 1.126.522,01	R\$ 27.166.537,96
25	R\$ 11.716.457,07	R\$ 17.662.695,25	-R\$ 1.176.088,98	R\$ 28.203.063,34
	R\$ 196.006.462,87	R\$ 290.469.163,54	-R\$ 58.475.493,00	R\$ 428.000.133,42

Fonte: Próprio autor.

As análises dos indicadores financeiros de viabilidade foram realizadas a partir dos fluxos de caixas mensais dos investimentos para cada nível de adesão à CE, e período analisado. Foram utilizadas as regras e definições dos indicadores financeiros apresentados, e os cálculos realizados com auxílio do Microsoft Excel. Os resultados da análise financeira para os diferentes cenários são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Indicadores financeiros obtidos do fluxo de caixa.

Indicador	1 UF	Adesão 25 %	Adesão 50 %	Adesão 100 %
VPL	R\$ 65.550,56	R\$ 16.420.414,52	R\$ 32.840.829,04	R\$ 65.681.658,09
TIR	34%	34%	34%	34%
Payback	3,12 anos	3,12 anos	3,12 anos	3,12 anos

Fonte: Próprio autor.

Como resultado da análise financeira do projeto FV da UF analisada, apresenta-se um *payback* de 3,12 anos e uma TIR de 34% > TMA de 13,75%, indicando que o projeto é mais rentável que o custo de oportunidade do mercado financeiro. O VPL positivo de R\$ 65.550,56 é um indicador que o projeto é viável. Os resultados para os diferentes cenários de adesão à CE (25%, 50% e 100%) para a TIR e *payback* da análise financeira se repetem e o VPL se mantém positivo, indicando a viabilidade para todos os cenários analisados.

5. CONCLUSÃO

No presente artigo foi apresentado um estudo de caso de CE para condomínios como alternativa financeira atrativa para a redução dos custos com eletricidade. A CE colabora na descentralização da matriz elétrica, e quando estruturada em usinas virtuais, atua decisivamente na comercialização da energia dos integrantes. Com o uso da RI é possível o controle de resposta à demanda, contribuindo para o balanço de oferta-demanda de energia na rede de distribuição. É imprescindível a atualização permanente das normas para que o prosumidor participe ativamente do desenvolvimento do mercado de energia.

De acordo com os resultados, o potencial de ganhos da CE do condomínio Residencial Alphaville Ceará I e II possibilita o compartilhamento de toda eletricidade gerada pela CE, atendendo cada UF de acordo com sua necessidade. Para uma UF com consumo médio mensal hipotético de 1.158 kWh, foi projetado uma planta de 9,31 kWp, com 14 módulos FV, com área necessária de 43,5 m², e geração mensal de 1.198 kWh. Os resultados obtidos pela contribuição de cada UF à CE, ao serem extrapolados para os três níveis de adesão à CE (25%, 50% e 100%), atingem montantes de investimentos e área imobilizada equivalentes a grandes plantas FV. Para a CE formada pelo total de UF possíveis a 100% de adesão, verifica-se que a planta FV passa a ter 9.329 kWp, gerando no mês 1.200.647 kWh.

Estruturado em CE, toda geração excedente de uma UF pode ser comercializada entre os membros ou até mesmo para o mercado externo. A análise financeira demonstra viabilidade da planta FV de uma UF e de modo análogo para os níveis de extrapolação realizados, apresentando para todas as análises um VPL positivo, *payback* de 3,12 anos e uma TIR de 34% > TMA adotada de 13,75%. Assim, a inclusão das CE para condomínios no panorama energético caracteriza-se como proposta viável financeiramente, além de contribuir para uma transição energética consciente e sustentável.

REFERÊNCIAS

ALLEN, M. **Finanças Corporativas**. v. 10, 10. ed. [s.l.] AMGH Editora Ltda, 2013.

ANEEL. **Geração Distribuída**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 29 jun. 2022.

ANEEL. **Base de Dados das Tarifas das Distribuidoras de Energia Elétrica**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/basestarifas#!>. Acesso em: 22 jul. 2023.

EPE. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 11 set. 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Expectativas de Mercado 2 de junho de 2023**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/12052023>. Acesso em: 24 jul. 2023a.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxas de juros básicas-Histórico**. 2023b. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 19 jul. 2023.

CANAL SOLAR. **Entendendo a Tarifação do Fio B previsto na lei 14.300**. 2022.

Disponível em: <https://canalsolar.com.br/tarifacao-do-fio-b-previsto-na-lei-14-300/>. Acesso em: 20 jul. 2023.

ENEL. **Tarifas Enel CE, fornecimento em baixa tensão vigência 22/04/2023, fornecimento em baixa tensão vigência 22/04/2023.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: https://www.enel.com.br/pt-ceara/Tarifas_Enel.html. Acesso em: 11 ago. 2023.

IRENA. **Renewables Competitiveness Accelerates, Despite Cost Inflation.** 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/News/pressreleases/2023/Aug/Renewables-Competitiveness-Accelerates-Despite-Cost-Inflation>. Acesso em: 10 set. 2023.

MILLER, W.; SENADEERA, M. Social transition from energy consumers to prosumers: Rethinking the purpose and functionality of eco-feedback technologies. **Sustainable Cities and Society**, [S. l.], v. 35, p. 615–625, 2017. DOI: 10.1016/j.scs.2017.09.009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris.** MMA, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em: 10 set. 2023.

PORTAL SOLAR. **Porque Investir em Energia Solar.** 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/por-que-investir-em-energia-solar>. Acesso em: 10 set. 2023.
PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022.** 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm. Acesso em: 24 maio. 2023.

PVSYST. **PVsys – Photovoltaic Software.** 2023. Disponível em: <https://www.pvsyst.com/>. Acesso em: 25 maio 2023.

RESCOOP.EU. **Save the date for the cVPP and REScoop VPP webinar - REScoop.** 2020. Disponível em: <https://www.rescoop.eu/news-and-events/events/save-the-date-for-the-cvpp-and-rescoop-vpp-webinar>. Acesso em: 26 maio 2023.

RIBEIRO, F. D.; PINHO, A. G.; GOMES, R. A.; DOMINGUES, E. G. A systematic literature review of electricity distribution in smart grid scenarios. **Renewable Energy and Power Quality Journal**, [S. l.], v. 18, p. 122–127, 2020. DOI: 10.24084/repqj18.245.

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. DIRECTIVE (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast. **Official Journal of the European Union**, [S. l.], v. 328, p. 127, 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=en>. Acesso em: 25 set. 2022.

UNITED NATIONS. **Take Action for the Sustainable Development Goals – United Nations Sustainable Development.** 2015. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

VAN SUMMEREN, L. F. M.; WIECZOREK, A. J.; BOMBAERTS, G. J. T.; VERBONG, G. P. J. Community energy meets smart grids: Reviewing goals, structure, and roles in Virtual

Power Plants in Ireland, Belgium and the Netherlands. **Energy Research and Social Science**,
[S. l.], v. 63, 2020. DOI: 10.1016/j.erss.2019.10141