



XI-729 – USINAS FOTOVOLTAICAS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA APLICADAS AO SANEAMENTO AMBIENTAL EM PERNAMBUCO: UM ESTUDO DE CASO DO IMPACTO NOS CUSTOS COM ENERGIA E DESAFIOS EM SUA IMPLEMENTAÇÃO

Renan Fernandes da Silva Torres⁽¹⁾

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestrando em Ciência da Computação/Sistemas Embarcados pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Analista de Saneamento na Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa).

Milton Tavares de Melo Neto⁽¹⁾

Engenheiro Eletricista e Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Analista de Saneamento na Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa).

Jadiel Mendonça de Vasconcelos⁽¹⁾

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). MBA em Gestão e Engenharia de Sistemas Elétricos pelo IPOG. Especialização em Comercialização de Energia Elétrica pelo Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU). Analista de Saneamento na Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa).

Endereço ⁽¹⁾: Av. Cruz Cabugá, 1387 - Santo Amaro - Recife - PE - CEP: 50040-905 - Brasil - Tel: +55 (81) 3412-9731- e-mail: gestaoenergetica@compesa.com.br

RESUMO

Desde 2012, os consumidores brasileiros podem gerar sua própria energia de fontes renováveis e fornecer o excedente à rede elétrica, graças à Resolução normativa ANEEL nº 482/2012. Posteriormente, outras regulamentações, como a RN ANEEL nº 687/2015 e a Lei nº 14.300/2022, aprimoraram as condições para Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD). Em Pernambuco, 4,3% da energia consumida em 2022 pelo setor de saneamento foi proveniente de unidades que adotaram a MMGD. Um estudo de caso em quatro usinas fotovoltaicas mostra desafios na compensação da energia injetada, afetando a economia prevista devido a ajustes nas listas de rateio. Isso destaca a importância da compatibilidade das distribuidoras com a geração distribuída, conforme normativas como a REN ANEEL nº 1.000/2021 e a REN ANEEL nº 1.059/2023.

PALAVRAS-CHAVE: Geração Distribuída, Usina Fotovoltaica, Pernambuco, SCEE, Compensação de Energia.

INTRODUÇÃO

Desde 2012 o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia a partir de fontes renováveis. Pode até mesmo fornecer o excedente gerado de energia para a rede de distribuição local, para futura compensação do consumo de energia. Tudo isso se tornou possível com a Resolução normativa ANEEL nº 482/2012, de 17 de abril de 2012, que estabeleceu as condições gerais para o acesso de Microgeração e da Minigeração Distribuída de Energia Elétrica (MMGD) aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), entre outros (ANEEL 482/2012 e ANEEL 1).

Anos depois surgiram outras Resoluções Normativas (REN) e Leis com aprimoramentos e modificações das regras aplicáveis à MMGD e ao SCEE, como: Resolução Normativa ANEEL nº 687, de 24 de novembro de 2015 e Resoluções Normativas ANEEL nº 786, de 17 de outubro de 2017, que alteram alguns dispositivos da RN 482/2012; Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021, de 7 de dezembro de 2021, que estabelece as regras de prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica, onde aborda questões referente à MMGD e ao SCDE; Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, que institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); e Resolução Normativa ANEEL nº 1.059/2023, de 7 de fevereiro de 2023, que



aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do SCEE.

Hoje, com o cenário da geração distribuída consolidado e amplamente conhecido, não raro, sistemas de geração de energia elétrica são construídos para beneficiar consumidores através do SCEE. Nesse contexto, o setor de saneamento ambiental encontra oportunidades de economia com MMGD, tendo em vista a importância do insumo energia elétrica para o desenvolvimento do setor. Segundo dados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, em 2017 as despesas com energia elétrica dos prestadores de serviço de saneamento participantes do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) atingiram R\$ 5,26 bilhões, com consumo de 12,6 TWh (SNIS e TORRES).

Especificamente em Pernambuco, em 2022 pelo menos 4,3% de toda energia elétrica consumida no estado ocorreu por unidades consumidoras que compõem o saneamento ambiental, sendo este consumo superior a 178 municípios dos 184 existentes naquele estado. No referido ano, o consumo total de energia foi de pelo menos 607.8 GWh, com custo anual acima de R\$ 340 milhões (TORRES). Portanto, investimentos em microgeração e minigeração distribuída de energia elétrica para beneficiar unidades consumidoras do setor de saneamento ambiental através do sistema de compensação de energia elétrica são excelentes iniciativas para redução dos custos com energia elétrica.

O presente trabalho contém estudos realizados em quatro usinas fotovoltaicas (UFV): UFV Perijucã, UFV Flores II, UFV Flores VII, UFV Flores VIII, conforme Tabela 1. As usinas compõem o SCEE e a compensação da energia injetada por cada usina é regida pela REN 1.059/2023 Seção III – “Faturamento de unidades consumidoras do SCEE”. Tais usinas se enquadram como Geração Distribuída – Tipo I (GD I), que são os projetos que gozam do direito líquido, ou seja, foram protocolados até 07 de janeiro de 2023. O estudo analisou a compensação da energia injetada pelas usinas, com foco na economia líquida dos empreendimentos. O comportamento da economia foi analisado entre setembro de 2022 e abril de 2024 para a UFVs Flores II, VII e VIII e entre novembro de 2021 e abril de 2024 para a UFV Perijucã.

O desenvolvimento deste trabalho contou com o incentivo e participação da Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso desenvolvido realiza uma análise quantitativa dos dados históricos de geração de energia elétrica através de usinas fotovoltaicas utilizadas como geração distribuída para benefício de unidades consumidoras de sistemas de saneamento ambiental em Pernambuco.

Dados mensais de energia injetada na rede e energia compensada através dos créditos de energia nas unidades consumidoras foram utilizados para avaliar a efetividade da compensação da energia injetada pelas usinas e o impacto desta compensação na economia mensal. Com isso, foi possível identificar os fatores que levaram a valores de economia divergentes do planejado.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Os dados de injeção de energia ao longo dos meses, estratificados por usina, bem como os dados de compensação de energia, são apresentados a seguir. Das quatro usinas, a saber: UFV Flores II, UFV Flores VII, UFV Flores VIII e UFV Perijucã, as três primeiras tiveram sua operação iniciada em 29 de junho de 2022, com dados de compensação de energia a partir de setembro do mesmo ano. Já Perijucã está em operação desde 19 de maio de 2021, com dados de compensação a partir de novembro de 2021. Na Tabela 1 a seguir são apresentados dados gerais de cada usina. As usinas Flores II, VII e VIII são arrendadas através de contrato e a usina de Perijucã é própria. Essa informação é relevante para o cálculo de economia para cada usina.

Como é observado na tabela anterior, todas as usinas têm geração mensal média inferior ao consumo das unidades beneficiadas pelo SCEE. As quatro usinas possuem lista de rateio por percentual. Na lista de rateio por percentual, toda energia injetada pela usina na rede elétrica é partilhada entre as unidades consumidoras integrantes da lista de rateio da usina de acordo com os percentuais definidos e protocolados junto à distribuidora. O percentual de compensação para cada unidade consumidora foi definido de acordo com o

consumo médio da unidade, sendo o valor médio mensal dos créditos recebidos inferior ao consumo médio da unidade, de forma a evitar o acúmulo de créditos. Assim, toda energia injetada é consumida. Porém, nas Figuras 1, 2, 3 e 4 a seguir são apresentados dados históricos de injeção e compensação de energia por usina que contradizem as expectativas.

Tabela 1: Características Gerais de cada usina.

Usina Fotovoltaica	Potência Total dos Módulos (CC) (kWp)	Potência Total dos Inversores (CA) (kW)	Geração Média (MWh/mês)	Quantidade de Unidades Consumidoras Beneficiadas	Consumo Total das Unidades Consumidoras Beneficiadas (MWh/mês)
UFV Perijucã	75	72	8,3	2	8,5
UFV Flores II	373	300	50	23	64
UFV Flores VII	373	300	50	9	67,5
UFV Flores VIII	373	300	50	21	80

A curva em azul representa a evolução da energia injetada pela usina na rede da concessionária ao longo dos meses. Em laranja está a energia compensada e as barras em amarelo determinam a economia mensal. Para as UFVs Flores II, VII e VIII a economia é calculada conforme equação (I), sendo a equação (II) utilizada para o cálculo de economia da UFV Perijucã.

$$(I) \quad E = E_C - A - E_R$$

$$(II) \quad E = E_C - E_R$$

E – Economia

E_C – Custo com energia para abastecimento das unidades consumidoras caso não houvesse GD

A – Valor referente ao contrato de arrendamento e gestão da usina

E_R – Custo com a energia consumida acima do valor compensado pelo SCEE



UFV FLORES II

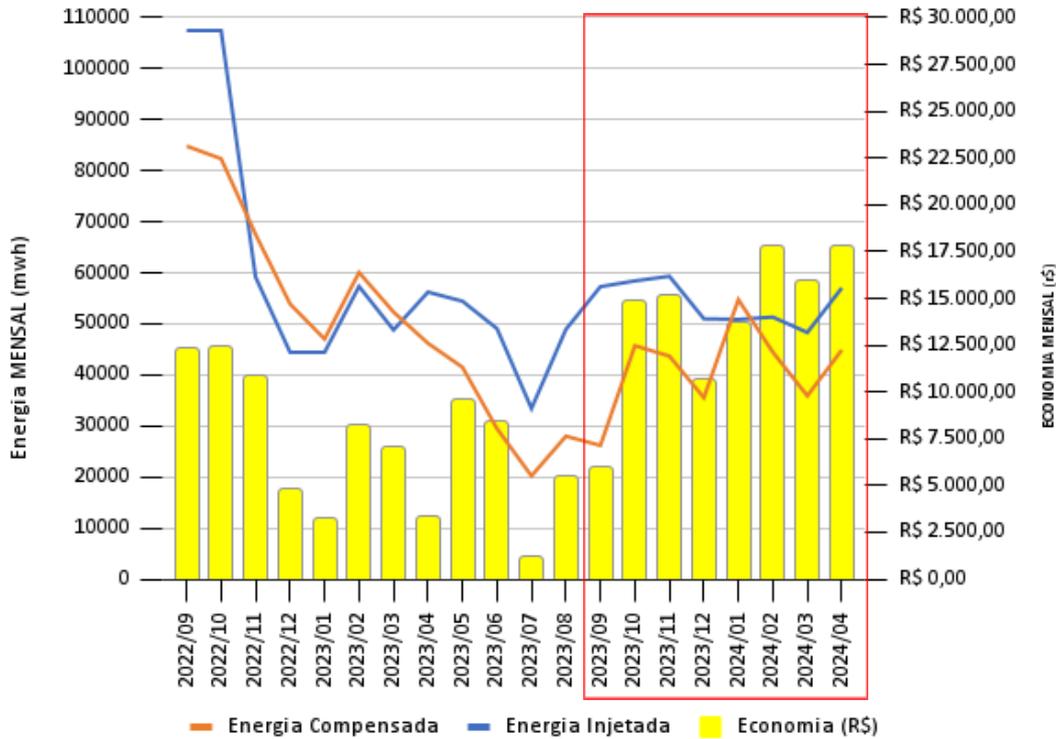


Figura 1: Evolução da Energia Injetada, Energia Compensada e Economia Mensal da UFV Flores II

UFV FLORES VII

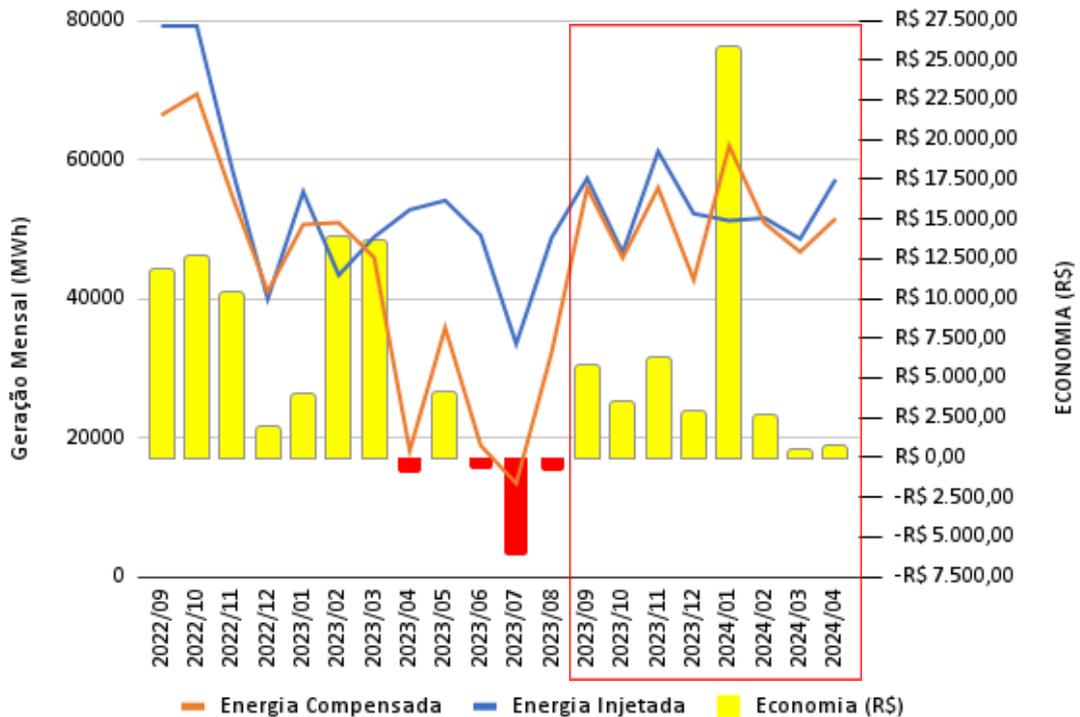


Figura 2: Evolução da Energia Injetada, Energia Compensada e Economia Mensal da UFV Flores VII.

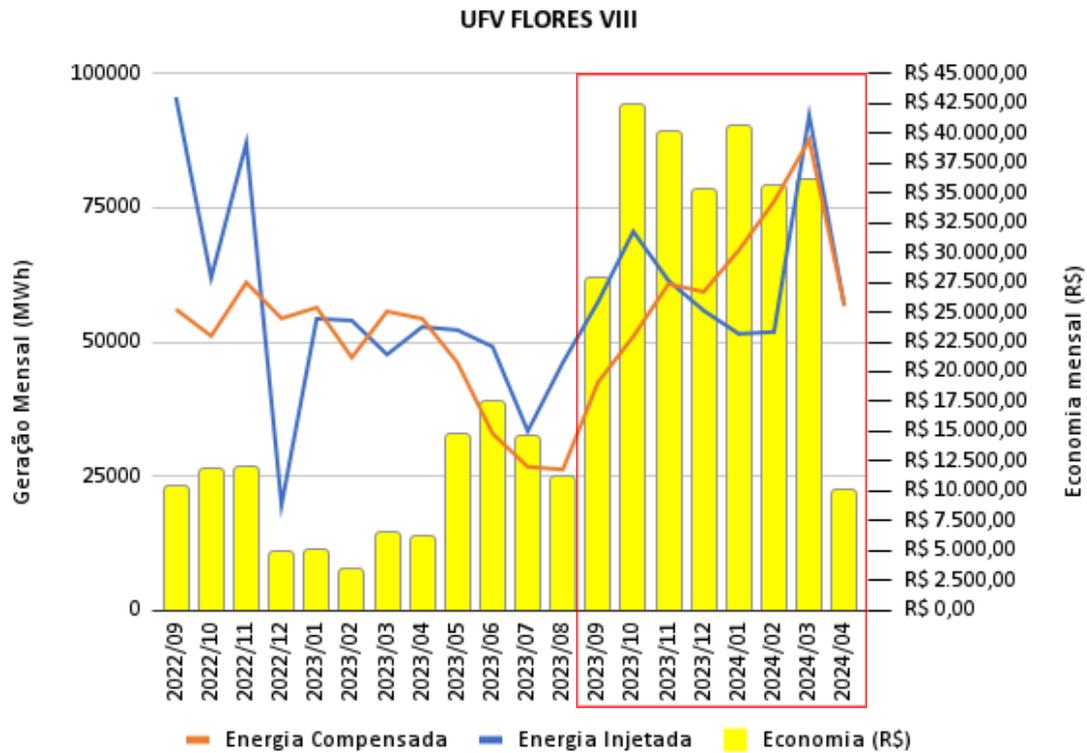


Figura 3: Evolução da Energia Injetada, Energia Compensada e Economia Mensal da UFV Flores VIII.

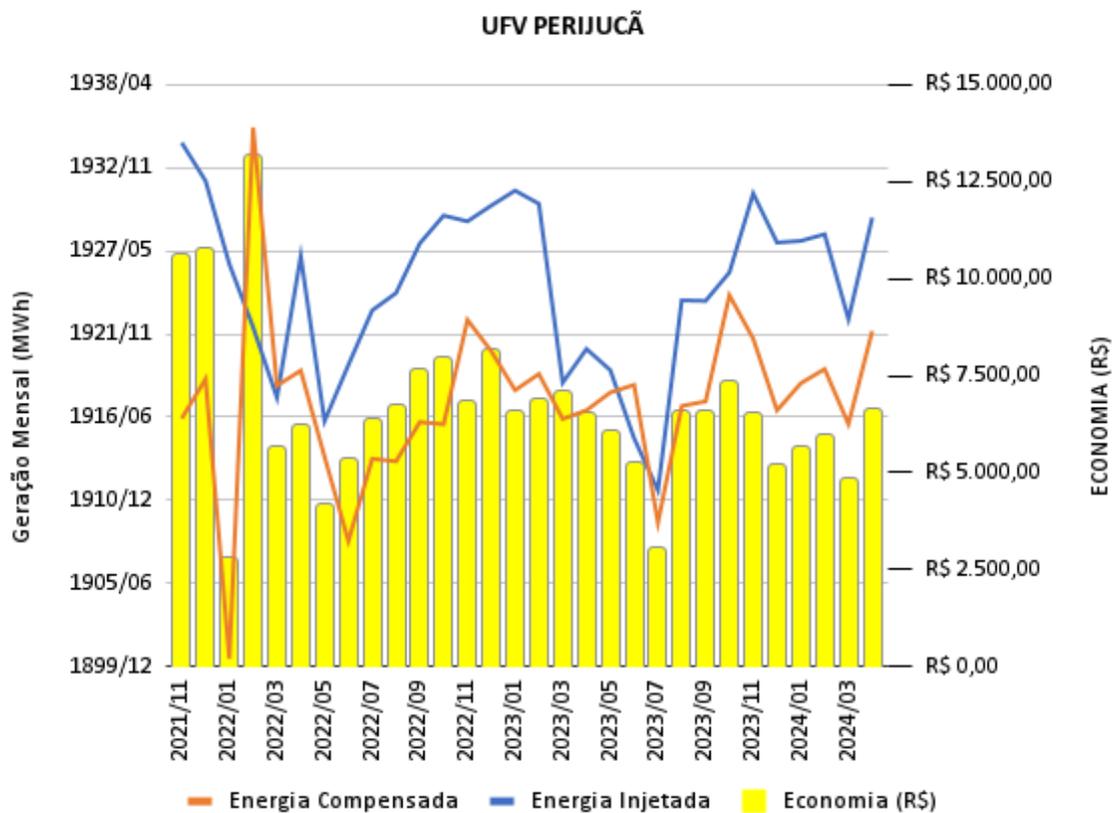


Figura 4: Evolução da Energia Injetada, Energia Compensada e Economia Mensal da UFV Perijucá.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foi analisado o histórico de compensação, tendo como referência o histórico de injeção. As prováveis causas da baixa eficiência podem ser apontadas. Nos gráficos das UFVs Flores II, VII e VIII é fácil observar que a economia nos três primeiros ciclos é substancialmente superior à economia nos meses seguintes. Isso se deve ao período de testes em que a demanda contratada pela usina não foi faturada pela distribuidora de energia. Nos meses seguintes, as curvas de energia injetada e compensada se mantêm próximas até o mês 03/2023 para as UFVs Flores II e VII e o mês 04/2023 para a UFV Flores VIII. No mês 03/2023 novas listas de rateio foram protocoladas junto à distribuidora para as três UFVs. Como consequência disso, nos ciclos seguintes os créditos de energia passaram a não ser mais incluídos integralmente nas faturas de energia das unidades consumidoras integrantes do SCEE, o que se refletiu na energia compensada. Observa-se nos gráficos das UFVs Flores II, VII e VIII que, a partir de 03/2023, a curva de energia compensada (laranja) se afasta da curva de energia injetada, mantendo-se bem abaixo dessa a partir de então. Isso sinaliza que parte da energia injetada não foi disponibilizada para compensação nas faturas das unidades consumidoras presentes nos rateios das usinas.

Tabela 2: Energia injetada e compensada por usina nos primeiros 12 meses de operação.

Usina Fotovoltaica	Energia Injetada Total (MWh/ano)	Energia Compensada Total (MWh/ano)	Crédito Acumulado (MWh/ano)	Economia Total (R\$)
UFV Flores II	711	613	98	86.900
UFV Flores VII	642	497	145	63.480
UFV Flores VIII	653	568	85	118.400

De acordo com o Relatório Resumo de Faturamento, Demonstrativo de Minigeração Distribuída e as Faturas de Energia das unidades consumidoras integrantes do SCEE dessas três usinas, foi possível obter o valor total de energia injetada, compensada e economia para cada usina no período de 09/2022 a 04/2024.

Como pode ser observado na tabela acima, parte da energia injetada na rede da distribuidora não foi devidamente compensada, percentual que chegou a 22% na UFV Flores. Este fato fica melhor evidenciado na Figura 2, onde é possível verificar que a usina não gerou economia para as unidades consumidoras em quatro meses: 04, 06, 07 e 08/2023, sendo deficitária nesse período. De forma a mitigar a baixa compensação de energia observada a partir de março de 2023, foi protocolado junto à distribuidora de energia uma reclamação formal em agosto de 2023. Como consequência, pode ser observado nas Figuras 2, 3 e 4 que a partir de setembro de 2023 (retângulo vermelho) as curvas de energia injetada e compensada se aproximam, bem como as economias líquidas (colunas amarelas) aumentaram. Para a UFV Flores VII, apesar das curvas de energia estarem mais próximas a partir de setembro de 2023, o comportamento da economia foi bastante oscilatório. A economia retorna a patamares positivos a partir de setembro e atinge seu pico em janeiro de 2024, mês em que houve um acumulado da economia de janeiro mais alguns valores que tinham sido suprimidos nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro devido à ausência da entrega de algumas faturas de energia por parte da distribuidora. Deste mês em diante, a economia volta a valores baixos, desta feita devido a algumas unidades consumidoras participantes do SCEE que tiveram sua modalidade tarifária alterada de BT Optante para Tarifa Horossazonal Azul, conforme previsto na REN 1059/2023.

Dentre as razões observadas para a problemática na compensação dos créditos de energia, pode-se destacar que o principal motivo foi a alteração das listas de rateios das UFVs Flores II, VII e VIII em março de 2023. A partir desta ação, observou-se uma redução da energia compensada nas unidades participantes do SCEE. Tal comportamento permaneceu até a reclamação formal junto à ouvidoria da distribuidora de energia. Como parâmetro de comparação, na Figura 4 é observada a UFV Perijucã, unidade que não teve lista de rateio alterada no período e cuja compensação de energia e economia líquida não sofreram alterações bruscas ao longo do período observado. Isso corrobora com o motivo apontado.



CONCLUSÕES

Ações de mitigação dos gastos com energia são essenciais hoje em dia para o equilíbrio e saúde financeira nos mais diversos setores econômicos, entre eles o saneamento ambiental. Por conta disso, são cada vez mais populares investimentos em projetos de geração de energia, entre eles a geração distribuída.

Pernambuco, por suas características naturais, gasta pelo menos 4,3% de toda a energia consumida no estado nos sistemas de saneamento básico, que envolvem a captação, tratamento e distribuição de água e a coleta, tratamento e destino dos resíduos de esgoto. Por conta disso, ações que visem redução de gastos com energia são essenciais.

Para tanto, investimentos em geração distribuída foram realizados e os resultados obtidos apontam para um cenário delicado. Devido à não compensação adequada dos créditos de energia gerados pelas usinas, os empreendimentos tiveram sua efetividade comprometida, com meses deficitários. Isso aponta para a necessidade das distribuidoras se estruturarem adequadamente para atender aos clientes com empreendimentos em geração distribuída. Através de Resoluções já bastante difundidas, como a Resolução Normativa ANEEL 1000/2021 e 1059/2023, a geração distribuída precisa ter seus processos e procedimentos junto às distribuidoras compatíveis com a importância que essa iniciativa possui junto ao setor elétrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANEEL 1. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída de energia elétrica aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), entre outros. Brasília, DF, 2012.
2. ANEEL 2. **Geração Distribuída**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 17 mai. 2024.
3. SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (COMP.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2017**. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso em: 30 mai. 2024.
4. TORRES, R, F, S, T. **A Qualidade de Energia no Contexto do Saneamento Ambiental**. São Luís-M. XV CBQEE. 2023.