

O MERCADO DE ENERGIA EM RELAÇÃO A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E A COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA NO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE

Nicholas Henrique Catharino Taques¹
Anderson Borges²

RESUMO

Esse trabalho de conclusão de curso trata sobre a geração de energia fotovoltaica, seu crescimento e sua comercialização, tendo como principal objetivo apresentar um comparativo entre a “comercialização de energia elétrica na Geração Distribuída” e no Ambiente de Contratação Livre. Assim, foram utilizadas reportagens e informações fornecidas pelo Governo Federal, Governo Estadual de Santa Catarina, pela CELESC e das principais empresas que atuam no setor de comercialização de energia elétrica. Com base nas fórmulas disponíveis para dimensionamento de usina, foi possível chegar ao resultado final do comparativo dos valores de comercialização de energia nos dois ambientes.

Palavras-chave: Geração, Comercialização, Energia, Elétrica.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica tem aumentado muito nas últimas décadas e isso pode ser claramente notado quando comparamos a quantidade de usinas hidrelétricas que existem com as que existiam há 20 anos. Ao todo, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, em janeiro de 2022 no Brasil existiam 1383 usinas hidrelétricas, sendo 219 de grande porte (UHEs), 425 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e 739 centrais geradoras hidrelétricas (CGHs), (Brasil, 2022).

Esse aumento no consumo de energia elétrica se dá pela elevada quantidade de indústrias no país, que utilizam máquinas de grande porte à base de energia elétrica, além da maior dependência que o ser humano tem de utilizar equipamentos elétricos, como ar condicionado, chuveiros elétricos, carros elétricos, celulares, televisores, lâmpadas de iluminação, dentre outros produtos dependentes de eletricidade para o seu funcionamento (Empresa De Pesquisa Energética, 2023).

Atrelando essas informações ao fato de que a geração de energia depende das condições climáticas, há a necessidade de controlar esses gastos de energia para, em caso de as condições de geração não serem favoráveis, não haver a necessidade de racionar o consumo de energia e também reduzir a produção de energia a partir das termoelétricas, as quais acabam encarecendo o custo da energia. Com isso, os órgãos competentes coordenam os valores de energia. Quanto

¹ Graduando (a) em Engenharia Elétrica (UCEFF, 2023). E-mail: ncatarinot@gmail.com.

² Docente da UCEFF. E-mail: anderson.borges@uceff.edu.br.

melhores as condições de geração, mais acessível o preço da energia e quanto menos favoráveis as condições de geração, mais elevado o valor da energia. (Ecen, 2023).

Visto que a demanda pela energia elétrica vem aumentando e a oferta por ela depende das condições de geração, um método alternativo de geração para consumo próprio foi desenvolvido e tem sido muito eficiente. Trata-se da Geração Distribuída, (ANEEL, 2012).

Em 17 de abril de 2012 entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº482/2012, onde o consumidor brasileiro passou a poder gerar a sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou da cogeração qualificada. Para favorecer esse sistema, foi criada a compensação energética, onde caso a energia gerada fosse maior que a energia consumida no mês, era possível que essa energia excedente fosse injetada na rede elétrica e reavida em um prazo de até 60 meses, sem nenhum custo adicional.

Assim, a concessionária estava atuando na forma de um banco de energia, cedendo todo o sistema elétrico para o usuário e bancando sozinha com o custo total do processo. Dessa forma, houve a necessidade de modificar as leis existentes referentes ao setor da minigeração e microgeração distribuída. Assim, foi criada a lei nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022, a qual “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); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências”, (Presidência Da República, 2022).

Com a criação dessa Lei, passa a ser cobrada uma taxa sobre a energia injetada na rede elétrica, taxa essa cobrada por kw/h injetado na rede, que pode ser considerado como um valor pelo uso do sistema para armazenamento da energia excedente que foi gerado na GD.

Então, foi gerada a dúvida que motivou a elaboração desse trabalho. Qual a reação do mercado com a criação da Lei nº14.300? O crescimento da GD continuaria acontecendo, seguiria estável ou diminuiria o interesse por esse mercado? Dessa forma, o objetivo desse trabalho de conclusão de curso é se basear em dados do mercado de geração distribuída anteriores e posteriores à elaboração da Lei nº14.300, para comparar os cenários e com os resultados obtidos gerar um resultado final sobre a perspectiva do mercado. Esse assunto se torna importante pois essa forma de geração de energia além de ter movimentado significativamente o mercado nacional de energia em termos financeiros, tem sido uma importante forma de auxiliar na geração para que não houvesse a dependência somente das outras formas de geração, (Dados De Estudo, 2023).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O fornecimento de energia elétrica é considerado um dos serviços públicos com caráter essencial para a sociedade. Com isso, ele deve se dar de forma adequada, suficiente, segura e contínua, como disposto no artigo 22 do Código de Defesa do Consumidor (Energia Elétrica, 2023, p. 1)

Para garantir a qualidade e eficiência do serviço, são fundamentais as Leis elaboradas que regem o fornecimento de energia elétrica. Com a reformulação do sistema de energia elétrica e a criação da GD, foram desenvolvidas novas Leis para que garantissem a qualidade do fornecimento de energia e que obedecessem ao Código de Defesa do Consumidor (Energia Elétrica, 2023, p. 1)

2.1 LEIS REFERENTES AO SETOR ENERGÉTICO

Em 15 de março de 2004 foram convertidas em Leis as medidas provisórias que diziam respeito ao Sistema Elétrico. Entre elas, a Lei 10.848, a qual autorizou a criação da Empresa de Pesquisa Energética, EPE. Outra medida provisória que foi convertida em Lei foi a Lei 10.848, a qual trata sobre o desenho de comercialização de energia elétrica (Ecen, 2012)

2.1.1 Lei 10.848, de 15 de março de 2004

Essa Lei dispõe sobre as regras para a comercialização de energia elétrica entre as concessionárias, permissionárias e as autorizadas de serviços relacionados à energia e instalações elétricas. Assim, todas concessionárias, permissionárias e autorizadas conectadas ao Sistema Interligado Nacional, SIN, possuem a obrigação de suprir a demanda de seu mercado, através de licitações e contratações reguladas (Planalto, 2004).

Nessa mesma Lei, foi autorizada a criação da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, CCEE, a qual é uma pessoa jurídica, sem fins lucrativos, que possui a função de viabilizar a comercialização de energia elétrica (ANEEL, 2022). Além disso, ficou permitido às concessionárias e autorizadas de geração realizarem compra e venda de energia elétrica para entrega futura, mediante a autorização e regulamentação do Poder Concedente (ECEN, 2012). Dessa forma, é possível visualizar que essa Lei já facilitou o processo de compra e venda de energia.

2.1.2 Resolução normativa ANEEL nº482/2012

Em 17 de abril de 2012 entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº482/2012, que permitiu que o consumidor brasileiro pudesse gerar a sua própria energia elétrica a partir da cogeração qualificada ou de fontes renováveis. Essa resolução tornou possível de a unidade geradora fornecer a energia excedente para a rede de distribuição local, gerando créditos que pudessem ser compensados posteriormente. Assim se deu início a micro e mini geração distribuídas de energia elétrica (ANEEL, 2012).

As regras aplicáveis a essa forma de geração foram alteradas pela ANEEL com as Resoluções Normativas nº687, de 24 de novembro de 2015, e nº786, de 17 de outubro de 2017, onde foram impostos novos limites de potência instalada para cada classe e suas modalidades de participação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica, SCEE (ANEEL, 2022).

2.1.3 Lei 14.300, de 06 de Janeiro de 2022

Sancionada pelo presidente Jair Bolsonaro, essa Lei institui o marco legal da micro e minigeração de energia. Tais modalidades permitem que consumidores produzam a própria energia através de fontes renováveis (Senado Federal, 2022). Assim, as unidades consumidoras já existentes e as que solicitassem acesso na distribuidora no ano de 2022, teriam por mais 25 anos os benefícios concedidos na época pela ANEEL por meio do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, SCEE (Senado Federal, 2022).

A principal novidade foi que a Lei 14.300 passou a fazer com que a unidade consumidora e geradora pagasse os custos de distribuição quando utilizar a energia disponibilizada pela rede elétrica, algo que até então não era pago (ANEEL, 2022).

2.2 MINI E MICRO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Pode ser considerada uma microgeração distribuída a energia elétrica gerada em uma central geradora com potência instalada menor ou igual a 75kW (setenta e cinco quilowatts) e que utilize ou a cogeração qualificada, com base na regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica que são conectadas na rede de distribuição através de instalações oriundas das próprias unidades consumidoras (ANEEL, 2022).

A minigeração distribuída diz respeito à central geradora que gera energia elétrica da mesma forma que na minigeração, obedecendo aos mesmos critérios exigidos pela ANEEL, porém possui mais de 75kW (setenta e cinco quilowatts) de potência instalada e menor ou igual a 5MW (cinco megawatts), tendo também a conexão na rede elétrica oriunda da instalação na

unidade consumidora (CELESC, 2022).

2.3 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (SCEE)

O Sistema de Compensação de Energia Elétrica é um sistema onde a rede da distribuidora local recebe a energia ativa injetada pela unidade consumidora. Essa energia é recebida a título de empréstimo e posteriormente é compensada com o consumo de energia elétrica ativa ou contabilizada como crédito de energia às unidades consumidoras que estão inclusas nesse sistema, possuindo a mesma titularidade da conta de energia do proprietário da unidade geradora (Energia Hoje, 2023).

2.4 COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com o Decreto nº5.163, de 30 de julho de 2004, a comercialização de energia elétrica no Brasil pode acontecer de duas maneiras, no Ambiente de Contratação Regulado (ACR) ou no Ambiente de Contratação Livre (ACL). No ACR, participam agentes de geração e distribuição de energia elétrica. Já no ACL, participam agentes de geração, comercialização, importadores e exportadores de energia, além dos consumidores livres (Câmara De Comercialização De Energia Elétrica, 2023).

No ACR, as distribuidoras de energia adquirem a energia elétrica através de leilões públicos que são ofertados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e operacionalizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), com o objetivo de atender os consumidores cativos (Câmara De Comercialização De Energia Elétrica, 2023).

No ACL, os agentes geradores de energia elétrica podem negociar livremente com os consumidores livres, respeitando a regulamentação do setor, por meio de contratos bilaterais firmados entre as partes. Assim, o consumidor livre de energia obtém um maior poder de escolha e pode comprar energia alternativamente à oferta da concessionária de sua região (Câmara De Comercialização De Energia Elétrica, 2023).

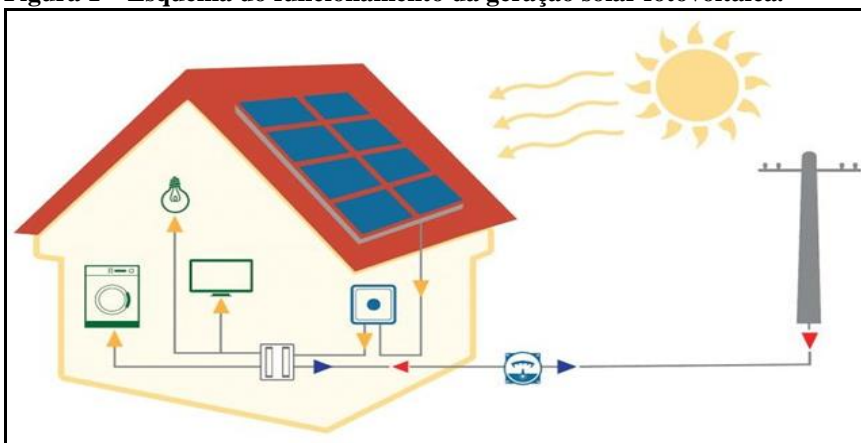
O trâmite de compra e venda de energia elétrica são regidos pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), onde a CCEE é responsável por registrar e contabilizar a compra e venda de energia elétrica, a ANEEL é responsável por ceder as regulamentações que devem ser seguidas para o registro e contabilização das compras e

vendas e também para a operação do sistema de energia. Já para o ONS, cabe a coordenação e o controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (Câmara De Comercialização De Energia Elétrica, 2023).

2.5 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

A geração de energia fotovoltaica é a geração de energia elétrica através do aproveitamento da incidência da luz solar. A forma mais comum dessa geração se dá através dos módulos de placas fotovoltaicas. Esses módulos aproveitam os fótons da luz solar para converter essa incidência em corrente contínua. Essa corrente passa por um inversor, que tem a função de converter a corrente contínua em corrente alternada, tornando-a apta para o consumo final (Absolar, 2023). Na Figura 1 é possível perceber o funcionamento dessa geração.

Figura 1 – Esquema do funcionamento da geração solar fotovoltaica.



Fonte: Absolar (2023).

Com base na Figura 1, é possível notar como se dá o esquema de funcionamento da geração solar fotovoltaica, observando a incidência da luz solar nos módulos fotovoltaicos, a conversão da corrente contínua em corrente alternada pelo inversor e, na sequência, a utilização dessa eletricidade nos equipamentos domésticos.

2.6 MERCADO ANTERIOR À 2023

Para o desenvolvimento dessa seção, foram analisadas as informações referentes ao balanço energético nacional a partir do ano de 2017.

2.6.1 Geração Distribuída 2017

A fonte de geração destaque foi a solar fotovoltaica, com uma geração de 165,87GWh e uma potência instalada de 174,5MWh. Já os valores de geração e de potência instalada nesse ano atingiu um valor total de 359,15GWh e 246,1MW, respectivamente (Balanço Energético Nacional, 2018). Com a Tabela 1, é possível analisar qual os valores de potência instalada por região no ano de 2017.

Tabela 1 – Potência Instalada por Região em 2017.

REGIÃO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)
NORTE	5,7
SUL	56,4
CENTRO OESTE	25,2
SUDESTE	113,6
NORDESTE	45,2

Fonte: Adaptado de BNA (2018).

Observando a Tabela 1, percebe-se que a região Sudeste obteve destaque perante as outras regiões na quantidade de potência instalada.

2.6.2 Geração Distribuída 2018

A GD atingiu 828GWh de geração com uma potência instalada de 670MWh. Esse crescimento em relação ao ano de 2017 se deu devido aos incentivos dados pelas ações regulatórias, como a possibilidade de compensação de energia excedente em sistema de menores portes. A fonte solar fotovoltaica também foi destaque, obtendo um ganho expressivo, gerando 526GWh com uma potência instalada de 562MW (Balanço Energético Nacional, 2019). Na seguinte tabela percebe-se que a região Sudeste continua sendo a líder em potência instalada, porém comparada com a Tabela 2, a região Sul foi a que teve um maior crescimento, de 342% na capacidade instalada.

Tabela 2 – Potência Instalada por Região em 2018.

REGIÃO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)
NORTE	19
SUL	193
CENTRO OESTE	79
SUDESTE	267
NORDESTE	111

Fonte: Adaptado de BNA (2019).

Na Tabela 2 percebe-se que a região Sudeste continua sendo a líder em potência

instalada, porém comparada com a Tabela 1, a região Sul foi a que teve um maior crescimento, de 342% na capacidade instalada.

2.6.3 Geração Distribuída 2019

Em 2019, a GD atingiu 2.226GWh com uma potência instalada de 2.162MW. A fonte solar fotovoltaica seguiu sendo destaque, com 1.659GWh e 1.992MW de geração e potência instalada respectivamente (Balanço Energético Nacional, 2020).

Com a Tabela 3 é possível notar a divisão da potência instalada no ano de 2019 por região.

Tabela 3 – Potência Instalada por Região em 2019.

REGIÃO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)
NORTE	68
SUL	630
CENTRO OESTE	315
SUDESTE	800
NORDESTE	349

Fonte: Adaptado de BNA (2020).

Nesse ano, a região Sudeste seguiu liderando o cenário nacional em quantidade de MW instalados. Porém, a região que teve um maior crescimento foi o centro-oeste, registrando um aumento de 399% de potência instalada, como pode ser notado na Tabela 3.

2.6.4 Geração Distribuída 2020

Em 2020 a micro e mini geração distribuída atingiu uma geração de 5.269GWh com uma potência instalada de 4.768MW. A fonte solar fotovoltaica gerou 4.764GWh e obteve uma potência instalada de 4.635MW. (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2021).

Com a Tabela 4 é possível notar a divisão da potência instalada no ano de 2019 por região.

Tabela 4 – Potência Instalada por Região em 2020.

REGIÃO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)
NORTE	239
SUL	1.099
CENTRO OESTE	817
SUDESTE	1.739
NORDESTE	874

Fonte: Adaptado de BNA (2021).

Na Tabela 4, é possível notar que a região Sudeste seguiu sendo a região com maior carga instalada e o Norte foi a que teve um maior crescimento perante as demais regiões, registrando um aumento na potência instalada de 351%.

2.6.5 Geração Distribuída 2021

A GD atingiu uma geração de 9.810GWh com uma potência instalada de 8.965MW. Mais uma vez, o destaque foi para a fonte solar fotovoltaica, com 9.019GWh e 8.771 MW de geração e potência instalada, respectivamente (Balanço Energético Nacional,2022). Com a Tabela 5 é possível notar a divisão da potência instalada no ano de 2019 por região.

Tabela 5 – Potência Instalada por Região em 2021.

REGIÃO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)
NORTE	548
SUL	2.011
CENTRO OESTE	1.439
SUDESTE	3.223
NORDESTE	1.744

Fonte: Adaptado de BNA (2022).

A região Sudeste seguiu sendo destaque em carga instalada e a região norte em crescimento, registrando nesse ano um aumento de 229% na potência instalada, como mostra a Tabela 5.

2.6.6 Geração Distribuída 2022

Em 2022, a micro e minigeração distribuída atingiu uma geração de 18.423GWh com uma potência instalada de 17.325MW. O destaque desse ano seguiu sendo a energia solar fotovoltaica, com 17.378GWh e 17.006MW de geração e potência instalada, respectivamente. (Balanço Energético Nacional, 2023). Com a Tabela 6 é possível notar a divisão da potência instalada no ano de 2019 por região.

Tabela 6 – Potência Instalada por Região em 2022.

REGIÃO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)
NORTE	1.063
SUL	4.450
CENTRO OESTE	2.564
SUDESTE	5.837

NORDESTE	3.410
----------	-------

Fonte: Adaptado de BNA (2023).

Na tabela 6 é possível notar que, em 2022, a região sudeste seguiu líder em carga instalada e a região sul foi a que teve um maior crescimento, registrando um aumento de 221% em relação ao ano de 2021.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

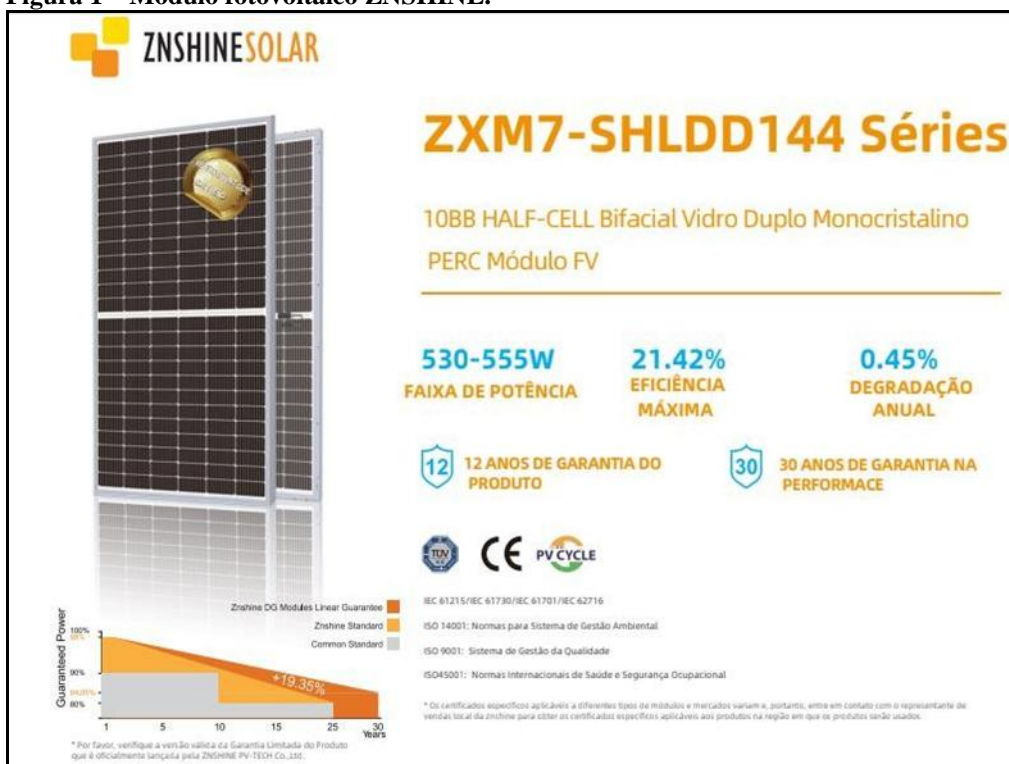
A pesquisa, análise e concatenação dos dados contidos nesse artigo foi realizada em um período de 4 meses, entre agosto e novembro de 2023. Para a elaboração da Fundamentação Teórica, os dados referentes às Leis citadas foram retirados diretamente das publicações do Governo em seu *site*. Já as informações referentes à micro e mini geração distribuída, ao sistema de compensação de energia elétrica e à geração fotovoltaica, foram retiradas de diferentes sítios na internet, os quais são fontes confiáveis e possuem veracidade confirmada. Para redigir o tópico 2.6, foram retiradas as informações fornecidas pelo Governo Federal no site da Empresa de Pesquisa Energética, EPE.

Para os cálculos referentes à usina fotovoltaica, os valores de tributos foram retirados do *site* dos governos, os quais são cobrados pelo Governo Federal e Estadual de Santa Catarina.

Os valores de irradiação solar foram utilizados com base nos dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica, CRESEB.

Já os valores técnicos dos módulos fotovoltaicos foram fornecidos pela própria fabricante em seu datasheet. Os módulos fotovoltaicos utilizados foram da *Znshine* Solar, devido serem placas solares fornecidas pela empresa em que o autor do artigo estagiou. Com isso, a veracidade dos dados seria facilmente comprovada, além de haver uma maior facilidade na busca dos dados necessários.

Figura 1 – Módulo fotovoltaico ZNSHINE.



Fonte: Datasheet fornecido pela fabricante (2023).

Dessa forma, foi considerada uma usina solar hipotética, na região oeste de Santa Catarina, com 1MW de potência instalada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

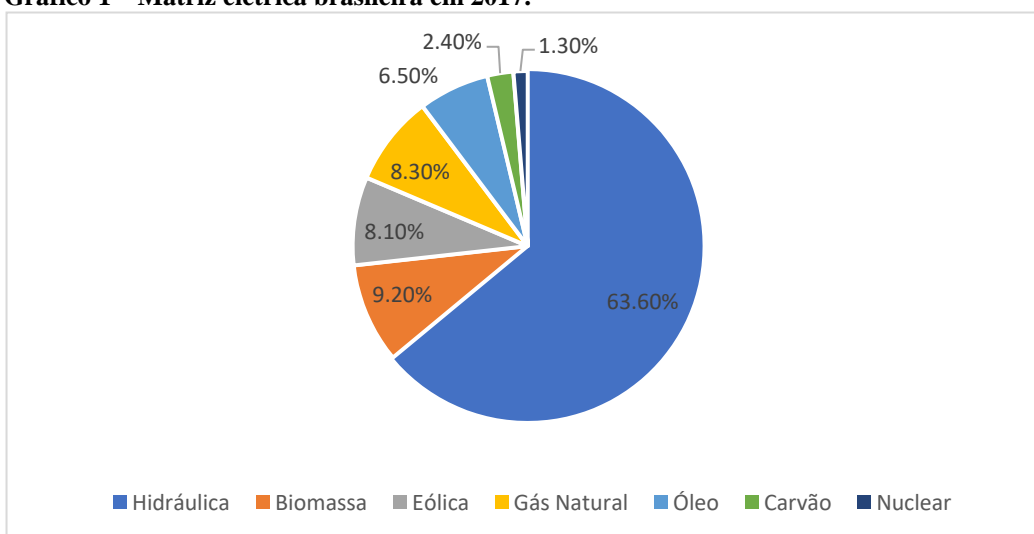
Através das mudanças das Leis, conforme apresentado na sessão 2, é possível concluir que o Governo tem apoiado a iniciativa privada para a instalação de sistemas de micro e mini geração. A possibilidade de uma unidade geradora poder abater o consumo de energia para outras unidades consumidoras com mesma titularidade da unidade geradora, fez com que aumentasse o interesse na instalação de sistemas de geração de energia elétrica.

Da mesma forma, a possibilidade de compensação de energia despertou um maior interesse na instalação de micro e mini geração, pois assim não haveria energia desperdiçada e nem a necessidade da instalação de um banco de baterias, o que encareceria o processo. Com os dados da sessão 2.6, é possível perceber que as ações governamentais na área de energia elétrica beneficiaram o desenvolvimento da GD. Nos anos analisados, é possível perceber que a geração solar fotovoltaica foi a maior responsável pelo crescimento da geração distribuída, visto que em todos os anos o aumento dessa forma de geração foi proporcional ao aumento da geração na GD.

Os gráficos abaixo, do número 1 ao 7, apresentam os valores percentuais das fontes de geração de energia elétrica que compõem a matriz elétrica brasileira de 2017 a 2022. Com eles, é possível perceber a grande expansão e representatividade que a geração solar fotovoltaica teve em tão pouco tempo. Segundo informações contidas no site do EPE, o Brasil possuía em 2020 48,4% de sua matriz com fontes renováveis de energia, valor muito superior à matriz energética mundial, que representava somente 15,0%. Os dados referentes ao ano de 2023 ainda não foram divulgados.

Com o Gráfico 1, podemos perceber as fontes que compunham a matriz elétrica brasileira no ano de 2017.

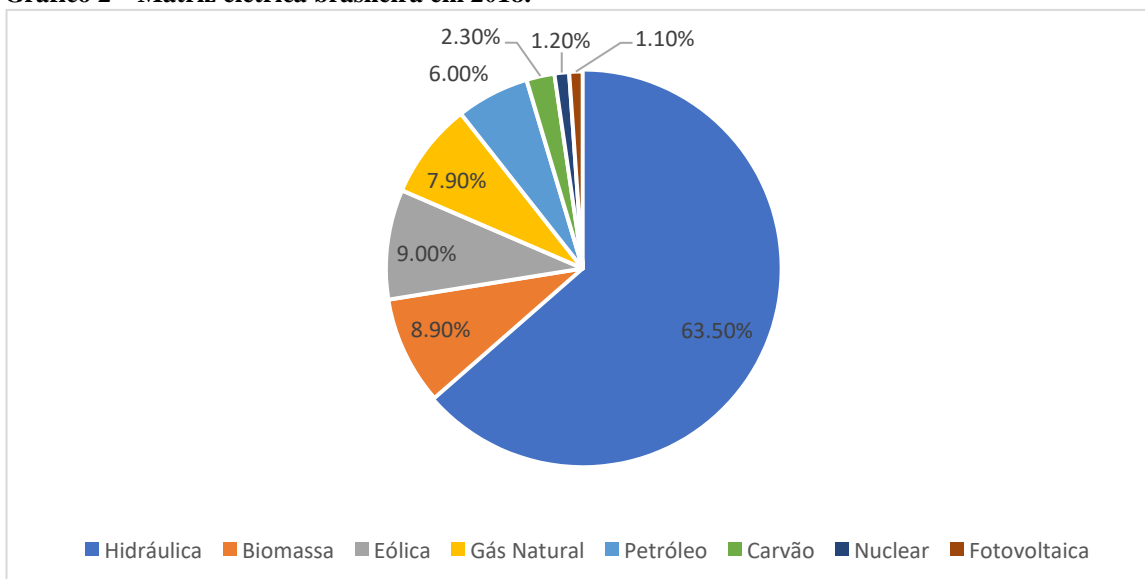
Gráfico 1 – Matriz elétrica brasileira em 2017.



Fonte: Adaptado de Boletim Anual de Geração Eólica 2017.

Observando o Gráfico 1, percebe-se que a energia solar ainda não estava inserida na matriz energética brasileira, o que não significa que ela não existia, mas sim que sua capacidade instalada era muito inferior às outras. Esse fato vai de encontro com as informações contidas nesse artigo, pois o maior incentivo à GD ocorreu em 2015, onde houve um aprimoramento da compensação de energia e da micro e mini geração distribuída. Assim, o incentivo ainda era muito recente para haver um aumento expressivo da geração.

Com o Gráfico 2, podemos perceber as fontes que compunham a matriz elétrica brasileira no ano de 2018.

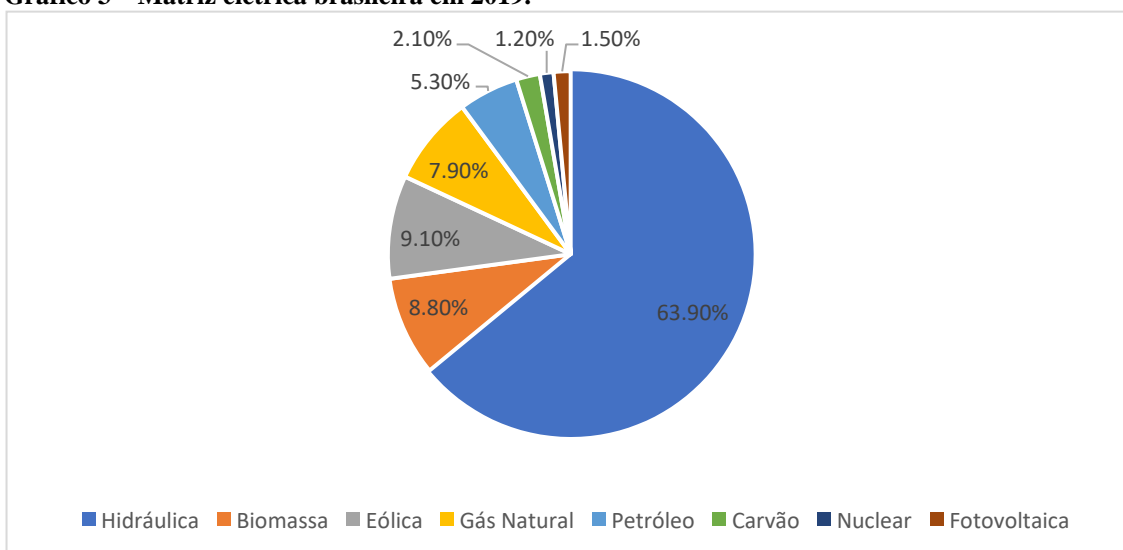
Gráfico 2 – Matriz elétrica brasileira em 2018.

Fonte: Adaptado de Boletim Anual de Geração Eólica 2018.

Em 2018 já é possível perceber que a energia fotovoltaica começa a ser notada perante as outras formas de geração, chegando a valores muito próximos da geração nuclear. Isso se deve aos incentivos dados pelo Governo Federal para a instalação de sistema de micro e minigeração distribuídas, além de o valor das placas solares, por exemplo, sofrerem um decréscimo, algo que era esperado com o tempo devido a maior oferta desse produto.

Segundo informações do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019, “a capacidade instalada de geração de eletricidade no Brasil foi expandida em 3,6% no período entre 2017 e 2018, com a contribuição majoritária da geração hidráulica. Porém, a maior expansão proporcional ocorreu na geração solar, que fechou o ano de 2018 com um aumento na potência instalada de 92% em relação ao ano anterior, ressaltando que em 2017 houve um aumento quase quarenta vezes superior ao ano de 2016”.

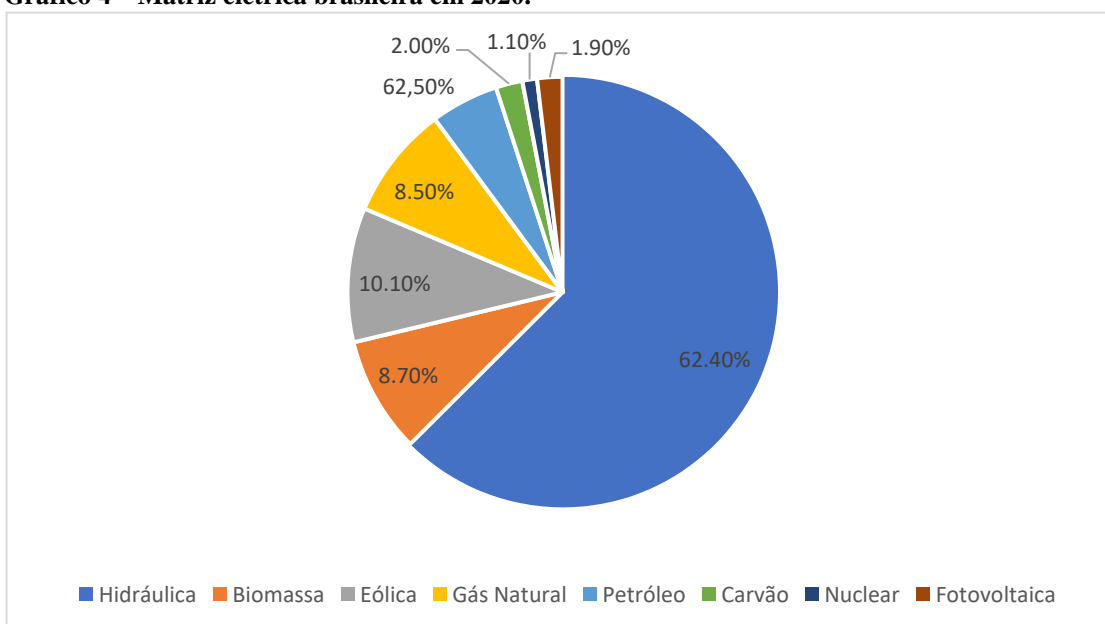
Com o Gráfico 3, podemos perceber as fontes que compunham a matriz elétrica brasileira no ano de 2019.

Gráfico 3 – Matriz elétrica brasileira em 2019.

Fonte: Adaptado de Boletim Anual de Geração Eólica 2019.

Já em 2019, o aumento da geração fotovoltaica fez com que seu percentual já ultrapassasse os valores da geração nuclear. A capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil foi expandida em 4,5% no período entre os anos de 2018 e 2019, com maior contribuição da geração hidráulica. Como no ano anterior, o maior crescimento foi da energia fotovoltaica, com um aumento de 37,6% na potência instalada entre os anos de 2018 e 2019.

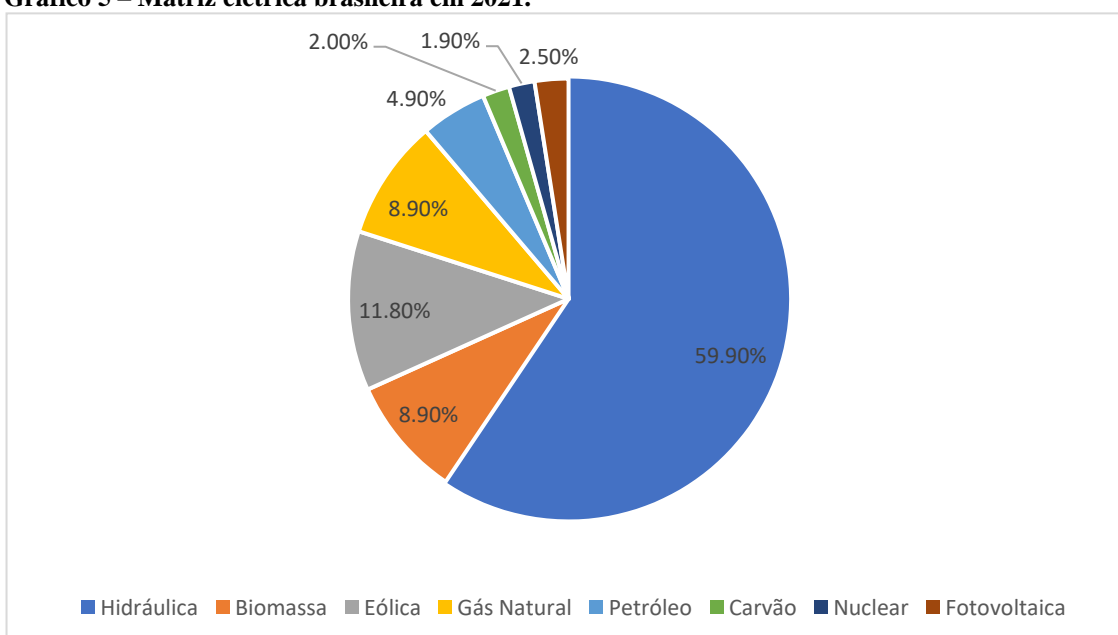
Com o Gráfico 4, podemos perceber as fontes que compunham a matriz elétrica brasileira no ano de 2020.

Gráfico 4 – Matriz elétrica brasileira em 2020.

Fonte: Adaptado de Boletim Anual Dados 2020.

Em 2020, é perceptível a continuidade do aumento da presença da geração fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira. Sua potência instalada registrou um aumento de 32,9% em relação ao ano anterior. Já a capacidade instalada de geração de energia no Brasil aumentou em 2,7% no período entre os anos de 2019 e 2020, sendo que a geração hidráulica continuou sendo a majoritária na geração. Com o Gráfico 5, podemos perceber as fontes que compunham a matriz elétrica brasileira no ano de 2021.

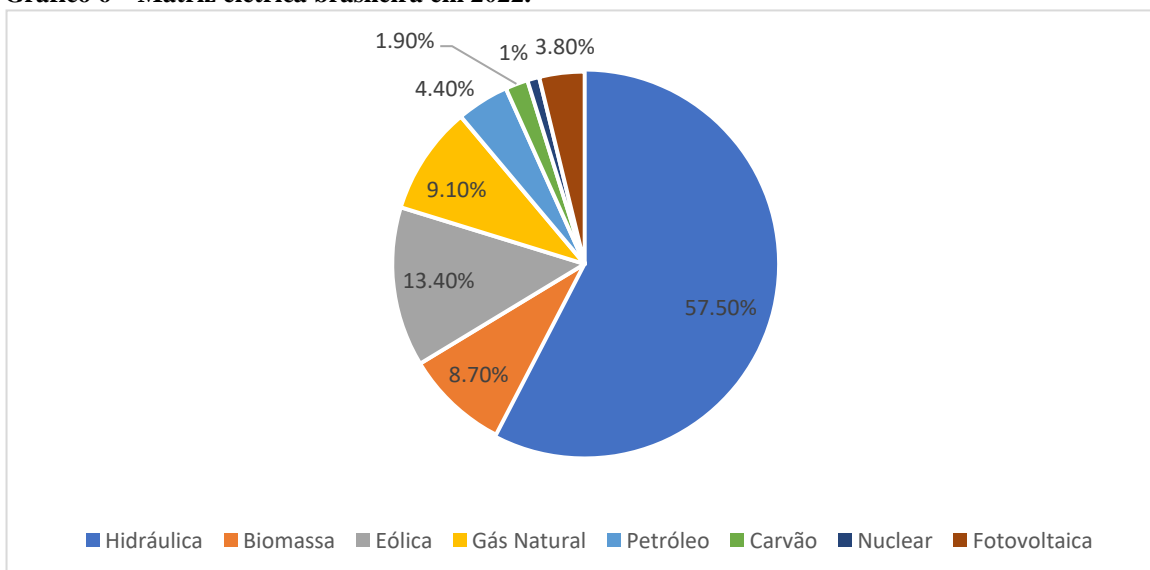
Gráfico 5 – Matriz elétrica brasileira em 2021.



Fonte: Adaptado de Boletim Anual Dados 2021.

No ano de 2021, a geração eólica foi a de maior crescimento, registrando um aumento de 50,91% na sua capacidade instalada. A solar passou a ser a segunda forma de geração com maior crescimento, com um aumento de 17,95% da nova capacidade. Porém, em termos de geração de energia, a predominante continuou sendo a hidráulica e a solar a que possuiu um maior crescimento na geração. Nesse mesmo ano, foram instalados 7,5GW de potência.

Com o Gráfico 6, podemos perceber as fontes que compunham a matriz elétrica brasileira no ano de 2022.

Gráfico 6 – Matriz elétrica brasileira em 2022.

Fonte: Adaptado de Boletim Anual Dados 2022.

Em 2022 a presença da geração fotovoltaica foi ainda mais expressiva. O principal motivo que desencadeou esse aumento foi a criação da Lei 14.300, de 6 de janeiro de 2022, pois a partir do ano de 2023, as novas unidades geradoras passariam a pagar uma taxa pelo uso da rede, como citado na sessão 2.1.3. Então, os interessados em instalarem esses sistemas, aproveitaram o ano de 2022 para fazerem a aquisição desses sistemas, visto que a execução dessa Lei passaria a valer a partir do ano de 2023.

Nesse ano, a capacidade instalada de geração de energia elétrica registou um aumento de 8,3%, seguindo com as usinas hidráulicas com a maior contribuição. Já o maior crescimento continuou sendo da geração fotovoltaica, com um aumento de 82,4% em relação ao ano anterior.

Tabela 7 – Aumento percentual na geração de energia elétrica.

FONTE DE GERAÇÃO	ANO			
	2018	2019	2020	2021
Hidráulica	3,85%	4,69%	4,62%	0,31%
Eólica	15,19%	5,03%	14,89%	21,69%
Solar	-	37,22%	33,20%	39,82%
Biomassa	0,75%	1,91%	1,87%	6,37%
Gás Natural	-0,12%	3,00%	11,65%	9,03%
Nuclear	0%	0%	0%	-4,52%
Petróleo	-	-8,48%	0,56%	-1,22%
Carvão	-0,27%	-3,23%	-0,55%	0,56%

Fonte: Adaptado dos Boletins Anuais de 2019 a 2022.

Com os dados da tabela acima, é possível notar que a geração de energia através de fontes renováveis vem crescendo, além de podermos concluir de forma positiva a veracidade das informações contidas no artigo, visto que a fonte solar, principal meio da geração distribuída, é a forma de geração que possui maior crescimento perante os outros meios de geração de energia elétrica, como citado ao longo de todo o artigo.

Para o comparativo dos valores de venda de energia entre o Ambiente de Contratação Livre e a “comercialização na Geração Distribuída”, primeiramente foi calculada a energia anual gerada pela usina, através da seguinte equação:

$$ED = ES \times Ap \times \eta p \times TD$$

Equação 1: Energia diária produzida.

Onde:

ED = energia diária produzida (kW/dia);

ES = irradiação solar diária média mensal (kWh/m².dia); Ap = área do modulo FV (m²);

ηp = eficiência do módulo FV (%);

TD = taxa de desempenho (adimensional = 83%).

Para saber o valor da irradiação solar, foi utilizada a tabela da Figura 2:

Figura 2 – Tabela com irradiação solar diária média.

Mês/Ângulo	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]			
	Plano Horizontal	Ângulo igual a latitude	Maior média anual	Maior mínimo mensal
	0°	27°	23°	47°
Janeiro	5,5	4,93	5,06	4,1
Fevereiro	5,44	5,19	5,28	4,51
Março	5,06	5,29	5,31	4,91
Abril	4,19	4,93	4,87	4,94
Maio	3,53	4,65	4,53	4,97
Junho	2,58	3,47	3,37	3,75
Julho	3,28	4,46	4,33	4,83
Agosto	3,61	4,4	4,33	4,52
Setembro	4,58	5	4,99	4,78
Outubro	5,33	5,23	5,3	4,64
Novembro	6	5,44	5,58	4,55
Dezembro	6,08	5,34	5,5	4,35
Média	4,6	4,86	4,87	4,57
Delta	3,5	1,98	2,21	1,22

Fonte: adaptada de Cresesb, (2015).

Assim, o valor de inclinação adotado foi de 27°, o qual possui uma média anual de irradiação solar de 4,86kWh/m²*dia. Já para saber a área de cada módulo fotovoltaico, foi utilizada a tabela disponibilizada pela própria fabricante, como consta na Figura 3.

Figura 3 – Dados mecânicos dos módulos fotovoltaicos.

DADOS MECÂNICOS	
Tipo de célula	Mono PERC
Configuração de Célula	144 (6×24)
Dimensões	2285×1134×30 mm (Com Frame)
Peso	31.5 ±1.0 kg
Vidro	2,0 mm + 2,0 mm, Alta Transmissão, Vidro Temperado e Anti-Reflexo
Caixa de junção	IP 68, 3 diodos
Cabos	4 mm ² , 350 mm (Com Conectores)
Conectores*	MC4 ou compatível com MC4

*Favor consulte a ficha técnica regional para o conector especificado

Fonte: Datasheet Znshine Solar.

Com isso, chegamos a uma área de 2,54m² por módulo fotovoltaico. Considerando a eficiência apresentada pela fabricante de 21,42%, chegamos ao resultado de ED de 2,20kWh/dia. Considerando que o ano possui 365 dias, a geração anual por módulo pode ser encontrada através da equação 2:

$$Energia\ Anual = ED \times 365$$

Equação 2: Energia anual produzida.

Portanto, a energia anual gerada chega ao valor de 803kWh por módulo. Para saber a quantidade de módulos fotovoltaicos, foi considerada a potência de 555W por módulo, como consta no datasheet fornecido pela Znshine, e na sequência foi utilizada a equação 3:

$$N^{\circ}\ de\ módulos = \frac{Potência\ Total}{Potência\ por\ Módulo}$$

Equação 3: Número total de módulos fotovoltaicos

Com isso, serão necessários 1.802 módulos fotovoltaicos. Dessa forma, a energia anual total gerada pela usina pode ser encontrada através da equação 4:

$$Energia\ Total = (n^{\circ}\ módulos\ fotovoltaicos) \times (energia\ por\ módulo)$$

Equação 4: Energia total da usina fotovoltaica.

Logo, a energia total gerada pela usina é de 1.447.006,00kW/ano.

Considerando que cada módulo da Znshine possui uma área de 2,54m², foi calculada a área total utilizada pelos módulos, através da equação 5:

$$ATm = Am \times (n^{\circ}\ de\ módulos)$$

Equação 5: Área total ocupada pelos módulos fotovoltaicos.

Onde:

ATm = área total dos módulos; Am = área de cada módulo;

Assim, chegou-se à área de 4.577,10m² ocupada pelos módulos fotovoltaicos.

4.1 “COMERCIALIZAÇÃO NA GD”

Para o cálculo dos lucros na GD, foram considerados os valores da Tabela 8:

Tabela 8 – Tarifa e impostos da energia na Geração Distribuída.

DESCRIÇÃO	CUSTO	VALOR
PIS	0,65%	R\$4.461,99
COFINS	3,00%	R\$20.593,79
IR	4,80%	R\$32.950,06
Contribuição Social	2,88%	R\$19.770,04
Demanda	R\$14.780,00 / MW Instalado	R\$14.780,00
TUSD	R\$0,11808 * (Energia Gerada)	R\$170.862,47
Tarifa	R\$0,593/kWh	R\$823.751,57
Tarifa com deságio(lucro bruto)	R\$0,4744/kWh	R\$686.459,64

Fonte: Valores de mercado. Dados de estudo (2023).

Onde: PIS e COFINS: contribuições exigidas pela união para assegurar recursos para que o Governo Federal cumpra com suas atividades voltadas ao trabalhador e à seguridade social.

IR: imposto cobrado referente ao imposto de renda. TUSD: Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição. Tarifa: valor de comercialização da energia

Na GD, há um deságio de 20% em cima do valor da tarifa, o que corresponde a R\$0,1186/kWh. Considerando a tarifa com deságio, no valor de R\$0,4744/kWh, podemos chegar à conclusão de que o lucro bruto anual dessa usina na GD é de R\$686.459,64. Descontando as tarifas listadas acima, é possível chegar a um lucro líquido anual de R\$423.041,29, o que representa R\$35.253,44 mensais.

4.2 LUCRO NO ACL

Para calcular o lucro dessa mesma usina vendendo a energia no Ambiente de Contratação Livre, ACL, foi utilizada a Tabela 9:

Tabela 9 - Tarifa e impostos da energia no ACL.

DESCRIÇÃO	CUSTO	VALOR
Imposto e afins	6,73%	R\$17.236,88
Tarifa (lucro bruto)	R\$0,177 * kWh	R\$256.120,06

Fonte: Valores de mercado. Dados de estudo (2023).

Já no ACL, o lucro bruto anual dessa usina passa a ser de R\$256.120,06. Descontando os valores de impostos e afins, temos um valor líquido de R\$238.883,18 o que representa R\$19.906,93 mensais.

Com esses valores de lucro líquidos alcançados pela usina, é possível concluir que a “comercialização de energia na Geração Distribuída” acaba sendo mais lucrativo do que a comercialização no Ambiente de Contratação Livre, com uma diferença de R\$15.346,51 mensais e R\$184.158,10 anuais. Os custos de construção e manutenção da usina foram desprezados, visto que o interesse é calcular a diferença entre os valores de venda de energia e, assim, os valores de organização e manutenção, O&M, seriam os mesmos para os dois casos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A procura por informações verdadeiras para a composição desse artigo se deu de forma tranquila, devido as fontes utilizadas serem ou do Governo Federal, estaduais ou serem sítios na internet de empresas renomadas na área de energia elétrica.

Dessa forma, foi possível concluir de forma satisfatória o trabalho de conclusão de

curso, pois os assuntos de cada sessão foram se complementando. Assim, foi possível notar que os incentivos gerados pelo Governo Federal para a instalação de sistemas de GD tiveram êxito, pois com os dados apresentados percebeu-se a grande crescente que as instalações desse sistema obtiveram.

Como a Lei 14.300, criada em 2022, passaria a valer a partir de 2023, os interessados em ingressar na GD acabaram por providenciar ao longo do ano de 2022 a instalação desses sistemas, para aproveitar a vantagem de não possuírem taxa pelo uso de energia da rede elétrica.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Entenda como funciona a energia solar fotovoltaica, [S. l.], p. 1, [entre 2012 e 2023]. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/o-que-e-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 28 out. 2023.

ALÉM DA ENERGIA. Brasil tem três das dez maiores hidrelétricas do mundo. **Energias Renováveis**, [S. l.], p. 1, 11 out. 2022. Disponível em: <https://www.alemnaenergia.engie.com.br/brasil-tem-tres-das-dez-maiores-hidreletricas-do-mundo/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

ANEEL. mercado: saiba mais sobre comercialização de energia. **Assuntos**, [S. l.], p. 1, 16 fev. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/mercado>. Acesso em: 22 ago. 2023.

ANEEL. Micro e Minigeração Distribuída: Saiba mais sobre micro e minigeração distribuída.. **Assuntos**, [S. l.], p. 1, 10 fev. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 10 set. 2023.

ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. [S. l.], p. 1, 17 abr. 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/atren2012482.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.

CANAL ENERGIA. Energia no ACL está 53% mais baixo, aponta Abraceel, [S. l.], p. 1, 7 jul. 2022. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53217727/energia-no-acl-esta-53-mais-baixo-aponta-abraceel#:~:text=Esse%20C3%A9%20o%20resultado%20da,em%20R%24%20177%2FMWh>. Acesso em: 18 nov. 2023.

CCEE. **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica**. [entre 2012 e 2023]. Disponível em: <https://www.ccee.org.br>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CELESC. AMBIENTE Livre e Regulado. **Mercado de Energia**, [S. l.], p. 1, [entre 2012 e 2023]. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/home/mercado-de-energia/ambiente-livre-e-regulado>. Acesso em: 28 out. 2023.

COGERA. O&M solar: o que é, [S. l.], p. 1, 5 ago. 2020. Disponível em: <https://cogera.com.br/om-solar-o-que-e/>. Acesso em: 18 nov. 2023.

CRESEB. POTENCIAL Solar, [S. l.], p. 1, 25 jan. 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 18 nov. 2023.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. LEI Nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. [S. l.], 7 jan. 2022.

ECEN. NOVAS Leis Regulamentam o Setor Elétrico. **Legislação**, [S. l.], p. 1, 15 abr. 2004. Disponível em: http://ecen.com/eee43/eee43p/lei_comerc_eletr10848.htm. Acesso em: 12 ago. 2023.

ENERGIA HOJE. SCEE – Sistema de Compensação de Energia Elétrica. **Energia Hoje**, [S. l.], p.1, [entre 2020 e 2023]. Disponível em: <https://energiahoje.editorabrasilenergia.com.br/glossario/scee-sistema-de-compensacao-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

GLOBO. Hidrelétricas são fundamentais para o Brasil. **Especial publicitário**, [S. l.], p. 1, 17 fev. 2022. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/patrocinado/engie/noticia/2022/02/17/hidreletricas-sao-fundamentais-para-o-brasil.ghml>. Acesso em: 1 set. 2023.

LIVRE MERCADO DE ENERGIA. O que é o Mercado Livre de Energia?, [S. l.], p. 1, [entre 2012 e 2023]. Disponível em: <https://livremercadodeenergia.com.br/o-que-e-o-mercado-livre-de-energia/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

Ministério Público do Estado de Goiás. Energia elétrica, [S. l.], p. 1, 12 ago. 2023. Disponível em: <http://www.mpggo.mp.br/portal/conteudo/energia-eletrica--2>. Acesso em: 12 ago. 2023.

PLANALTO. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - casa civil. **LEI nº 10.848, de 15 de março de 2004**. Subchefia para Assuntos Jurídicos. [S. l.], p. 1, 15 mar. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/L10.848compilado.htm. Acesso em: 10 set. 2023.

PLANALTO. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. [S. l.], 30 jul. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM. Acesso em: 12 nov 2023.

POLITIZE. LEI da Oferta e Demanda: entenda como funciona essa lei da economia. **Lei da Oferta e Demanda**, [S. l.], p. 1, 22 maio 2021. Disponível em: <https://www.politize.com.br/lei-da-oferta-e-demanda/>. Acesso em: 22 ago. 2023.