



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO CIÊNCIAS ECONÔMICAS

PEDRO TORRES PENHA BARBOSA

MICRORREDES:

Uma análise dos aspectos regulatórios e políticas públicas do caso brasileiro

Rio de Janeiro
2022

PEDRO TORRES PENHA BARBOSA

MICRORREDES:

Uma análise dos aspectos regulatórios e políticas públicas do caso brasileiro

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Nivalde de Castro

Rio de Janeiro
2022

<http://fichacatalografica.sibi.ufrj.br/>

A ficha precisa ser assinada e elaborada por um bibliotecário por lei. Na UFRJ temos duas formas de gerar a ficha:

- Geração automática através de uma sistema (<http://fichacatalografica.sibi.ufrj.br/>)

- Geração manual. Neste caso acesse nosso [site](#) e veja o procedimento na aba “serviços” → “solicitação de ficha catalográfica”

Atenção: se o seu trabalho for impresso, a ficha catalográfica vai no VERSO da folha de rosto.

Ficha catalográfica

PEDRO TORRES PENHA BARBOSA

MICRORREDES:

Uma análise dos aspectos regulatórios e políticas públicas do caso brasileiro

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Nivalde de Castro

Rio de Janeiro, 00 de maio de 2022.

Prof. Dr. Nivalde de Castro - Presidente
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof^a. Dr^a. Lorrane da Silva Costa Câmara – Membro Interno
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof. Dr. Rafael Herrero Alonso – Membro Externo
ESCOLA POLITÉCNICA (USP)

Prof. Dr. Lucca Zamboni – Membro Externo
Universidade São Paulo (USP)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família, meus avós, meu irmão, meu pai e, principalmente, minha mãezinha Patrícia.

Agradeço também à equipe do GESEL, e aos professores que tive ao longo da vida, especialmente, àqueles que me acompanharam na reta final da graduação.

Apesar da minha calma e coração puro, sou guerreiro lendário, despertado pela raiva. (GOKU, Dragon Ball)

RESUMO

O setor energético mundial está passando por uma transformação radical envolvendo a utilização de fontes não poluentes, a reformulação de modelos operacionais de distribuição e uma profunda mudança no uso de tecnologias. O presente trabalho tem por objetivo discorrer sobre o contexto atual desse setor no Brasil, impelido a ser repensado em função das condições climáticas planetárias, como consequência das medidas preconizadas pelo Acordo de Paris de 2015, impondo a necessidade imperativa de uma agenda de desenvolvimento sustentável para limitar os efeitos das emissões de carbono. Discorre o trabalho sobre as experiências que estão sendo levadas a efeito nos EUA e na Austrália. A apresentação da utilização de fontes de energias não poluentes no Brasil aponta para uma etapa importante na geração energética. As informações obtidas sobre experiências desenvolvidas e as bibliográficas foram utilizadas para avaliar e refletir sobre as melhores opções no desenvolvimento dos sistemas de geração e de distribuição energética e, as adaptações necessárias nos marcos regulatórios para a implantação e proliferação das Microrredes, propondo caminhos que promovam no Brasil um setor elétrico mais inteligente, sustentável, resiliente e conectado.

Palavras-chave: Microrredes; Regulação do Setor Elétrico; Barreiras Regulatórias; Programa de Incentivo à Microrrede; Geração Distribuída.

ABSTRACT

The global energy sector is going through a radical transformation which involves the use of non-polluting energy sources, the review of distribution operational models and a deep change in the use of high end technology. This work's goal is to expose the current context of the energy sector in Brazil, pushed to be revised by virtue of the global climate conditions, as a consequence of the measures indicated by the Paris Agreement of 2015, demanding the imperative need of a sustainable development agenda to limit the effect of the carbon emissions. This work will present the experiences that are occurring in the United States and in Australia. The introduction to the usage of non-polluting energy sources in Brazil indicates an important step in energy generation transition. The informations obtained about bibliographical and developed experiences were used to assess and reflect about the best options for the energetic generation and distribution systems development and, the necessary adaptations in the regulatory frameworks for the implantation and proliferation of the Microgrids, proposing paths that promote a more sustainable, resilient, connected and smarter electric sector in the Brazil.

Keywords: Microgrid; Energy Sector Regulation; Regulatory Barriers; Incentive Microgrid Program; Distributed Generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação Microrrede.....	23
Figura 2 – Nível de complexidade dos modelos de negócio	25
Figura 3 – Participação global na geração de eletricidade, 1973.....	34
Figura 4 – Participação global na geração de eletricidade, 2019.....	34
Figura 5 – Evolução da geração de eletricidade por fonte nos países do G20	35
Figura 6 – Cenários da matriz energética mundial 2017/18 – 2050	36
Figura 7 – Capacidade Total de Energia da Microrrede e Gastos de Implementação por Região, Mercados Mundiais: 2022-2031.....	39
Figura 8 – Representação cartográfica do GLP	40
Figura 9 – Sistema elétrico local da rede GLP	42
Figura 10 – Representação da Microrrede <i>Monash</i>	52
Figura 11 – Recursos energéticos distribuídos da microrrede <i>Monash</i>	52
Figura 12 – Visão geral da autorização e regulação do fornecimento de eletricidade distribuída em Victoria.....	55
Figura 13 – Política e Marco Regulatório Brasileiro.	59
Figura 14 – <i>Largest hydroelectric power generating countries worldwide in 2020 (in terawatt hours)</i>	60
Figura 15 – Matriz Elétrica Brasileira.....	61
Figura 16 – Evolução da matriz elétrica brasileira.....	61
Figura 17 – Emissões de CO ₂ (Kg) por MWh gerado	62
Figura 18 –Número de contribuintes por grupo em cada questão.....	75
Figura 19 – Porcentagem de participação nas questões relacionadas a microrredes por grupo.....	75
Figura 20 – Porcentagem de participação dos agentes nas questões 30 à 33 por grupo	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de Geração Distribuída.....	22
Tabela 2 – Modelos de negócio	28
Tabela 3 – Desafios de implementação de microrredes	32
Tabela 4 – Regulamentação e Políticas Públicas para Microrredes no estado da Califórnia	48
Tabela 5 – Regulamentação e Políticas Públicas relevantes para as Microrredes no estado de Victoria, Austrália.....	56
Tabela 6 – Principais aspectos regulatórios e de políticas públicas ligados às microrredes no Brasil	69
Tabela 7 – Categorização dos contribuintes da TS11.....	72

SUMÁRIO

1	Introdução	20
2	Definição e enquadramento: Microrredes	22
2.1	O que são microrredes	22
2.2	Modelos de negócio.....	24
2.2.1	Tipos de modelos de negócio.....	25
2.2.1.1	Single User (usuário único, tradução livre).....	25
2.2.1.2	Utility Microgrid – DSO (Modelo Microrredes de concessionárias de distribuição, tradução livre)	26
2.2.1.3	Hybrid (modelo Híbrido)	26
2.2.1.4	Multiuser (modelo multiusuário, tradução livre)	27
2.2.1.5	Energy as a service (Modelo em que a energia é fornecida como um serviço, tradução livre)	27
2.2.2	Negociação Peer-to-peer energy trading (Negociação P2P) e tecnologia <i>Blockchain</i>	29
2.3	Desafios de implementação.....	29
2.3.1	Desafios técnicos.....	30
2.3.2	Desafios econômicos.....	31
2.3.3	Políticas públicas e regulação	31
3	Experiências Internacionais	33
3.1	Contexto Internacional de Microrredes	33
3.1.1	Matriz energética da geração elétrica mundial	33
3.1.2	Liberalização do mercado de energia.....	37
3.1.3	Panorama mundial de microrredes	38
3.2	Casos internacionais de microrredes.....	40
3.2.1	Projeto <i>Goleta Load Pocket Community Microgrid</i> - Califórnia, EUA.....	40
3.2.1.1	O projeto.....	40
3.2.1.2	Políticas públicas e regulação das microrredes no estado da Califórnia.....	43
3.2.2	Projeto: <i>The Monash Microgrid</i> – Victoria, Australia.....	50
3.2.2.1	O projeto.....	50
3.2.2.2	Políticas públicas e regulação das microrredes em Victoria, Australia.....	52
4	Experiência do caso nacional – regulação e políticas públicas (respostas dos agentes a TS11 perguntas 30-33).....	58

4.1	Política e estrutura regulatória no Brasil	58
4.2	Matriz energética Brasileira	60
4.3	Qualidade do fornecimento de eletricidade no Brasil.....	62
4.4	Caso da microrrede na Granja Colombari, parceria entre Copel e Itaipu	63
4.5	Principais aspectos regulatórios e de políticas públicas do Brasil	64
4.5.1	Direito ao monopólio	65
4.5.2	Estrutura Tarifária	65
4.5.3	Comercialização de eletricidade	66
4.5.4	Escolha do fornecedor de eletricidade.....	66
4.5.5	Serviços Ancilares	68
4.5.6	Ilhamento das microrredes	68
4.5.7	Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).....	69
4.6	Análise das contribuições da Tomada de Subsídios 11/2021 da ANEEL	72
4.6.1	Questão 30 da TS11.....	76
4.6.2	Questão 31 da TS11.....	78
4.6.3	Questão 32 da TS11.....	79
4.6.4	Questão 33 da TS11.....	80
5	Considerações para o caso nacional utilizando todo o conteúdo discutido ao longo do trabalho	82
6	Conclusão	84
	REFERÊNCIAS	85

1 Introdução

O setor elétrico mundial está passando por uma transição energética, que envolve três valores principais: Descarbonização, Descentralização e Digitalização. O Acordo de Paris, que ocorreu ao final de 2015 e foi assinado por mais de 130 países membros, reconhece o aumento da temperatura global e a necessidade de uma agenda de desenvolvimento sustentável para limitar os efeitos das emissões de carbono. Com a difusão da geração energética distribuída, os consumidores, que antes se limitavam a apenas consumir e pagar faturas de energia elétrica, pressionam cada vez mais a rede para, além de consumir, ter a possibilidade de gerar sua própria energia e transacionar o seu excedente energético. Além disso, a digitalização que vem ocorrendo no setor elétrico tem disponibilizado tecnologias que permitem diversos avanços, entre elas: geração mais eficiente de energia, medidores inteligentes de consumo, mecanismos de flexibilidade, comunicação digitalizada de dados, entre outros (COSTA JUNIOR, 2020).

Dentro desta temática apresentada, pode-se compreender que a geração energética e a eletrificação estão se tornando cada vez mais distribuídas, difundidas e renováveis em todo o setor elétrico mundial. Essa introdução de novos recursos energéticos distribuídos (REDs), resulta em fluxos bidirecionais de energia que levam a diversos desafios para as operadoras de redes elétricas, que precisam acomodar participações cada vez maiores das energias renováveis e, ao mesmo tempo, fornecer energia confiável e consistente. Nesse contexto, a conjuntura favoreceu o desenvolvimento de um sistema integrado de tecnologias inovador para gerenciar recursos energéticos, gerando sua própria energia em menor escala e com capacidade para se conectar à rede elétrica tradicional: as chamadas microrredes (CASTRO, 2020). Porém, sabe-se que devido ao alto grau de complexidade do setor elétrico, existem diversos desafios que devem ser superados para a integração de uma nova tecnologia com características de geração, distribuição e comercialização de energia. Dentre os desafios, destaca-se a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas e regulação específicas para incentivar o mercado de microrredes. O caso do setor elétrico brasileiro demonstra um ambiente propício para atrair o crescimento do mercado de microrredes, com o aumento de recursos de geração distribuída e necessidade de resiliência da rede elétrica. Mas, mesmo com um ambiente favorável, não se pode afirmar que o contexto atual de políticas públicas e

regulação brasileiro é suficiente para atrair investimentos e fomentar o desenvolvimento de um mercado de microrredes nacional.

A hipótese desenvolvida para esse trabalho é que o ambiente regulatório e de políticas públicas brasileiro é incipiente e insatisfatório no que diz respeito implementação de microrredes afim de promover um setor elétrico mais inteligente, sustentável, resiliente e conectado. Tem-se nesse trabalho como objetivo geral analisar as microrredes em seus aspectos regulatórios, de políticas públicas e enquadramento/definição a nível internacional (dois países) e nacional. Os objetivos específicos são analisar os limites de atuação das microrredes, e de seu processo de implementação, no setor elétrico; analisar dois casos internacionais de projetos de microrredes; analisar políticas públicas e regulação de microrredes no caso nacional, utilizando também uma análise qualitativa das respostas de agentes às perguntas 30 a 33 da TS11 da ANEEL; e trazer considerações sobre o tema amarrando todo o conteúdo discutido na monografia.

A motivação para a realização deste trabalho passa principalmente pelo ponto da transição energética e da necessidade da busca por uma interação cada vez mais harmoniosa com a natureza. Juntando-se a isso, a utilização de eletricidade se tornou algo essencial na sociedade moderna e diversas comunidades enfrentam interrupções constantes na rede elétrica e necessitam um fornecimento de energia mais resiliente. As microrredes são uma peça fundamental na integração dos recursos energéticos de geração renovável que irão crescer de maneira exponencial nos próximos anos. Além disso, é uma tecnologia que envolve o desenvolvimento de diversas outras tecnologias, promovendo um ecossistema benéfico de inovação.

Na metodologia, foi utilizada a análise documental e bibliográfica de documentos acadêmicos, junto com um enquadramento de revisão de literatura, dados e outros tipos de fonte. Foram utilizados os métodos de estudos de casos múltiplos e, também, a metodologia de análise de conteúdo Laurence Bardin (2006) para realizar uma análise qualitativa das contribuições da Tomada de Subsídios 11/2021 da ANEEL.

O trabalho está estruturado em 4 partes principais: Definição e enquadramento: Microrredes; Experiências Internacionais (2 países); Experiência do caso nacional – regulação e políticas públicas (respostas dos agentes a TS11 perguntas 30-33) e finalmente Considerações para o caso nacional utilizando todo o conteúdo discutido ao longo do trabalho.

2 Definições e enquadramento: Microrredes

2.1 O que são microrredes

Primeiramente, é importante identificar as definições e conceitos da geração distribuída, origem da geração elétrica que engloba o conceito das microrredes. Os sistemas elétricos tradicionais, em que se encontra a geração centralizada de energia, não se caracterizam como opostos à geração distribuída. Na realidade, devido a diferentes localidades oferecerem os requisitos necessários para a geração de energia, a geração de energia elétrica sempre foi, de fato, descentralizada. A rede é constituída por usinas de grande porte distribuídas geograficamente em locais propícios a geração de energia (OLIVEIRA et. al., 2008).

Existem diversas definições que buscam expressar o conceito de geração distribuída, não havendo um consenso absoluto entre os autores (HADDAD et. al., 2005). Segundo Ackermann, 2001, pode-se definir a geração distribuída como uma fonte de geração conectada diretamente na rede de distribuição ou ao consumidor. Quanto aos requisitos técnicos, Ackermann, 2001, propõe uma categorização da geração distribuída em função da potência.

Tabela 1 - Tipos de Geração Distribuída Padrão EUA x Brasil

	Tipos de Geração Distribuída	Micro	Pequena	Média	Grande
Padrão Estados Unidos	Potência	<5 kW	5 kW a 5 MW	5 MW a 50 MW	50 MW a 300 MW
		Micro	Mini	Considerado Geração Distribuída	
Padrão Brasil		<=75 kW	75 kW a 5 MW	<30 MW ou <50 MW	

Fonte: Elaborada pelo autor (2022) – Baseado em: LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022, e ACKERMANN, 2001

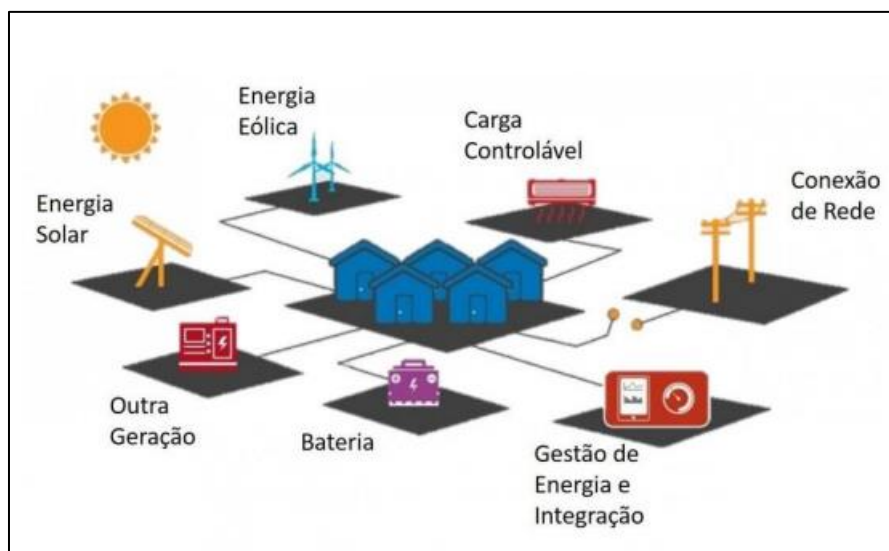
No Brasil, essa limitação superior técnica de potência da geração distribuída tem variações dependendo do autor, e, em algumas situações, mesmo sistemas com potências superiores às descritas na tabela podem ser considerados como geração distribuída.

Parte da geração distribuída, uma microrrede é um conceito disruptivo que se refere a um sistema de energia de pequena escala com uma junção de cargas e

geradores distribuídos operando em conjunto com dispositivos de gerenciamento, controle e proteção de energia e software agregado. Microrredes são, portanto, sistemas elétricos completos, locais, delimitados, pequenos e controláveis. Sua definição está descrita, no Brasil, (no Art. 1º, inciso XII), da Lei Nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022:

XII - microrrede: integração de vários recursos de geração distribuída, armazenamento de energia elétrica e cargas em sistema de distribuição secundário capaz de operar conectado a uma rede principal de distribuição de energia elétrica e também de forma isolada, controlando os parâmetros de eletricidade e provendo condições para ações de recomposição e de autorrestabelecimento.

Figura 1 – Representação Microrrede



Fonte: Legado Energias Renováveis (2020)

Quanto ao tamanho das microrredes, tanto físico e em questão de dimensões elétricas, não há uma definição universal. Elas são geralmente fisicamente pequenas (o raio não ultrapassa as dezenas de quilômetros) e as dimensões elétricas são inferiores às de sistemas de geração tradicionais, sendo sistemas de baixa e média tensões e não excedendo as dezenas de MW (FREITAS e JUNIOR, 2020).

Uma microrrede tem como diferencial a possibilidade de ser utilizada em uma operação conectada ou isolada da rede elétrica principal. Esta característica pode variar de acordo com os objetivos a partir dos quais foi projetada. Ao operar em modo isolado, operação em ilhamento, a microrrede continua fornecendo energia aos participantes que estiverem conectados diretamente em sua rede, sem a influência da

rede principal. A possibilidade de alternar entre operação conectada e isolada é gerenciada pelo controlador da microrrede, e diversos fatores podem ser levados em conta, como a relação entre o custo da energia elétrica e o horário; a disponibilidade da rede principal; melhoria dos pilares (qualidade da energia, confiabilidade e resiliência) do fornecimento de energia; redução das emissões de carbono; exportação de excedentes de geração de energia; e prestação de serviços ancilares (CASTRO, 2020).

2.2 Modelos de negócio

A participação dos recursos energéticos distribuídos está mudando aos poucos a estrutura tradicional da rede de distribuição do sistema elétrico. As microrredes têm capacidade para ser protagonistas nas mudanças que irão ocorrer, demandando a introdução de novos mercados e tendências econômicas e regulatórias que ainda não estão sendo praticadas no setor (BELLIDO, 2018).

Os altos custos de investimento são atualmente uma barreira econômica para as microrredes. Ao contrário dos projetos tradicionais de energia, o modelo econômico de uma microrrede configura desafios singulares em sua elaboração, necessitando análise específica. A questão regulatória tem muita influência nessa dificuldade de modelagem financeira, pois o conjunto de questões econômicas e regulação incipiente contribuem para uma incerteza no cálculo dos possíveis ganhos financeiros do negócio. No geral, a não aplicação de um marco regulatório e padronização, dificultam a integração das microrredes no mercado. Países em que o sistema elétrico está caminhando para uma maior abertura de seus mercados e permitindo maior flexibilidade de escolha dos consumidores, estimulam consequentemente um aumento nos incentivos à participação das microrredes em seu mercado de energia elétrica, com ofertas de novos produtos e serviços.

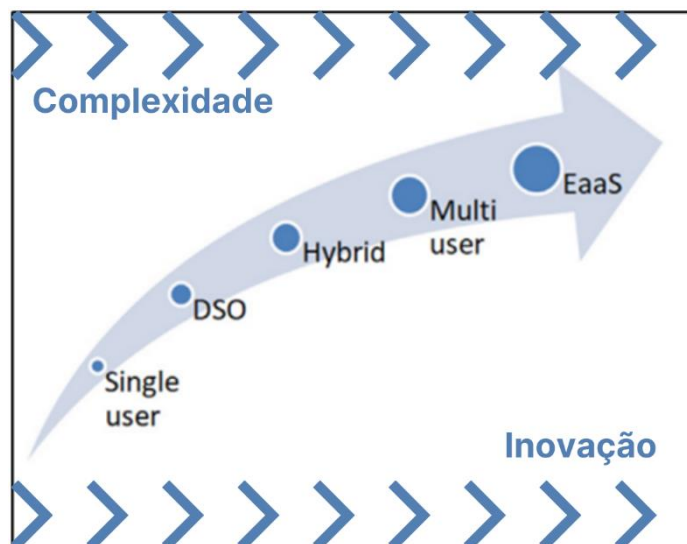
A maioria dos projetos urbanos de microrredes são projetados para solucionar problemas comuns à rede, atuando no aumento da confiabilidade e resiliência, na redução dos custos de energia e na promoção de questões ecológicas e de sustentabilidade (CASTRO, 2020). A confiabilidade de energia, por exemplo, é uma questão que se agrava em países e regiões menos desenvolvidos que abarcam redes de distribuição mais deficientes, com congestionamento e interrupções consistentes. Em adição a isso, os eventos climáticos extremos, como fortes chuvas, furacões,

queimadas etc podem ocorrer em qualquer local no mundo e afetar seu sistema energético. As microrredes são capazes de aumentar a resiliência do fornecimento de energia, evitando longos períodos de interrupções que normalmente seguem esses eventos. Portanto, esses cenários destacam oportunidades para implantar projetos de microrredes e melhorar a confiabilidade e resiliência do fornecimento de energia.

Diante desse contexto de oportunidades, surgiram alguns modelos de negócio aplicados às microrredes que foram identificados e definidos ao longo do tempo e expressos no trabalho de CASTRO, 2020. Suas denominações podem variar dependendo do autor.

2.2.1 Tipos de modelos de negócio

Figura 2: Nível de complexidade dos modelos de negócio



Fonte: Adaptação CASTRO (2020)

2.2.1.1 *Single User* (usuário único, tradução livre)

O *Single User* é o modelo mais comum aplicado hoje em dia, devido ao reduzido número de barreiras regulatórias. Neste caso, o proprietário é o único participante e controlador e a energia produzida dentro da microrrede é utilizada para autoconsumo ou para exportação para a rede, estando sujeito à regulação do país. Este é o modelo mais simples e com o menor nível de complexidade, pois a microrrede supre apenas um consumidor com diferentes cargas. É também, o modelo com menor grau de inovação, pois o proprietário deve arcar com todos os custos, questões

operacionais e riscos, além da taxa normal de utilização da rede principal enquanto opera na rede em modo conectado.

2.2.1.2 *Utility Microgrid* – DSO (Modelo Microrredes de concessionárias de distribuição, tradução livre)

Neste modelo, as concessionárias possuem e operam as linhas de distribuição e a geração distribuída dentro da microrrede de acordo com seus interesses, por exemplo reduzindo o pico de demanda ou injetando energia para controlar a tensão em áreas específicas ao redor da microrrede. Uma vantagem para quem estará usufruindo deste modelo de microrrede é evitar o alto investimento e custos operacionais, que ficam sob a responsabilidade da concessionária de distribuição. Os participantes pagam uma taxa extra para se beneficiarem de um nível mais alto de confiabilidade no fornecimento de energia, e outros consumidores, fora da microrrede, podem ter uma correção em forma de aumento de suas tarifas de energia para remunerar os novos ativos da concessionária. A complexidade desse modelo é que em muitos países, as concessionárias de distribuição não têm permissão para possuir ativos de geração, pois a regulação visa segregar geração, transmissão e atividades de distribuição.

2.2.1.3 *Hybrid* (modelo Híbrido)

Dentro do modelo híbrido, a microrrede pertence e, é operada por uma concessionária. Os participantes desse modelo de microrrede ficam responsáveis pelos recursos de geração, evitam parte do investimento e custos operacionais e, podem utilizar seus geradores (REDs) para suprir suas necessidades energéticas. Ao operar no modo ilha, cada participante através de seu gerador poderia vender energia para os demais participantes da microrrede, se permitido pelo marco regulatório daquele país. Semelhante ao modelo *utility microgrid*, novos consumidores poderiam ser integrados na microrrede original e pagariam uma taxa extra, por uma energia de maior confiabilidade. Este modelo exige uma forte coordenação entre a concessionária e os participantes para permitir uma operação segura e eficiente, especialmente durante o modo de ilhamento. As tarifas de energia de todos os

consumidores poderiam ser aumentadas para remunerar os novos ativos instalados pela concessionária.

2.2.1.4 *Multiuser* (modelo multiusuário, tradução livre)

No modelo multiusuário, os participantes da microrrede realizam a contratação de um terceiro (empresa privada) com experiência, conhecimento e recursos financeiros suficientes para projetar, construir, possuir e operar a microrrede e a geração energética para atender diferentes consumidores e cobrar uma taxa em troca do serviço. Os ativos podem ser transferidos para os participantes após os custos do investimento serem recuperados pelo terceiro. Semelhante ao modelo *utility microgrid*, os participantes do modelo multiusuário não arcam com os custos de capital ou os desafios técnicos para operar a rede, mas pagam uma taxa regular para cobrir os custos de manutenção e também o acesso à rede principal, enquanto operando no modo conectado à rede. Este é um dos modelos mais inovadores e apresenta o mais alto nível de complexidade, porque precisam de um marco regulatório que permita a venda de energia entre consumidores (comércio *peer-to-peer*), sem a participação da distribuidora nas microrredes. Além disso, uma forte coordenação entre os participantes é necessária para equilibrar a produção e o consumo de energia local, bem como gerenciar seu próprio sistema de comercialização de energia, o que aumenta a complexidade desses modelos. Por fim, não há impacto nas tarifas de energia dos consumidores fora da microrrede, pois a concessionária não seria responsável pela instalação dos novos ativos.

2.2.1.5 *Energy as a service* (Modelo em que a energia é fornecida como um serviço, tradução livre)

Dentro do modelo de energia fornecida como um serviço (EaaS), um terceiro fornece não apenas o projeto da microrrede, ativos, operação e manutenção, mas também uma completa assessoria energética na gestão de energia à medida das necessidades e objetivos de cada microrrede, incluindo eficiência energética e mercado atacadista, além de apoio financeiro ao projeto. Este modelo funciona com uma estrutura semelhante a um contrato de compra de energia por um período de longo prazo, onde os consumidores pagam honorários pelos serviços contratados,

que podem incluir indicadores para avaliar os resultados alcançados pelo provedor da microrrede, relativos aos indicadores que foram acordados no contrato, e ajustar as taxas com base no desempenho. Um desafio para este modelo é adaptar as regras regulatórias para permitir que esses provedores de microrredes operem dentro da área de monopólio da concessionária.

Tabela 2 - Modelos de negócio

Modelos de Negócio	Atuação da concessionária de distribuição	Características do modelo
Single User	Não atua	Número reduzido de barreiras regulatórias. O proprietário é o único participante e controlador e a energia produzida dentro da microrrede é utilizada para autoconsumo ou para exportação para a rede (dependendo da regulação do país)
Utility Microgrid	Possui e opera as linhas de distribuição e a geração distribuída	Concessionárias possuem e operam de acordo com seus interesses. Quem estará usufruindo deste modelo de microrrede evita o alto investimento e custos operacionais, que ficam sob a responsabilidade da concessionária de distribuição. A complexidade desse modelo é que em muitos países, as concessionárias de distribuição não têm permissão para possuir ativos de geração
Híbrido	Possui uma parte e opera o todo, porém os participantes da microrrede são responsáveis pelos recursos de geração distribuída	Os participantes desse modelo de microrrede ficam responsáveis pelos recursos de geração e evitam parte do investimento e custos operacionais. Semelhante ao modelo utility microgrid, novos consumidores poderiam ser integrados na microrrede original e pagariam uma taxa extra por uma energia de maior confiabilidade. Este modelo exige uma forte coordenação entre a concessionária e os participantes
Multiusuário	Não atua	Os participantes da microrrede realizam a contratação de um terceiro (empresa privada) para projetar, construir, possuir e operar a microrrede e a geração energética para atender diferentes consumidores e cobrar uma taxa em troca do serviço. Os ativos podem ser transferidos para os participantes após os custos do investimento serem recuperados pelo terceiro. Os participantes do modelo multiusuário não arcam com os custos de capital ou os desafios técnicos para operar a rede, mas pagam uma taxa regular. Apresenta alto nível de complexidade, porque a regulação precisa permitir o comércio peer-to-peer, sem a participação da distribuidora

EaaS	Não atua	Um terceiro fornece não apenas o projeto da microrrede, ativos, operação e manutenção, mas também uma completa assessoria energética na gestão de energia à medida das necessidades e objetivos de cada microrrede. Este modelo funciona com uma estrutura semelhante a um contrato de compra de energia por um período de longo prazo, onde os consumidores pagam honorários pelos serviços contratados, que podem incluir indicadores para avaliar os resultados alcançados pelo provedor da microrrede relativos aos indicadores que foram acordados no contrato e ajustar as taxas com base no desempenho. Alto grau de desafios regulatórios.
------	----------	--

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

2.2.2 Negociação *Peer-to-peer energy trading* (Negociação P2P) e tecnologia *blockchain*

A negociação de energia peer-to-peer não é um modelo de negócios de microrredes, mas tem sua aplicação em modelos híbridos, multiusuário e EaaS, principalmente quando associada à tecnologia *blockchain*. Isso permite a comercialização direta de energia dentro das microrredes entre os participantes e consumidores, com uma principal vantagem de manter o registro de forma confiável de todas as transações realizadas e cobrar o pagamento exato pelos serviços prestados. Com o aumento da complexidade das redes de energia elétrica, espera-se aumento no volume de informações e componentes controláveis. A tecnologia *blockchain* contribui para o gerenciamento dos dados e para a descentralização das ações. Outra vantagem substancial é que em função da distribuição de registros e descentralização na tomada de decisão a *blockchain* pode fazer a rede de energia elétrica mais resiliente. A segurança oferecida pela tecnologia, o custo e a facilidade de uma plataforma de negociação ajudam a amenizar muitas preocupações e limitações referentes ao desenvolvimento de redes de energia elétrica. Combinando as tecnologias das microrredes e de plataformas de negociação P2P com uso da *blockchain*, pode-se obter grandes vantagens de segurança, resiliência e confiabilidade dos dados.

2.3 Desafios de implementação

Como já foi visto, a implementação de microrredes propicia diversos benefícios. Porém, apesar dessas vantagens, existem diversos desafios que dificultam e até inviabilizam a implantação de projetos de microrredes. Os principais desafios encontrados podem ser classificados em três categorias: técnicos, regulatórios e de políticas públicas e econômicos.

2.3.1 Desafios técnicos

Primeiramente, tem-se como grande barreira técnica, os desafios relacionados a operação. Como as microrredes podem alternar do modo conectado à rede para o modo ilhado de operação, grandes discrepâncias entre geração e demanda podem surgir, causando problemas de controle da frequência e tensão (FANGZONG, 2021). Segundamente, mas não menos importante, os desafios de compatibilidade se mostram relevantes. Uma microrrede pode incluir uma variedade de componentes, como mecanismos de geração, armazenamento de energia, inversores, dispositivos de comunicação, aplicativos de software, etc. Cada potencial de geração do componente, tempo de inicialização, tempo de desligamento, inércia, custo operacional, taxa de carga/descarga, controle, e os limites de comunicação são diferentes. De maneira menos extensiva, essas diferenças de parâmetros podem dar origem a problemas de compatibilidade (FANGZONG, 2021). Outra questão de grande relevância é a integração dos recursos de geração energética renováveis e intermitentes, como a geração fotovoltaica e eólica. Incerteza, problemas de confiabilidade e dependência climática são impedimentos significativos à sua integração na rede elétrica, que podem ocasionar grandes flutuações na geração oriunda desses recursos, tornando as microrredes instáveis (FANGZONG, 2021). Um dos pontos mais complicados relacionados ao sistema elétrico das microrredes é o seu sistema de proteção de rede. Para microrredes que trabalham em sistemas conectados à rede ou em modo ilhado, o sistema de proteção precisa ser robusto o suficiente para ser capaz de suportar todo tipo de falha. O sistema de proteção deve ser capaz de desconectar rapidamente a microrrede da rede principal durante qualquer anormalidade, garantindo a proteção dos mecanismos de geração, linhas e cargas. Os seguintes fatores devem ser considerados para as questões de proteção: integração da geração distribuída com o sistema de distribuição, análise das

flutuações de falhas que podem ocorrer na rede, desconexões acidentais, entre outros.

2.3.2 Desafios econômicos

As tecnologias que envolvem uma microrrede são de grande complexidade. Isso acarreta em um alto custo inicial para a implementação e execução de um projeto que visa operar contendo todos os riscos técnicos já mencionados. Além disso, devido a complexidade e maturidade da tecnologia, ainda são poucas as empresas no mercado mundial que têm capacidade de implementar uma plataforma digital adequada e flexível para controlar e gerenciar o fluxo de dados e energia que circulam da rede principal para a microrrede, e vice-versa, garantindo o cumprimento de todas as normas de segurança e assegurando a boa atuação dos recursos energéticos distribuídos locais (CASTRO, 2020). Outra questão econômica é o nível de incerteza sobre quais tipos de modelos de negócio as microrredes poderiam atuar a partir da regulação imposta, o que aumenta os riscos econômicos de um determinado projeto e se torna uma barreira para possíveis financiamentos.

2.3.3 Políticas públicas e regulação

Como na maioria dos casos com inovações disruptivas, a tecnologia das microrredes progrediram mais rapidamente do que a parte regulatória que precisaria reger sua implementação e mercado. As microrredes desafiam a maioria dos pilares do sistema centralizado de energia que é dominante no mundo de hoje, e que irá necessitar de ajustes para se adequar a esses novos tipos de projeto. Segundo CASTRO (2020), o marco regulatório é o principal desafio que um projeto de microrredes urbanas enfrenta atualmente em muitos países, pois existem lacunas em suas políticas energéticas e regulação, que influenciam diretamente no risco econômico de incerteza em torno dos projetos de microrredes, impedindo potenciais investidores e instituições financeiras de adotá-los.

As regulações ligadas ao setor elétrico foram desenvolvidas nas últimas décadas com o foco principal nos grandes *players* que operam em um nível global e centralizado, fornecendo eletricidade de maneira massiva a uma grande quantidade de consumidores. Já as microrredes atuam localmente. Dito isso, a estrutura

regulatória existente pode ser muito restritiva, quando trazida a escala reduzida das microrredes, em assuntos específicos como concessões de locais de distribuição da energia, obrigações administrativas, entre outros (ENEA, 2017). A desagregação dos serviços de geração, transmissão e distribuição no nível de escala das microrredes também precisa ser revista para avaliar com mais precisão o seu impacto econômico no desenvolvimento de microrredes. Em uma escala como a das microrredes em que todos os serviços são locais, isso pode acabar sendo um desestímulo, desencadeando possíveis aumentos de custo (ENEA, 2017). Além disso, neste nível de grandeza energética, torna-se complexo a questão dos direitos dos usuários finais, como por exemplo a livre escolha de fornecedores, algo aplicado na rede elétrica tradicional em diversos países, mas que no microcosmo das microrredes precisa ser bem definido devido a singularidade deste modelo de operação.

Sobre a estrutura tarifária da rede, o modelo que rege a rede tradicional não está adaptado a usuários com alto nível de geração própria e autoconsumo, que seria o caso dos usuários de microrredes. Há muita incerteza em como definir as tarifas que seriam aplicadas aos usuários de microrredes, que podem necessitar apenas de uma pequena fração de energia da rede. Além disso, quando se adiciona o fator de venda do excedente de energia para o *grid*, a situação se torna ainda mais complexa e demanda uma regulação clara. Portanto, a estrutura tarifária precisa ser desenvolvida de uma maneira que incentive os investimentos em microrredes, adicionando também uma remuneração justa pelos serviços que elas podem prestar a rede principal.

Por fim, a conexão e desconexão (modo ilhamento) da microrrede da rede principal é uma operação crucial e complexa. Isto tem que ser claramente definido (responsabilidades, procedimentos, etc.) pelos formuladores de políticas visando o desenvolvimento de microrredes (ENEA, 2017).

Tabela 3 - Desafios de implementação de microrredes

Desafios	Pontos principais	Características
Desafios Técnicos	Operação	Problemas ao alternar do modo conectado à rede para o modo ilhado de operação
	Compatibilidade	Uma variedade de componentes complexos com diferenças de parâmetros pode dar origem a problemas de compatibilidade
	Integração de recursos de geração	Incerteza, problemas de confiabilidade e dependência climática podem ocasionar grandes flutuações na geração oriunda de recursos de geração renováveis
	Proteção de rede	O sistema de proteção precisa ser robusto o suficiente para ser capaz de suportar todo tipo de falha.

Desafios Econômicos	Alto custo inicial	As tecnologias que envolvem uma microrrede são de grande complexidade, portanto altos custos
	Escassez de serviços qualificados	Devido a complexidade e maturidade da tecnologia, ainda são poucas as empresas no mercado mundial que têm capacidade de implementar uma plataforma digital adequada e flexível para controlar e gerenciar a operação
	Incerteza da atuação	O nível de incerteza da atuação dos modelos de negócio de microrredes a partir da regulação imposta aumenta os riscos econômicos de um determinado projeto e se torna uma barreira para possíveis financiamentos
Desafios Regulatórios e de políticas públicas	Rede local x rede principal	A estrutura regulatória existente pode ser muito restritiva, quando trazida a escala reduzida das microrredes
	Desagregação de serviços	Separação entre geração, transmissão e distribuição no nível de escala das microrredes também precisa ser revista. Em uma escala como a das microrredes isso pode acabar sendo um desestímulo, desencadeando possíveis aumentos de custo
	Direitos dos usuários finais	Neste nível baixo de grandeza energética esta questão se torna complexa, por exemplo a livre escolha de fornecedores. Devido a singularidade do modelo de operação isso precisa ser bem avaliado
	Estrutura tarifária	O modelo que rege a rede tradicional não está adaptado a usuários com alto nível de geração própria e autoconsumo. Quando se adiciona o fator de venda do excedente de energia para o grid, a situação se torna ainda mais complexa. A estrutura tarifária precisa ser desenvolvida de uma maneira que incentive os investimentos em microrredes, adicionando também uma remuneração justa por seus serviços
	Conexão x desconexão da rede	Operação crucial e complexa. Precisa ser claramente definido (responsabilidades, procedimentos, etc.) pelos formuladores de políticas visando o desenvolvimento das microrredes.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

3 Experiências Internacionais

3.1 Contexto Internacional de Microrredes

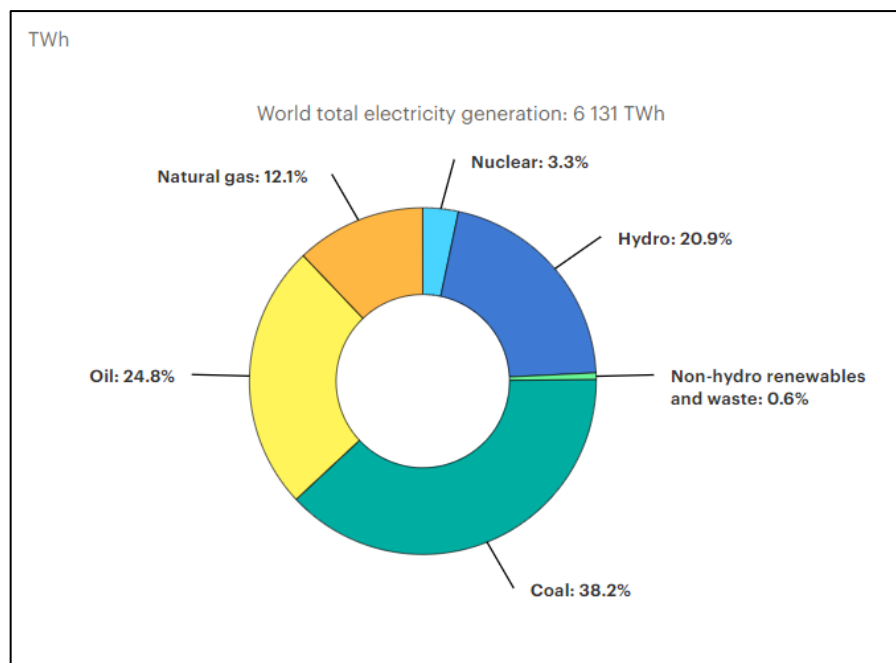
3.1.1 Matriz energética da geração elétrica mundial

Diversas discussões estão sendo feitas atualmente sobre o aquecimento global, um grande risco que paira sobre a humanidade, e que está impondo uma metamorfose da sociedade com foco na transição energética, para garantir a sustentabilidade mundial (DE CASTRO, 2022). A COP26, 26ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, é a principal cúpula da ONU para debater sobre questões climáticas e ocorreu ao final do ano de 2021 com o propósito de reforçar as metas estabelecidas no Acordo de Paris. A principal meta do acordo é

limitar o aumento da temperatura do planeta abaixo dos 2°C, para garantir um futuro com baixa emissão de carbono.

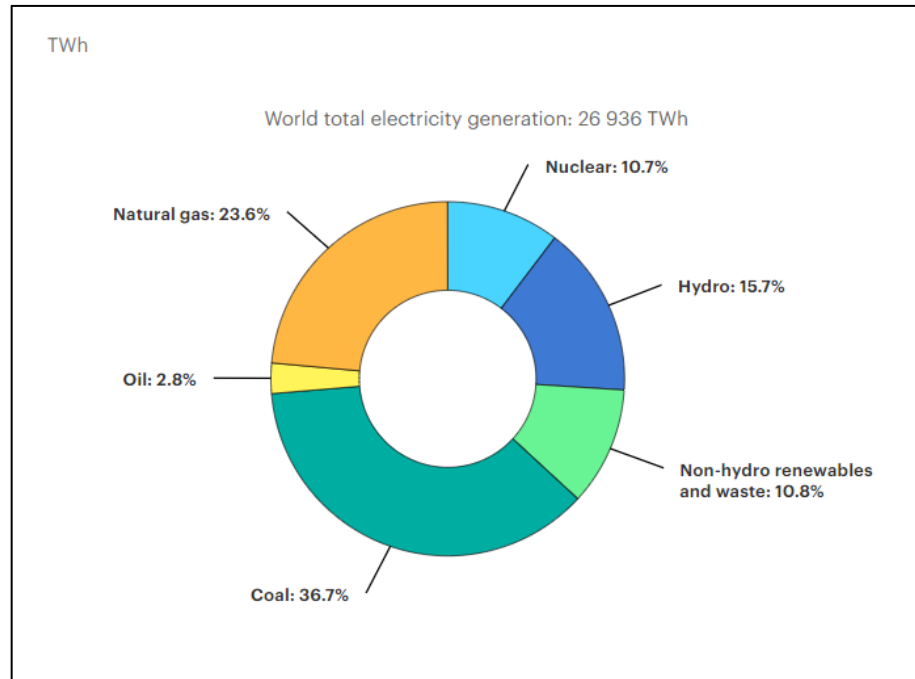
Pode-se perceber que a geração energética está seguindo uma tendência de adoção de recursos energéticos renováveis, que deve se intensificar nos próximos anos. Segundo os dados da IEA (2021), a soma de geração energética de recursos renováveis representava em torno de 20% do total da geração elétrica mundial em 1973. Porém em 2019, este número está em torno de 26%, com destaque para os recursos de geração renováveis não relacionados a hidro geração subindo de >1% para aproximadamente 10%.

Figura 3 - Participação global na geração de eletricidade, 1973



Fonte: IEA (2021)

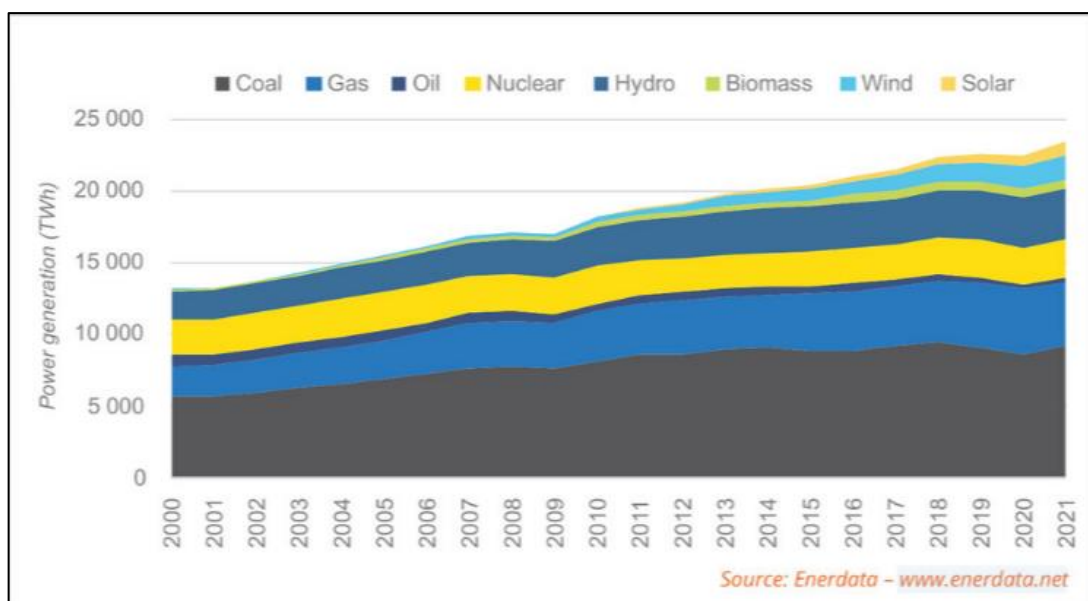
Figura 4 - Participação global na geração de eletricidade, 2019



Fonte: IEA (2021)

Diante desse cenário de crescimento de fontes renováveis de geração de eletricidade, pode-se perceber que as principais fontes de geração que estão sendo desenvolvidas são as provenientes de energia solar, eólica e biomassa, ressaltando-se que a partir de 2010 houve uma intensificação de sua adoção. O gráfico abaixo mostra a matriz energética nos países do G20 desde os anos 2000 até 2021.

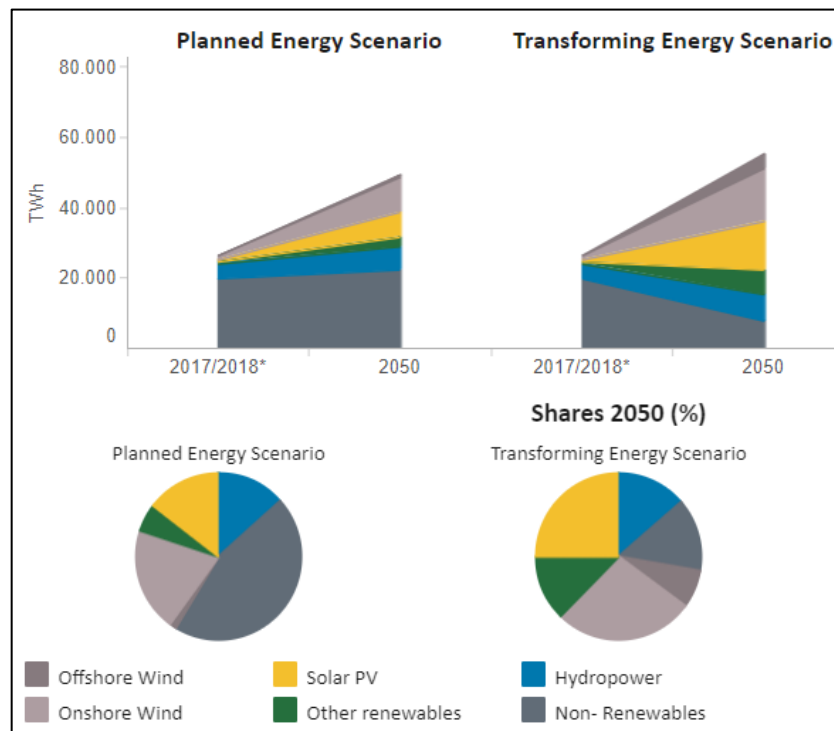
Figura 5 - Evolução da geração de eletricidade por fonte nos países do G20



Fonte: Enerdata (2021)

Para atingir as metas de descarbonização e de limitação do aquecimento global estipuladas, será necessário um maior crescimento do uso das fontes de geração renovável. O ano de 2050 é tido como uma data chave para conter o aquecimento global e as emissões globais no setor elétrico precisam ser limitadas até lá. O relatório “Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050” da *International Renewable Energy Agency* (IRENA), agência internacional especializada em energias renováveis, aponta dois cenários possíveis para a matriz energética mundial. O “Cenário de Energia Planejada” (PES) fornece uma perspectiva sobre o desenvolvimento do sistema de energia com base em planos de energia atuais dos governos e outras metas e políticas planejadas. Já o “Cenário de Transformação energética” (TES) descreve um ambicioso, mas realista, caminho de transformação energética baseado em grande parte em fontes de energia renováveis, e eficiência energética, isso colocaria o sistema de energia global no caminho necessário para limitar o aumento das temperaturas para abaixo de 2 graus Celsius (°C) e para 1,5°C durante este século (IRENA, 2021).

Figura 6 - Cenários da matriz energética mundial 2017/18 – 2050



Fonte: IRENA (2021)

Em todos os cenários, mas principalmente no cenário de transformação energética, vê-se que os recursos de geração renováveis terão grande crescimento. Dito isso, haverá a necessidade de integrar estes recursos ao sistema elétrico já estabelecido. Políticas públicas de incentivo e regulação favorável precisarão ser efetivas para atrair capital de investimento e viabilizar modelos de negócio. A integração dessa grande quantidade de geração que será desenvolvida não será feita do dia para a noite, mas sim, gradualmente. As microrredes, dadas as suas características de integração com a rede principal e utilização de recursos distribuídos de energia (idealmente renováveis, mas não como regra), são ideais para auxiliar no aumento da geração renovável e sua integração com a rede.

3.1.2 Liberação do mercado de energia

O mercado de microrredes tem diversos fatores a favor de seu crescimento nos próximos anos, como o crescente desenvolvimento de tecnologias ligadas ao setor elétrico, a necessidade de atingir metas sustentáveis, o crescimento da geração distribuída, entre outros. Porém, a base para a inserção das microrredes no mercado de energia está em sua regulação. A possibilidade de comercializar energia e a abertura do mercado para a criação de novos modelos de negócio, favorecem o desenvolvimento de um ambiente regulatório atraente para o investimento de capital privado. Além disso, como as microrredes são uma nova maneira de integrar os recursos de energia distribuídos ao mercado de energia e ao setor elétrico como um todo, se tornam uma opção atrativa para a alocação de geração renovável e, portanto, um incentivo ao crescimento da geração de energia renovável no mundo, em consonância com as metas de descarbonização.

Um dos pontos principais que envolvem a regulação das microrredes é a sua atuação na comercialização de energia. Em lugares como Singapura, a liberalização dos mercados de energia está se mostrando uma ferramenta promissora para diminuir os preços da eletricidade devido à operação competitiva do mercado e aumentar eficiência da rede (WOUTERS, 2015). Segundo WOUTERS (2015), a liberalização é a primeira fase da transformação da estrutura de fornecimento de energia. A incorporação de medidas climáticas e de energia renovável devem introduzir uma próxima fase de transição onde as microrredes poderiam desempenhar um papel central. Porém, na visão de MENDES et al. (2018), a liberalização pode não se

alinhar com as microrredes e acarretar problemas legais, pois os papéis dos proprietários e fornecedores de serviços da rede e da geração poderiam ser desagregados, o que pode causar problemas econômicos e ineficiências administrativas em pequenos sistemas locais.

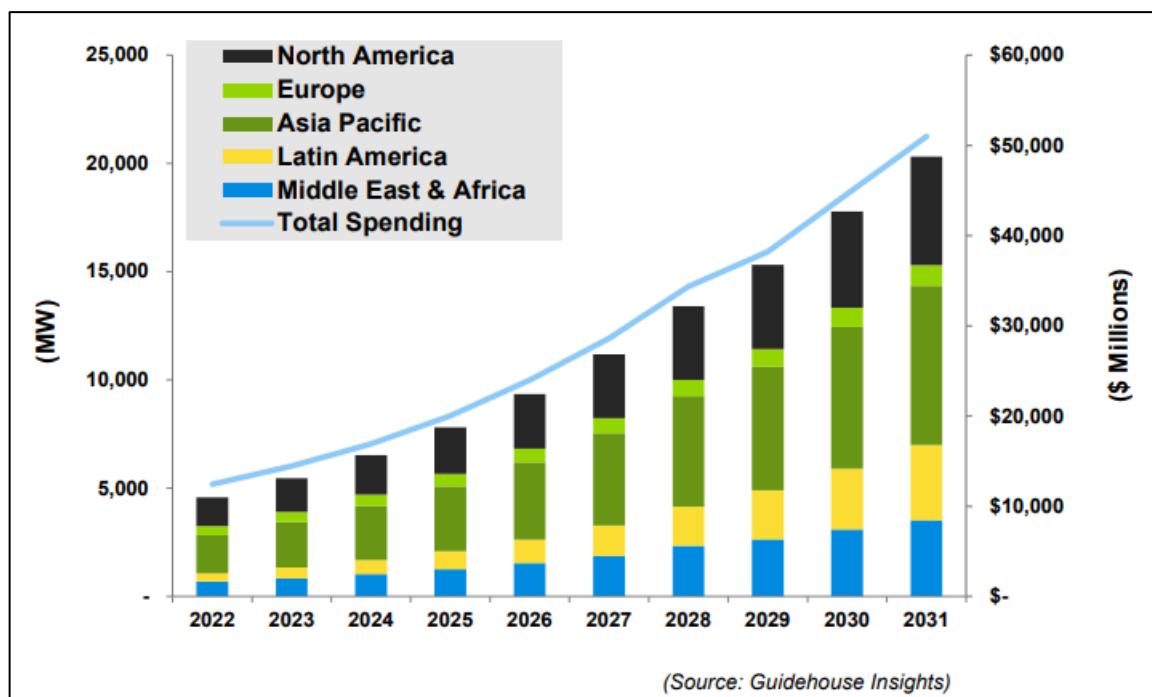
Globalmente, o status da liberalização do mercado varia. Mercados atacadistas que são totalmente livres para competição compreendem 40% da demanda global, e cerca de 47% desse mercado tem alguma forma de competição híbrida, por exemplos produtores de energia independentes, ou linhas de transmissão e geração pertencentes a empresas estatais, ou até algumas jurisdições com concorrência aberta. As concessionárias verticalmente integradas correspondem aos 13% finais da demanda global. Os mercados varejistas são menos liberalizados, com mercados totalmente competitivos, respondendo a 22% da demanda global, parcialmente competitivos representando 45%, e monopólios totalmente regulados representam os 33% restantes (IEA, 2020).

A Europa é a região em que os mercados operam com maior grau de liberalização: 93% da demanda na Europa opera em plena concorrência no mercado atacadista e 85% em plena concorrência no mercado varejista. Na América do Norte, 48% da demanda nos mercados atacadistas possui operação em concorrência livre, e no mercado varejista esse número cai para 29%. América Central e do Sul (25% em plena concorrência no atacado), Ásia (18%) e Oriente Médio e África (0%) apresentam níveis mais baixos de liberalização (IEA, 2020).

3.1.3 Panorama mundial de microrredes

Todas as principais regiões globais estão apresentando um crescimento significativo em relação ao mercado de microrredes. Esse crescimento se deve à queda nos custos das tecnologias necessárias para a implementação e melhoria nas funcionalidades do controle da operação (GUIDEHOUSE, 2022). No entanto, a falta de regulação e de políticas públicas apropriados e longos ciclos de desenvolvimento dos projetos de microrredes ainda são um obstáculo para o mercado. Ainda assim, pode-se perceber um crescimento global na demanda por tecnologias de geração descentralizada, caso das microrredes. Embora a pandemia de coronavírus tenha afetado a cadeia de suprimentos, o mercado de microrredes obteve um progresso global.

Figura 7 - Capacidade Total de Energia da Microrrede e Gastos de Implementação por Região, Mercados Mundiais: 2022-2031



Fonte: GUIDEHOUSE (2022)

Segundo o primeiro relatório de 2022 da Guidehouse Insights, companhia especializada em mercado e dados de tecnologias emergentes, o crescimento no mercado de microrredes difere por região, com características comuns e vários fatores e barreiras.

A região Ásia-Pacífico oferece o maior mercado geral de microrredes, com segmentos remotos constituindo a maior parte da implantação. A China começou a abrir suas portas para fornecedores do mercado externo para resolver problemas de fornecimento elétrico e abastecer grandes parques industriais. A falta de confiabilidade em sua infraestrutura elétrica se torna uma força motriz para a Índia enquanto os locais remotos das ilhas na Coreia do Sul, Vietnã e outras regiões do sudeste asiático deixam espaço para a expansão de microrredes.

Na América do Norte, os EUA lideram o mercado. Canadá e México também estão se tornando pontos principais para implantação de microrredes. Alasca, Califórnia, Texas e Nova York estão entre os 10 principais estados dos EUA em relação à implantação de microrredes. O crescimento do mercado na América Latina

é principalmente atribuído à contribuição da região do Caribe devido ao seu desejo de aumentar a resiliência de sua rede comunitária.

Enquanto a Arábia Saudita e o Quênia lideram em capacidade energética, a Tanzânia lidera no número de projetos desenvolvidos na região do Oriente Médio e África.

Na Europa, as microrredes ainda parecem não ter se tornado um grande nicho, pois é uma região em que há muito mais oportunidades de integração dos recursos energéticos distribuídos à rede do que em outras partes do mundo devido à infraestrutura de rede altamente confiável. A crescente preocupação com resiliência pode levar a mais adoção de microrredes nesta região no futuro.

3.2 Casos internacionais de microrredes

Este subcapítulo será dedicado a análise de dois casos internacionais de projetos de microrredes.

3.2.1 Projeto *Goleta Load Pocket Community Microgrid* – Califórnia, EUA

3.2.1.1 O projeto

O modelo de microrrede comunitária aplicado no *Goleta Load Pocket* (GLP) é uma nova abordagem para projetar e operar uma rede elétrica, através de energias renováveis locais e preparada para aumentar a resiliência. A região do GLP se estende do noroeste de Gaviota a sudeste de Carpinteria, próximo a Santa Bárbara, no estado da Califórnia.

As características principais do projeto são:

- Uma área de rede local direcionada e coordenada servida por uma ou mais subestações de distribuição;
- Forte presença de energias renováveis locais e outros recursos energéticos distribuídos, como armazenamento de energia e resposta à demanda;
- Uma solução que pode ser aplicada ao território de uma concessionária de energia e, replicada no resto do mundo

Figura 8 - Representação cartográfica do GLP



Fonte: Clean-Coalition (2018)

O objetivo do projeto é desenvolver uma Microrrede Comunitária abrangente para toda a área da rede da Subestação Goleta. Também, garantir que o objetivo de resiliência da comunidade local seja entregue por meio de energias renováveis locais e outros recursos distribuídos. Como consequência, o projeto visa entregar os benefícios de uma microrredes comunitária para a região, contando com benefícios econômicos, ambientais e de resiliência.

Para executar o projeto, a Clean Coalition, organização sem fins lucrativos que atua nos Estados Unidos impulsionando a inovação de políticas para remover barreiras à aquisição e integração de recursos energéticos distribuídos, elaborou um plano que consiste em primeiramente avaliar o nível de resiliência que pode ser fornecido a um bom custo benefício pela microrrede comunitária. Além disso, planeja demonstrar que a utilização de infraestrutura de geração a partir de gás natural tem sua resiliência comprometida na região.

Do lado regulatório e de políticas públicas, a organização visa atuar facilitando políticas e programas que possam auxiliar o desenvolvimento do projeto de microrrede com boa relação custo-benefício, por exemplo a tarifa *Feed-in* (FIT) que é aplicada nos Estados Unidos como mecanismo de incentivo para acelerar investimentos em energias renováveis através do oferecimento de contratos de longo termo a produtores desse tipo de energia, ou também programas residenciais de energia solar e armazenamento. Para a execução do projeto, a organização atribuiu responsáveis para cada tarefa e, principalmente, garantiu fundos para colocar em prática o projeto.

O GLP fica localizado no final da rede e é completamente dependente da rede, gerando muito pouco de sua própria energia. A área obtém a maior parte de sua energia de apenas um conjunto de linhas de transmissão que são penduradas nas

desastre, pode levar 30 vezes mais tempo para restaurar o serviço de gás do que a eletricidade (CLEAN-COALITION, 2022).

3.2.1.2 Políticas públicas e regulação das microrredes no estado da Califórnia

Aqueles que procuram construir microrredes nos Estados Unidos apontam para barreiras de longa data incorporadas em regulamentações estaduais existentes que aparecem de uma forma ou de outra em praticamente todos os 50 estados. Na Califórnia, uma das grandes barreiras regulatórias é a Seção 218 (*Section 218*) do código da *California Public Utilities Commission* (CPUC, tradução livre para: Comissão de Serviços Públicos da Califórnia), que é comentado como um grande limitador para o desenvolvimento de projetos (UTILITY DIVE, 2021). Conhecida como regra *over-the-fence*, impede que qualquer entidade, a não ser que seja uma concessionária, distribua eletricidade gerada em uma propriedade para mais de duas propriedades vizinhas ou para qualquer propriedade não adjacente. Quando autorizada, a norma protege as concessionárias da concorrência e os consumidores de práticas desleais, mas com o crescimento da energia gerada localmente, a regra termina restringindo o potencial de distribuição dessa energia (CENTER FOR SUSTAINABLE ENERGY, 2018). Cada concessionária do estado da Califórnia desenvolveu suas regras sob este código da CPUC, e um exemplo de barreira oriunda da Seção 218 para desenvolvimento de microrredes é a regra 18, submetida pela *Southern California Edison* (SCE, concessionária local de energia) que impede os operadores de microrredes de vender eletricidade a partir de suas unidades de armazenamento de energia porque a eletricidade armazenada pode incluir eletricidade recebida da concessionária de distribuição (MICROGRIDKNOWLEDGE, 2020).

Em 2018, o Legislativo da Califórnia aprovou o *Senate Bill* (SB: projeto de lei do senado) 1339, com o objetivo de realizar uma série de atividades para desenvolver políticas relacionadas a microrredes. O SB 1339 exigiu que a *California Public Utilities Commission* (CPUC, tradução livre para: Comissão de Serviços Públicos da Califórnia) desenvolvesse regulamentos, padrões e diretrizes até 1º de dezembro de 2020, para facilitar a comercialização de microrredes. Para tal, foram apontadas algumas questões-chave no projeto de lei:

- (1) como as microrredes operam e qual o seu valor;
- (2) possíveis melhorias da rede elétrica com microrredes;

(3) como as microrredes podem desempenhar um papel na implementação das metas políticas;

(4) como as microrredes podem apoiar as políticas da Califórnia para integrar uma alta concentração de recursos de energia distribuída na rede elétrica;

(5) como as microrredes operam na atual estrutura regulatória da Califórnia;

(6) desafios técnicos da microrrede.

A seguir serão vistos os pontos principais do SB 1339. Primeiramente, há uma apresentação e uma definição das microrredes. (*CHAPTER 4.5. Microgrids*) 8370. (d) (tradução livre):

“Microrrede” significa um sistema interconectado de cargas e recursos energéticos, incluindo, mas não limitado a, recursos energéticos distribuídos, armazenamento de energia, ferramentas de resposta à demanda ou outras ferramentas de gerenciamento, previsão e análise, dimensionadas adequadamente para atender às necessidades do cliente, dentro de um limite elétrico claramente definido que pode atuar como uma entidade única e controlável e pode se conectar, desconectar ou funcionar em paralelo com grandes porções da rede elétrica, ou pode ser gerenciado e isolado para suportar distúrbios maiores e manter o fornecimento elétrico para infraestrutura crítica conectada.

Segundo o ponto 8371 do SB 1339, as 3 principais ações tomadas após a criação da lei SB 1339 são:

(1) O desenvolvimento de *Tracks* (tradução livre: etapas) para promover a discussão entre as partes interessadas sobre a regulamentação das questões chave da SB 1339 e adotar as decisões. A princípio seriam 3 etapas, porém o calendário atual mostra 5 etapas a serem realizadas.

(2) A criação de um grupo, o *Resiliency and Microgrids Working Group* (RMWG, tradução livre: Grupo de trabalho de microrredes e resiliência) para facilitar discussões afim de continuar a apoiar a meta de resiliência e a comercialização de microrredes.

(3) O incentivo *Microgrid Incentive Program*, programa de incentivos de microrredes com um fundo de US\$ 200 milhões.

Os componentes de comercialização de microrredes são definidos pela SB 1339, e devem incluir: taxas, tarifas e regras, conforme necessário; a remoção das barreiras para a implantação de microrredes nos territórios das grandes concessionárias de capital privado; sem transferência de custos para clientes não

beneficiários; e, priorizando e garantindo a segurança e confiabilidade do trabalhador, do público e do sistema elétrico. O calendário de etapas para tratar sobre a regulamentação e políticas relacionadas ao tema envolve até agora 5 etapas (baseado no memorando de 17/12/2021 da CPUC):

Track 1:

Através desta primeira etapa, que começou em dezembro de 2019, a CPUC adotou a Decisão (D.) 20-16-017 que satisfaz muitos dos requisitos do SB 1339.

Algumas das principais ações nesta etapa foram visando a redução de barreiras para implementação de microrredes:

(1) Necessidade de alocação de uma equipe especializada em projetos de resiliência nas concessionárias de distribuição para jurisdições locais;

(2) Permissão para sistemas de armazenamento de energia de, antecipadamente a um evento de desligamento de energia (PSPS, *Public Safety Power Shutoff*), importar (mas não exportar) energia da rede para se preparar para a interrupção da rede;

(3) Remoção de algumas barreiras relacionadas aos limites de armazenamento;

(4) Aprovação do Programa de Capacitação de Microrredes Comunitárias da *Pacific Gas and Electric Company's* (PG&E, concessionária local) que fornece recursos técnicos e financeiros para um número prioritário de microrredes comunitárias solicitadas para fins de mitigação de PSPSs.

(5) Aprovação do programa *Make-Ready* da PG&E com duração de 2020 a 2022, que inclui habilitar as subestações priorizadas para operar em modo ilha.

Track 2:

Esta etapa foi iniciada em 03/07/2020 e finalizada dia 21/01/2021. Após a resolução dessa etapa, a CPUC emitiu a D. 21-01-018 que adota taxas, tarifas, e regras para facilitar a comercialização de microrredes conforme SB 1339. D.21-01-018 também adota uma abordagem provisória para minimizar as emissões da geração durante as interrupções de energia e um processo de transição para uma geração temporária limpa em 2022 e posteriormente. Especificamente, a D.21-01-018 ordena as seguintes ações primárias para as concessionárias de capital privado (IOUs) do estado:

(1) *Southern California Edison Company* (SCE, concessionária local) revisar sua Regra 2 para permitir a instalação de infraestrutura adicional ou especial para microrredes.

(2) SCE e PG&E revisar suas Regras 18 e SDG&E para revisar sua Regra 19, para permitir que microrredes locais do governo atuem fornecendo seus serviços a clientes críticos em suas proximidades.

(3) SCE, PG&E e SDG&E (*San Diego Gas & Electric*, concessionária local) para cada um criar uma tarifa para microrredes de geração renovável que impeça a transferência de custos para seus territórios.

(4) SCE, PG&E e SDG&E para desenvolver conjuntamente um Programa estadual de Incentivo à Microrrede com um orçamento de US\$ 200 milhões para financiar microrredes de energia limpa para apoiar as necessidades críticas de comunidades vulneráveis impactadas por interrupções na rede e testar novas tecnologias ou abordagens regulatórias para servir de base à ações futuras.

(5) SCE, PG&E e SDG&E para desenvolver caminhos para a avaliação e aprovação de métodos de isolamento elétrica confiáveis e de baixo custo para avaliar segurança e confiabilidade.

Track 3:

Esta etapa iniciou no dia 09/02/2021 e sua resolução ocorreu no dia 15/07/2021. Após a resolução dessa etapa, a CPUC adotou D.21-07-011 que suspende a taxa de capacidade de reserva, taxa cobrada pelas concessionárias para cobrir os custos de ter capacidade elétrica disponível para suprir as necessidades de um cliente com autogeração em caso de problemas inesperados, porém a geração precisa atingir uma série de critérios de energia renovável e de resiliência (MICROGRID KNOWLEDGE, 2021).

Track 4:

Esta etapa teve início no dia 17/08/2021, e foram programadas duas fases. A fase 1 deste processo respondeu ao pedido do governador Gavin Newsom do dia 30/07/2021, que proclamou Estado de Emergência em resposta à aceleração dos impactos da mudança climática na Califórnia. Em 02/12/2021, a CPUC adotou o D.21-12-004, que adotou um reforço para os requisitos de confiabilidade de rede para 2022 e 2023 dedicado as concessionárias PG&E e SDG&E.

A fase 2 teve seu início em outubro de 2021 e sua duração pretendida vai até novembro de 2022. A OIR (Order Instituting Rulemaking, tradução livre: ordem que institui regulamentação) deste processo afirma que muitos clientes de eletricidade estão vendo benefícios potenciais de investir em seus próprios recursos energéticos distribuídos. A OIR também afirma que as microrredes, como recurso energético distribuído, podem ajudar os clientes de eletricidade a garantir: (1) seu próprio nível de confiabilidade; gerenciar melhor suas necessidades; (2) atuar como uma entidade única agregada ao operador da rede de distribuição; ou (3) apoiar as políticas da Califórnia para integrar uma alta concentração de recursos de energia distribuídos na rede. Alguns dos pontos principais a serem tratados nessa fase são:

- (1) Aprovação do Programa de Incentivo de Microrredes (será novamente abordado mais à frente nesse capítulo);
- (2) Abordagem dos princípios guia para desenvolver tarifas para microrredes multi-usuário;
- (3) Desenvolvimento de tarifas para microrredes multi-usuário

Track 5:

Esta etapa terá início em 2022 (não foi informada uma data específica) e fim em 2023. Abordará principalmente questões relacionadas sobre o valor da resiliência e seus principais pontos são:

- (1) Impactos Econômicos e Patrimoniais;
- (2) Padrões de Resiliência;
- (3) Planejamento e Investimento de Rede;
- (4) Coordenação entre as Entidades Públicas;
- (5) Justiça Ambiental e Social.

Em janeiro de 2021, a CPUC autorizou o Programa de Incentivo à Microrrede, com um orçamento de US\$ 200 milhões, para financiar microrredes de energia limpa para apoiar as necessidades críticas de comunidades vulneráveis impactadas por interrupções na rede e testar novas tecnologias ou abordagens regulatórias. O Programa de Incentivo à Microrrede destina-se a fornecer financiamento para projetos comunitários de confiabilidade e resiliência com benefícios que incluem:

(1) Maior confiabilidade e resiliência da eletricidade em comunidades que podem estar em maior risco de interrupções elétricas;

(2) Maior confiabilidade para instalações de infraestrutura crítica, como quartéis de bombeiros, escolas e lares de idosos;

(3) Impactos reduzidos de quedas de energia e interrupções minimizadas para famílias de baixa renda, indivíduos que dependem de energia ininterrupta, utilizam equipamentos assistivos e/ou médicos ou experimentam outras necessidades funcionais e de acesso;

(4) Redução das emissões de Gases de Efeito Estufa por meio da implantação de tecnologias de geração limpa e expansão do mercado para soluções de resiliência que não dependem da geração a diesel.

Enquanto o conceito do programa já foi aprovado, os detalhes do projeto e implementação do programa ainda precisam ser elaborados. A equipe e os administradores do programa continuarão buscando contribuições de *stakeholders* por meio de workshops públicos e outros processos públicos sobre como melhor atender às necessidades elétricas de comunidades vulneráveis com os investimentos do programa. O lançamento do projeto está previsto para 2022.

Tabela 4 - Regulamentação e Políticas Públicas para Microrredes no estado da Califórnia

Aspectos Regulatórios e de Políticas Públicas	Denominação	Características principais
Barreiras	Seção 218, código CPUC	Impede que qualquer entidade, a não ser que seja uma concessionária, distribua eletricidade gerada em uma propriedade para mais de duas propriedades vizinhas ou para qualquer propriedade não adjacente. A regra termina restringindo o potencial de distribuição dessa energia. Concessionárias da Califórnia desenvolveram regras a partir deste código. Exemplo: regra 18 da SCE e PG&E e regra 19 da SDG&E.

Regulação pró microrredes	SB 1339	Tem o objetivo de realizar uma série de atividades para desenvolver políticas e regulações relacionadas a microrredes, seguindo as questões chave: (1) como as microrredes operam e qual o seu valor; (2) possíveis melhorias da rede elétrica com microrredes; (3) como as microrredes podem desempenhar um papel na implementação das metas políticas; (4) como as microrredes podem apoiar as políticas da Califórnia para integrar uma alta concentração de recursos de energia distribuída na rede elétrica; (5) como as microrredes operam na atual estrutura regulatória da Califórnia; (6) desafios técnicos da microrrede. Segundo o ponto 8371, foram tomadas ações em etapas.
	D. 20-16-017	As principais ações nesta etapa foram visando a redução de barreiras para implementação de microrredes: (1) necessidade de alocação de uma equipe especializada em projetos de resiliência nas concessionárias locais; (2) permissão para sistemas de armazenamento de, antecipadamente a um PSPS, importar (mas não exportar) energia da rede para se preparar para a interrupção; (3) remoção de barreiras relacionadas aos limites de armazenamento; (4) Aprovou o Programa de Capacitação de Microrredes Comunitárias da Pacific Gas and Electric Company's (PG&E, concessionária local) que fornece recursos técnicos e financeiros para um número prioritário de microrredes comunitárias solicitadas para fins de mitigação de PSPSs. (5) Aprovou o programa Make-Ready da PG&E com duração de 2020 a 2022, que inclui habilitar as subestações priorizadas para operar em modo ilha.
	D. 21-01-018	(1) SCE revisar sua Regra 2 para permitir a instalação de infraestrutura adicional ou especial para microrredes. (2) SCE e PG&E revisar suas Regras 18 e SDG&E para revisar sua Regra 19, para permitir que microrredes locais do governo atuem fornecendo seus serviços a clientes críticos em suas proximidades. (3) SCE, PG&E e SDG&E para cada um criar uma tarifa para microrredes de geração renovável que impeça a transferência de custos para seus territórios. (4) SCE, PG&E e SDG&E para desenvolver conjuntamente um Programa estadual de Incentivo à Microrrede com um orçamento de US\$ 200 milhões (5) SCE, PG&E e SDG&E para desenvolver caminhos para a avaliação e aprovação de métodos de isolamento elétrico confiáveis e de baixo custo para avaliar segurança e confiabilidade.

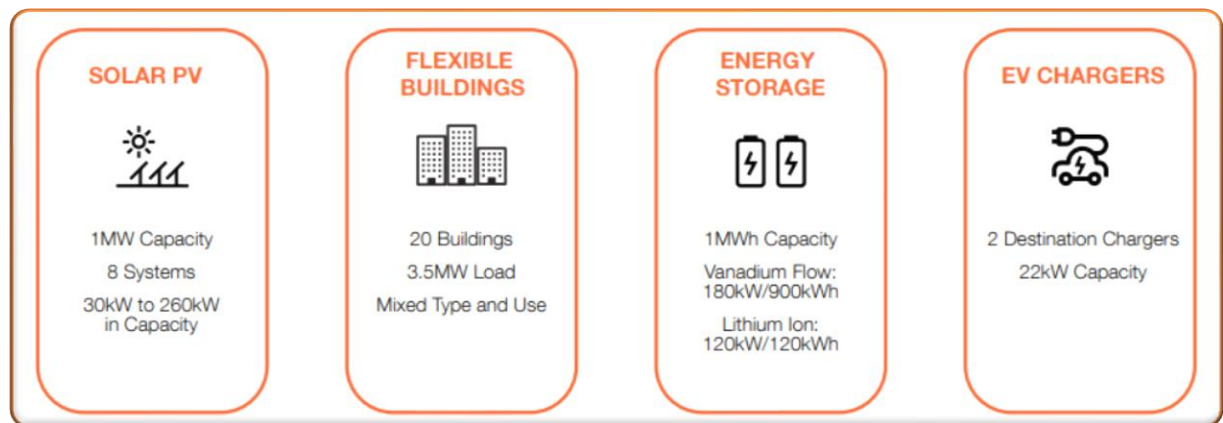
	D.21-07-011	Suspende a taxa de capacidade de reserva, taxa cobrada pelas concessionárias para cobrir os custos de ter capacidade elétrica disponível para suprir as necessidades de um cliente com autogeração em caso de problemas inesperados, porém a geração precisa atingir uma série de critérios
	D.21-12-004	Adotou um reforço para os requisitos de confiabilidade de rede para 2022 e 2023 dedicado as concessionárias PG&E e SDG&E
	Track 4, Fase 2	Conclusão planejada para novembro/2022 1) Aprovação do Programa de Incentivo de Microrredes; (2) Abordar os princípios guia para desenvolver tarifas para microrredes multi-usuário; (3) Desenvolver tarifas para microrredes multi-usuário
	Track 5	Conclusão planejada para 2023 Abordará principalmente questões relacionadas sobre o valor da resiliência e seus principais pontos são: (1) Impactos Econômicos e Patrimoniais; (2) Padrões de Resiliência; (3) Planejamento e Investimento de Rede (4) Coordenação entre as Entidades Públicas (5) Justiça Ambiental e Social
Políticas de Incentivo	Microgrid Incentive Program	Em janeiro de 2021, a CPUC autorizou o Programa de Incentivo à Microrrede, com um orçamento de US\$ 200 milhões, para financiar microrredes de energia limpa para apoiar as necessidades críticas de comunidades vulneráveis impactadas por interrupções na rede e testar novas tecnologias ou abordagens regulatórias. Enquanto o conceito do programa já foi aprovado, os detalhes do projeto e implementação do programa ainda precisam ser elaborados. O lançamento do projeto está previsto para 2022.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

3.2.2 Projeto: *The Monash Microgrid* – Victoria, Australia

3.2.2.1 O projeto

A Monash University, localizada na cidade de Melbourne em Victoria, Australia, está comprometida a realizar sua transição energética visando zero emissões poluentes até 2030. Como parte dessa transição, uma microrrede está sendo desenvolvida para demonstrar como um sistema elétrico 100% renovável pode



Fonte: MONASH UNIVERSITY (2019)

A gestão energética desses recursos distribuídos e da microrrede como um todo será alcançada através da implantação de uma plataforma de microrrede inteligente. As cargas controláveis de 3,5 MW da microrrede são a combinação de recursos distribuídos entre 20 edifícios. Os edifícios que estão conectados pela microrrede replicam uma comunidade real com uma variedade de edifícios antigos e novos e uma ampla diversidade de perfis de carga que emulam diferentes ambientes, como espaços de alta ocupação (teatro de artes, laboratórios e teatros), pequeno ambiente industrial (complexo de piscinas), comercial (lojas e escritórios de funcionários) e residencial (apartamentos).

3.2.2.2 Políticas públicas e regulação das microrredes em Victoria, Austrália

Segundo o *white paper* "Victorian Market Assessment for microgrid electricity market operators" escrito em 2019, material completo sobre microrredes no estado de Victoria e indicado pelo governo do estado como um material de referência, não há definição de microrrede e seus principais componentes na legislação ou regulamentação do estado. Isso é por si só uma barreira para o desenvolvimento de microrredes, devido à falta de clareza sobre como as leis e regulamentos do setor elétrico se aplicam. Atualmente, existem poucas políticas específicas que se aplicam às microrredes.

Como há um movimento crescente de necessidade de reformas nas políticas e regulações do sistema elétrico na Austrália, as experiências de integração e desenvolvimento de projetos de microrredes precisam ser consideradas nesse

contexto. As políticas do setor elétrico são atualmente impulsionadas por quatro questões principais:

- (1) O fato de a electricidade ser um serviço essencial (acesso);
- (2) O desempenho do mercado de eletricidade (escolha, acessibilidade e confiabilidade);
- (3) A transformação da rede de fornecimento de energia elétrica (conexão e serviço de rede);
- (4) A redução da poluição por emissões de carbono.

O fornecimento de energia elétrica é essencial, seja através de fornecimento local ou de rede. Em Victoria, espera-se que todos os clientes de eletricidade, incluindo clientes de microrredes, terão igual acesso às proteções do consumidor para manter o acesso ao fornecimento elétrico. No estado, existem proteções particularmente fortes em relação à desconexão por falta de pagamento de contas de eletricidade, sendo a desconexão uma medida de último recurso. A capacidade de um cliente escolher quem os fornece a eletricidade também é vista como uma importante proteção ao consumidor. Espera-se, portanto, que qualquer política sobre microrredes irá exigir que os proprietários e operadores de microrredes atendam aos padrões mínimos de proteção ao consumidor.

Não há leis ou regulamentos específicos que se apliquem às microrredes como um todo em Victoria. Em vez disso, as atividades envolvidas na operação de microrredes são reguladas individualmente. Geração, armazenamento, distribuição, fornecimento e venda de energia elétrica, são atividades proibidas em Victoria sob o Electricity Industry Act 2000 (EIA, lei do setor elétrico), a menos que quem realize as atividades seja licenciado ou isento da obrigatoriedade de habilitação.

Electricity Industry Act 2000 (VICTORIA STATE GOVERNMENT): Esta lei regula a indústria de fornecimento de eletricidade de Victoria. Ela exige que as pessoas que geram, transmitem, distribuem, fornecem ou vendem eletricidade, obtenham uma licença da Comissão de Serviços Essenciais de Victoria, ou uma isenção de licença. As principais obrigações incluem uma rede de segurança do consumidor para clientes domésticos e pequenas empresas.

Como as microrredes estão conectadas à rede de distribuição e podem participar do mercado atacadista de energia, as microrredes também precisam

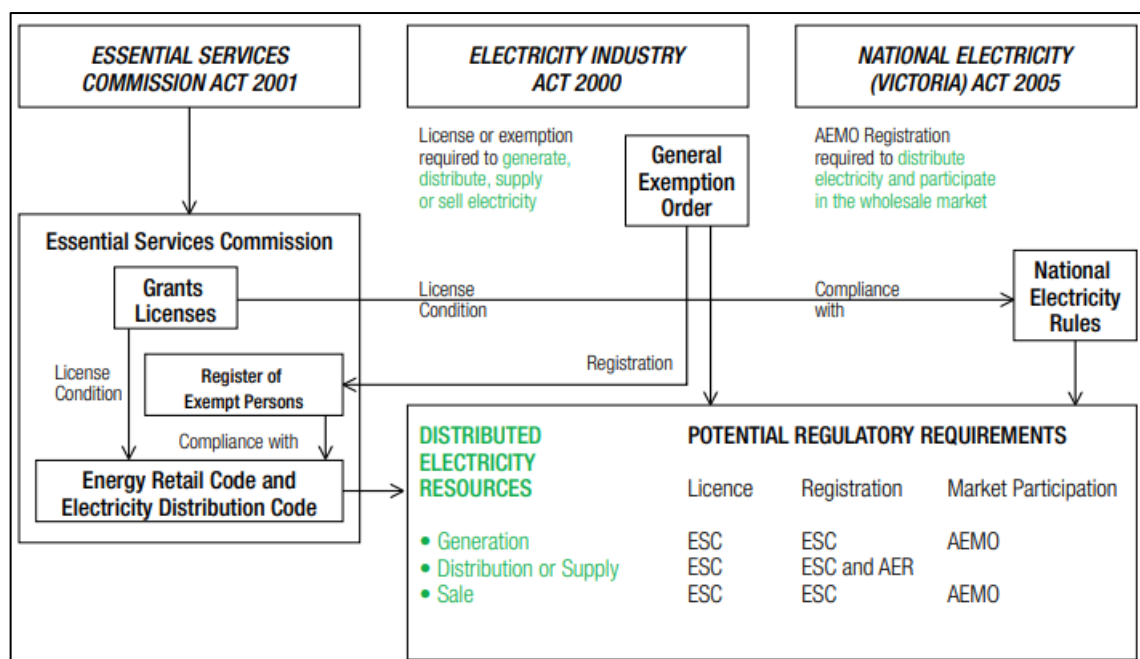
cumprir com o National Electricity Victoria Act 2005 (NEVA) como condição de sua licença ou isenção.

National Electricity Victoria Act 2005 (VICTORIA STATE GOVERNMENT): Esta Lei dispõe sobre a regulamentação do mercado atacadista nacional de eletricidade. Faz parte de um regime nacional que aplica a Lei Nacional de Eletricidade e as Regras Nacionais de Eletricidade elaboradas a partir dessa Lei. É definido que o regulador econômico é o Australian Energy Regulator (AER), o legislador é a Australian Energy Market Commission (AEMC) e o mercado nacional de atacado de eletricidade é administrado pelo Australian Energy Market Operator (AEMO).

A figura 12 ilustra como a lei atual em Victoria autoriza e regula atividades de fornecimento de eletricidade. Três peças principais de legislação estão envolvidas, a *Essential Services Commission Act 2001* (ESCA, tradução livre: Lei da Comissão de Serviços Essenciais), o EIA e o NEVA. Também são ilustradas algumas das principais interações entre essas leis.

Essential Services Commission Act 2001 (VICTORIA STATE GOVERNMENT): Esta Lei estabelece a *Essential Services Commission* (ESC, tradução livre: Comissão de Serviços Essenciais de Victoria) e dispõe de forma geral sobre suas funções e poderes.

Figura 12 - Visão geral da autorização e regulação do fornecimento de eletricidade distribuída em Victoria



Fonte: MONASH UNIVERSITY (2019)

Os poderes conferidos à ESC que são de particular interesse e com maior ligação às microrredes são a Seção 18(1) da EIA; a Seção 19(1) da EIA e a Divisão 3A da EIA.

Seção 18(1):

Uma pessoa pode solicitar à ESC a emissão de uma licença autorizando uma ou mais das seguintes atividades:

- (a) para gerar eletricidade para fornecimento ou venda;
- (b) transmitir eletricidade;
- (c) distribuir ou fornecer eletricidade;
- (d) vender eletricidade.

Seção 19(1):

A ESC pode conceder ou recusar um pedido de emissão de uma licença por qualquer motivo que considere apropriado, tendo em conta seus objetivos sob esta Lei e sob a Lei ESCA de 2001.

Divisão 3ª:

Trata sobre o registro feito pela ESC das pessoas isentas de uma licença.

A EIA autoriza a ESC a conceder licenças sob uma série de condições, que são abordadas nas seções 20 e 21 da EIA. Dentre essas condições, algumas das mais relevantes são: exigir que o licenciado pague taxas específicas e encargos relativos à licença para a ESC; exigir acordos específicos do licenciado; exigir acordos específicos com concessionárias de distribuição, entre outros.

Basicamente, no estado de Victoria as condições de licença definidas pela ESC regulam o fornecimento e venda de eletricidade para consumidores de energia.

É possível notar que o setor elétrico Australiano, em especificamente no caso do estado de Victoria, é em certo grau liberalizado e possui pouca regulação restritiva. Mas, como não existe uma regulação específica para microrredes e os recursos energéticos distribuídos são tratados individualmente, isso gera um alto grau de incerteza econômica e receio quanto a compatibilidade dos modelos de microrredes com as condições para adquirir as licenças necessárias para operar no mercado de energia. Porém, segundo o governo do estado de Victoria, é visto um grande potencial nas microrredes e estão apoiando o desenvolvimento e a implementação de uma série

de projetos de microrredes em todo o estado para enfrentar alguns desafios do setor elétrico e contribuir para o crescimento do setor de microrredes em Victoria. Após as condições extremas de incêndio da temporada de 2019-20, foi realizado um estudo de viabilidade para avaliar o potencial de instalação de novas opções de infraestrutura de energia resiliente para fornecer energia às comunidades e famílias durante eventos climáticos extremos e de alto impacto.

O programa *Community Microgrid and Sustainable Energy Program* (tradução livre: Programa de Microrrede Comunitária e Energia Sustentável) foi anunciado em maio de 2021 e tem como missão apoiar a instalação de uma combinação de energia solar, baterias e outros recursos de energia distribuída para edifícios de serviços essenciais, edifícios comerciais, industriais e residências, para fornecer fornecimento de energia confiável e construir energia resiliente em comunidades rurais. Os locais identificados através do estudo de viabilidade e que recebem apoio incluem: Mallacoota, Omeo e Corriong. O programa conta com um investimento total de US\$ 17 milhões (VICTORIA STATE GOVERNMENT, 2022).

Somando-se a isso, também foi implementada a *Microgrid Demonstration Initiative* (tradução livre: Iniciativa de Demonstração de Microrrede). A iniciativa de US\$ 10 milhões foi anunciada em dezembro de 2017, para apoiar o desenvolvimento e implementação de projetos de demonstração de microrredes que abordam os principais desafios encontrados e contribuem para o avanço da tecnologia em Victoria. O programa de subsídios da iniciativa está apoiando projetos de microrredes em todo o estado, totalizando atualmente mais de US\$ 27 milhões aplicados (VICTORIA STATE GOVERNMENT, 2022).

Tabela 5 - Regulamentação e Políticas Públicas relevantes para as Microrredes no estado de Victoria, Austrália

Aspectos Regulatórios e de Políticas Públicas	Denominação	Características
Regulação	Definição e regulação própria de microrredes	Ausente.

	Electricity Industry Act 2000 (EIA)	Esta lei regula a indústria de fornecimento de eletricidade de Victoria, exigindo que as pessoas que geram, transmitem, distribuem, fornecem ou vendem eletricidade, obtenham uma licença da ESC.
	Seção 18(1) da EIA	Uma pessoa pode solicitar à ESC a emissão de uma licença autorizando uma ou mais das seguintes atividades: (a) para gerar eletricidade para fornecimento ou venda; (b) transmitir eletricidade; (c) distribuir ou fornecer eletricidade; (d) vender eletricidade.
	Seção 19(1) da EIA	A ESC pode conceder ou recusar um pedido de emissão de uma licença por qualquer motivo que considere apropriado, tendo em conta seus objetivos sob esta Lei e sob a Lei ESCA de 2001.
	Divisão 3A da EIA	Trata sobre o registro feito pela ESC das pessoas isentas de uma licença.
	National Electricity Victoria Act 2005	Esta Lei dispõe sobre a regulamentação do mercado atacadista nacional de eletricidade. É definido que o regulador econômico é o Australian Energy Regulator (AER), o legislador é a Australian Energy Market Commission (AEMC) e o mercado nacional de atacado de eletricidade é administrado pelo Australian Energy Market Operator (AEMO).
	Essential Services Commission Act 2001	Esta Lei estabelece a Essential Services Commission (ESC, tradução livre: Comissão de Serviços Essenciais de Victoria) e dispõe de forma geral sobre suas funções e poderes.

Programas de incentivo	Community Microgrid and Sustainable Energy Program	Foi anunciado em maio de 2021 e tem como missão apoiar a instalação de uma combinação de energia solar, baterias e outros recursos de energia distribuída para edifícios de serviços essenciais, edifícios comerciais, industriais e residências, para fornecer fornecimento de energia confiável e construir energia resiliente em comunidades rurais. O programa conta com um investimento total de US\$ 17 milhões.
	Microgrid Demonstration Initiative	Iniciativa de US\$ 10 milhões foi anunciada em dezembro de 2017, para apoiar o desenvolvimento e implementação de projetos de demonstração de microrredes que abordam os principais desafios encontrados e contribuem para o avanço da tecnologia em Victoria. Totaliza atualmente mais de US\$ 27 milhões aplicados.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

4 Experiência do caso nacional – regulação e políticas públicas (respostas dos agentes a TS11 perguntas 30-33)

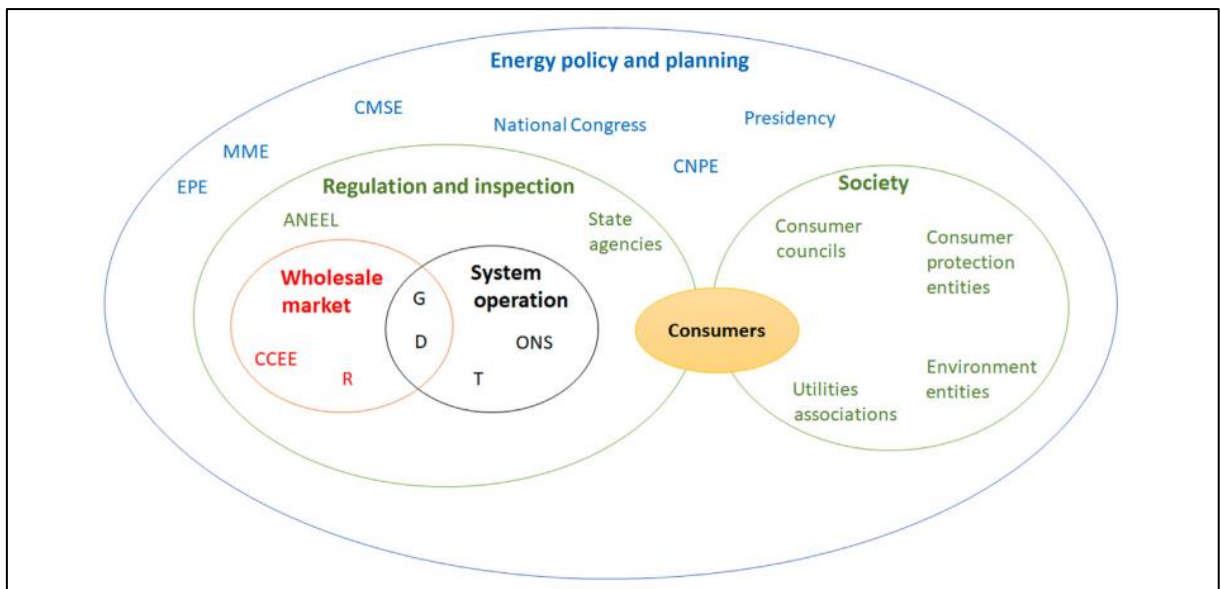
4.1 Política e estrutura regulatória no Brasil

As microrredes não possuem uma regulação no Brasil que especifica de maneira exata a sua delimitação no mercado de energia, as possibilidades de implementação e os modelos de negócio permitidos. Analisar o histórico regulatório e de políticas do país é um aspecto importante para compreender o cenário que está instaurado atualmente para o desenvolvimento das microrredes e identificar as possíveis necessidades de mudança para o crescimento da tecnologia no país.

No Brasil, a política energética é definida pelo Presidente da República, apoiado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), o Conselho Nacional de Política Energética, e o comitê de Monitoramento do Setor Elétrico. O Congresso Nacional também tem competência para estabelecer a política energética por meio da adição de novas leis. A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, juntamente com o apoio de agências estatais, é responsável pela regulação e fiscalização do mercado

de eletricidade e serviços no setor e, também, pela implementação de políticas públicas e cálculo da tarifa de eletricidade para os consumidores. O mercado atacadista é administrado pela Câmara para a Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), enquanto o despacho centralizado de grandes centrais elétricas (acima de 50 MW) e a gestão da interligação de linhas de transmissão são responsabilidades do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). No entanto, existem outros agentes, como: associações, conselhos de consumidores, entidades ambientais e grupos de estudo que desempenham um papel importante neste complexo quadro de política energética.

Figura 13 - Política e Marco Regulatório Brasileiro.



Fonte: CASTRO (2020)

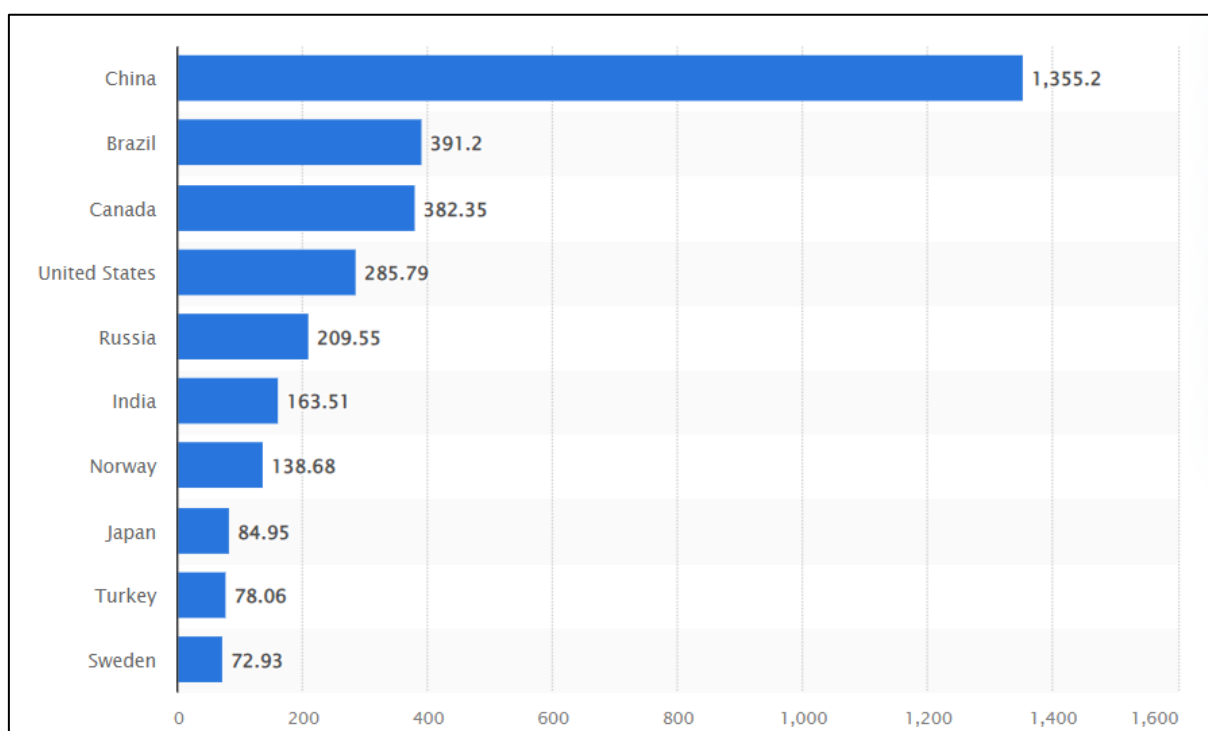
O ano de 2012 foi um grande marco para a geração solar fotovoltaica e para a mini e microgeração. A Resolução Normativa N° 481, de 17 de abril de 2012, concebeu um aumento no desconto para usinas solares fotovoltaicas com potência maior que 30 MW, de 50% para 80% (o desconto de 80% durando por 10 anos e aplicado a usinas que entraram em operação até 2017) nas tarifas de uso do sistema de distribuição e transmissão. Na mesma data, a Resolução Normativa N° 482 regulou a mini e microgeração distribuída conectadas a rede de distribuição, que até então não estavam inseridas adequadamente na regulação do sistema elétrico brasileiro (MARTINS, 2020).

Após essa grande evolução do marco regulatório, concretizada no ano de 2012, e que permitiu definir e inserir a micro e minigeração distribuída nos sistemas de distribuição de energia elétrica, ocorreram alguns ajustes em anos subsequentes. O ponto principal é que a partir de 2012 é possível observar um movimento para suavizar as barreiras regulatórias.

4.2 Matriz energética brasileira

A geração de energia hídrica representa atualmente mais de 60% da oferta energética brasileira. Em 2020, foram gerados 391,2 TWh de energia a partir de fontes hídricas. É um perfil energético comparável a grandes potências mundiais (Estados Unidos, China, Rússia) no quesito de geração hídrica.

Figura 14 - Largest hydroelectric power generating countries worldwide in 2020 (in terawatt hours)

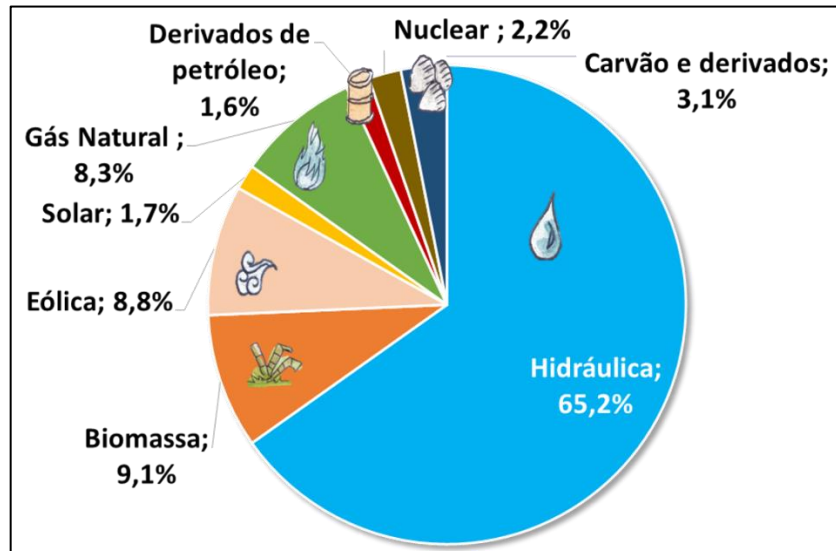


Fonte: STATISTA (2022)

Porém, pode-se perceber que o perfil energético brasileiro sofreu grandes alterações nos últimos anos. A matriz elétrica brasileira é composta minoritariamente por fontes emissoras como o gás natural e os derivados de petróleo e de carvão. A maior parte da matriz é oriunda de fontes renováveis de baixa ou nenhuma emissão

como hidráulica, solar, eólica e biomassa; e fontes não emissoras e não renováveis como a energia nuclear (EPE, 2021).

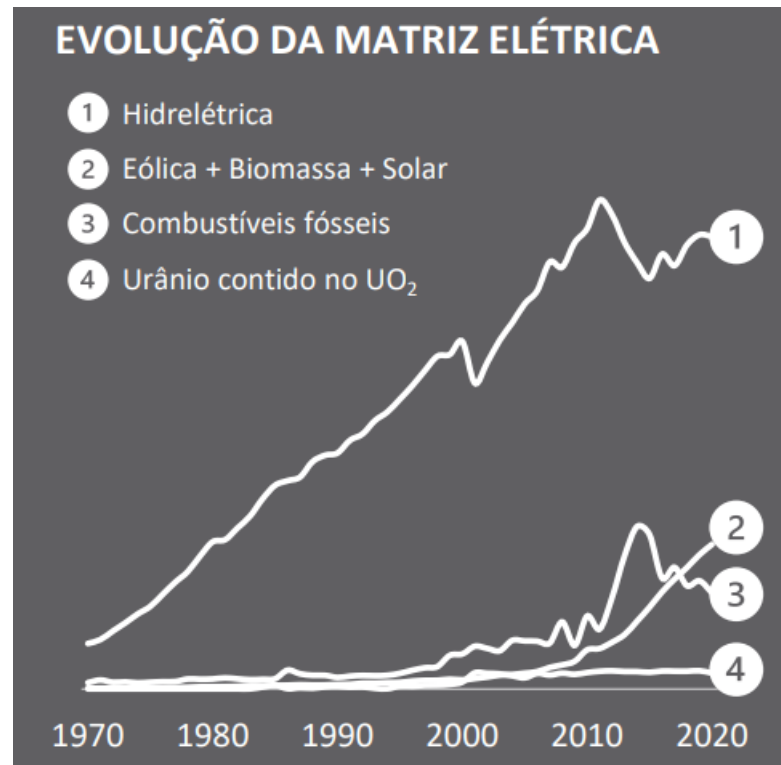
Figura 15 - Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: EPE (2021)

Segundo a EPE (2021), além da hidroeletricidade, pode-se destacar também a presença da geração a partir de biomassa, geração eólica e geração solar, que cresceram a taxas de 3%, 21% e 183% ao ano, respectivamente, entre 2015 e 2020. Biomassa (principalmente bagaço de cana) e geração eólica têm quase o mesmo percentual de participação na matriz elétrica. Embora o número de usinas de biomassa tenha aumentado lentamente durante na última década, as usinas eólicas vêm crescendo rapidamente e consistentemente desde 2009, indo de 606 MW para 14,7 GW no final de 2018 (CASTRO, 2020).

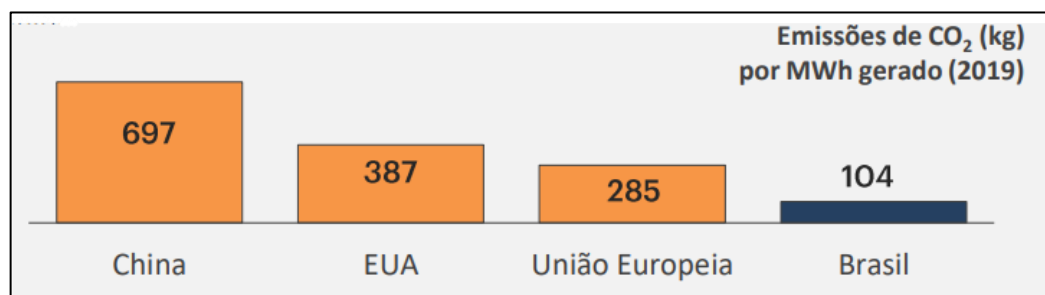
Figura 16 - Evolução da matriz elétrica brasileira



Fonte: EPE (2021)

Quando comparado ao resto do mundo, o Brasil detém uma posição de destaque na questão de emissão de poluentes na geração elétrica.

Figura 17 - Emissões de CO_2 (Kg) por MWh gerado



Fonte: EPE (2019)

Porém, as fontes renováveis possuem o fator sazonalidade, destaque para a geração hídrica brasileira que enfrenta esses problemas de maneira recorrente o que acaba tendo um grande impacto na confiabilidade da energia no país devido ao uso intensivo desse tipo de geração.

4.3 Qualidade do fornecimento de eletricidade no Brasil

De acordo com a ANEEL, a média do número de horas que um consumidor ficou sem energia elétrica em 2021 no Brasil foi de 11,84 e em média enfrentaram 5,98 interrupções no fornecimento de energia. Segundo a agência reguladora, o índice de frequência das interrupções por unidade consumidora é o menor da série histórica, porém a duração total das interrupções piorou em relação à média de 11,54 horas alcançada em 2020 (PORTAL SOLAR, 2022).

Para ter uma ideia se esses indicadores representam um serviço bom ou ruim para os consumidores, o caso da Austrália servirá de comparativo. Segundo uma pesquisa feita pelo Australian Energy Regulator, os consumidores australianos enfrentaram uma média de 3,33 horas de interrupções e uma média de 1,5 interrupções de serviço por ano de 2006 a 2016 (ENERGY NETWORKS AUSTRALIA, 2018). Isso mostra que a qualidade de fornecimento de energia no Brasil tem muito espaço para melhorias. Além disso, segundo a regulação da ANEEL sobre os Procedimentos De Distribuição De Energia Elétrica No Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), Módulo 8 sobre a qualidade do fornecimento de energia elétrica, as concessionárias devem reembolsar seus consumidores caso o fornecimento seja de má qualidade, que são medidos por alguns indicadores e comparados com os limites regulatórios. Em 2021, os consumidores brasileiros receberam um total de R\$ 718,5 milhões em compensação por ocorrências no fornecimento de energia elétrica (PORTAL SOLAR, 2022).

Portanto, aumentar a confiabilidade e a qualidade do fornecimento de energia são temas de grande relevância para consumidores e concessionárias no Brasil, e microrredes podem ser parte da solução.

4.4 Caso da microrrede na Granja Colombari, parceria entre Copel e Itaipu

A Granja Colombari, em São Miguel do Iguaçu, estado do Paraná, está sendo palco para um projeto de microrrede de abastecimento para sua propriedade e outras propriedades consumidoras vizinhas, ampliando a segurança energética da região rural.

O projeto foi desenvolvido em parceria entre a Itaipu Binacional, Companhia Paranaense de Energia (Copel) e Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás). O investimento inicial total foi de R\$ 3.073.670,03, que é composto por

equipamentos e mão de obra para a pesquisa e desenvolvimento. Os recursos foram financiados pela Itaipu (CANAL BIOENERGIA, 2019).

A Granja Colombari já era conhecida por ser a base do desenvolvimento de energia renovável a partir de dejetos de animais. A propriedade rural teve seu caso bastante difundido há pouco mais de uma década, como pioneira na produção de eletricidade a partir do biogás gerado com resíduos da criação de suínos. De acordo com informações recentes, a Granja está produzindo cerca de 15.000 kWh/mês.

O projeto se encontra em uma região de distribuição da Copel e com a implantação da microrrede, no caso de uma eventual falha a unidade geradora pode ser isolada de forma automática da rede e pode alimentar a área durante o período de contingência, realizando assim uma operação de ilha, recurso característico das microrredes. Um teste da operação de ilha da região foi realizado com sucesso no final do ano de 2021, fruto de um protocolo de intenções entre a concessionária de distribuição e a usina binacional (GOVERNO DO PARANÁ, 2021).

O projeto dá destino aos dejetos suínos da propriedade, que faz divisa com o Parque Nacional do Iguaçu. As fezes e urina dos porcos vão para um tanque, e durante 20 a 30 dias passam por um tratamento para deixar de serem poluentes, reduzindo em 90% a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa. No final do processo, são gerados dois produtos ecológicos: o biogás, destinado para a geração de energia elétrica, e o biofertilizante, que vai para a irrigação do pasto. Agora, os próprios resíduos da produção garantem a energia que move toda a produção, e o excedente é injetado na rede da Copel, através de um acordo realizado. A propriedade tem aproximadamente 5 mil suínos e 350 bovinos para pecuária de corte, cujos dejetos alimentam uma miniusina com potência de 75 quilowatts (GOVERNO DO PARANÁ, 2021).

4.5 Principais aspectos regulatórios e de políticas públicas do Brasil

Como destacado anteriormente, a regulação própria para microrredes no contexto mundial ainda se apresenta incipiente. Porém estão surgindo políticas e iniciativas a fim de difundir e desenvolver a tecnologia. Dadas as vantagens que as microrredes oferecem, é essencial o desenvolvimento de políticas e regulação no Brasil. Porém, o ambiente regulatório brasileiro apresenta algumas barreiras de grande relevância.

4.5.1 Direito ao monopólio

As concessionárias têm o direito de monopólio para fornecer eletricidade para todos os clientes localizados dentro de sua área de concessão. Esse direito de exclusividade foi estabelecido em cada contrato de concessão que foi assinado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), ANEEL e outras concessionárias, concedendo um prazo médio de 30 anos para fornecer serviços de eletricidade para residências, empresas, indústrias, setor público e propriedades rurais dentro de uma área geográfica específica (Lei Federal 9.074/1995, cap. 2, seção 1). Portanto, apenas concessionárias podem instalar infraestrutura elétrica em áreas públicas para abastecer seus próprios consumidores (CASTRO, 2020).

Porém, um gerador independente pode ser autorizado a fornecer energia e conectar sua rede privada a consumidores que atendam alguns requisitos específicos listados na Lei Federal 9.074/1995, Art. 15 e no Decreto 2003/1996, Artigo 23. A Lei Federal 9.074/1995, Art. 15 sanciona alguns limites mínimos de consumo elétrico para que os consumidores possam optar por contratar produtores independentes. Já o Decreto 2003/1996, Artigo 23, autoriza um produtor independente a comercializar energia com consumidores sob certas condições, como: mediante acordo com a concessionária local; ausência de fornecimento local no prazo de até 180 dias; consumidores de energia elétrica integrantes de complexo industrial ou comercial, aos quais forneça vapor ou outro insumo oriundo de processo de cogeração; entre outros.

4.5.2 Estrutura Tarifária

Os consumidores de baixo volume de energia no Brasil (principalmente residenciais e comerciais) pagam um valor fixo por seu consumo (R\$/kWh), independente do horário em que a energia foi consumida. Basicamente, o valor a ser pago pelo consumidor dependerá exclusivamente da quantidade de energia que ele consumiu, essa é a tarifa volumétrica, definida pelo Decreto N° 62.724, de 17 de maio de 1968. Porém, na ótica da concessionária, o custo da energia que ela precisa comprar para distribuir varia de acordo com os picos de demanda (CASTRO, 2020).

Na tarifa volumétrica a receita da concessionária depende diretamente da quantidade de energia vendida para cobrir seus custos fixos e variáveis. Se um grupo

de consumidores se reúne para formar um microrrede com geração própria, que significa reduzir o seu consumo da rede principal, a consequência imediata é um impacto negativo na receita da concessionária. Portanto, para restaurar o equilíbrio financeiro na receita da concessionária, reguladores teriam que aumentar a tarifa realizando um ajuste, mesmo para aqueles que não possuem geração, provocando um impacto negativo para todos os consumidores. O sistema tarifário brasileiro não se mostra, portanto, atraente para os serviços de resposta a demanda que podem ser fornecidos por recursos de geração distribuída, como geração solar ou sistemas de armazenamento, que poderiam ter uma grande importância em horários de pico, para, através da distribuição local, reduzir a demanda em horas críticas (CASTRO, 2020).

Realizar a transição para um sistema de tarifação mais flexível pode ser um grande passo para a flexibilização do mercado de energia brasileiro. Pois assim, os consumidores podem ter mais liberdade para escolher a melhor maneira de utilizar sua energia (MARTINS, 2020).

4.5.3 Comercialização de eletricidade

Uma fonte de renda importante para os modelos de negócio de microrredes é a venda de seu excedente de energia para a rede principal. No Brasil, os consumidores podem ter seu próprio sistema de geração distribuída, seguindo as condições de mini e micro geração, e exportar o seu excedente de energia para a rede sob um sistema de medição para obter descontos em suas contas de eletricidade segundo a Resolução Normativa 482/2012. Porém, não é autorizada a venda da energia diretamente para outros consumidores ou o recebimento de compensações financeiras de concessionárias. Portanto, apesar do benefício de ter uma redução significativa em suas contas de energia elétrica, as regras atuais impedem os consumidores de lucrar com sua geração própria. Os modelos de microrredes encontram uma grande barreira nesse quesito. Além disso, empresas de geração ou consumidores com geração própria não estão autorizadas a fornecer eletricidade diretamente aos consumidores sem passar pela rede das concessionárias de distribuição (CASTRO, 2020).

4.5.4 Escolha do fornecedor de eletricidade

Atualmente, apenas alguns tipos de consumidores, seguindo determinadas condições, podem escolher seu próprio fornecedor elétrico participando do Mercado Livre de Energia. O Mercado Livre de Energia é um ambiente competitivo de negociação de energia elétrica em que os participantes podem negociar livremente todas as condições comerciais como fornecedor, preço, quantidade de energia contratada, período de suprimento, pagamento, entre outras. Os consumidores compram energia de fornecedores alternativos a sua concessionária local. Nesse ambiente, o consumidor negocia o preço da sua energia diretamente com os agentes geradores e comercializadores (MERCADO LIVRE DE ENERGIA).

A maioria dos consumidores precisa comprar sua eletricidade das distribuidoras locais, isso inclui consumidores residenciais, pequenas unidades comerciais e industriais. Essas restrições de escolha podem limitar possíveis clientes de um projeto de microrredes, pois esses consumidores podem ser impossibilitados de cumprir os requisitos regulamentares para aderir ao mercado livre de eletricidade e mudar de fornecedor de energia. Porém, em 12/12/2019 foi publicada no Diário Oficial, pelo Ministério de Minas e Energia, a Portaria Nº 465, de 12 de dezembro de 2019, cujo objetivo foi diminuir requisitos para se tornar um consumidor livre. Os limites que antes exigiam uma demanda energética mínima de 1.500 kW para usufruir do mercado livre de energia, e de 500 kW até 1500 kW para usufruir como consumidor especial (podendo apenas adquirir energia incentivada, sendo ela advinda de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ou de fontes renováveis como eólica, biomassa ou solar) foram alterados e os consumidores poderão participar do mercado livre em conformidade com a portaria citada, obedecendo os seguintes critérios:

(1) A partir de 01/01/2021, os consumidores com carga igual ou superior a 1.500kW e qualquer nível de tensão;

(2) A partir de 01/01/2022, os consumidores com carga igual ou superior a 1.000kW e qualquer nível de tensão.

(3) A partir de 01/01/2023, os consumidores com carga igual ou superior a 500kW e qualquer nível de tensão.

Além disso foi definido um prazo para que a ANEEL e a CCEE apresentem um estudo sobre as medidas regulatórias necessárias para permitir a abertura do mercado livre para os consumidores com carga inferior a 500 kW, com início a partir de 01/01/2024 (MERCADO LIVRE DE ENERGIA).

4.5.5 Serviços Ancilares

Nas atuais regras regulatórias, apenas as denominadas unidades geradoras são remuneradas por fornecer serviços ancilares à rede, de acordo com a Resolução Normativa nº 697 de 16/12/2015 (ANEEL) e com o Submódulo 14.1 da ONS que definem esses serviços. Porém, as microrredes não se enquadram nesta classificação (CASTRO, 2020), o que impede seus participantes de oferecer esses serviços para apoiar a rede e receber receita adicional. Como as microrredes são um conjunto de recursos energéticos distribuídos, alguns dos serviços ancilares que poderiam ser oferecidos a rede, visando uma compensação financeira, são: Controle de tensão; Regulação da frequência; Reserva rápida; Serviço de restabelecimento ou “backup”; Estabilidade da rede; entre outros (CHAVES, 2009).

4.5.6 Ilhamento das microrredes

As normas regulatórias e as normas técnicas das concessionárias impõem algumas restrições para clientes com geração distribuída para operar no modo ilha durante uma curta interrupção ou mesmo um longo período sem serviços de distribuição (CASTRO, 2020). Atualmente, as distribuidoras optam por evitar o ilhamento devido às consequências que podem ser causadas por um ilhamento não intencional. Uma grande preocupação é relacionada à segurança dos trabalhadores responsáveis pela manutenção da rede da distribuidora, pois podem haver equipamentos energizados pelos recursos de geração distribuída, levando a acidentes e possíveis danos, principalmente no serviço de restabelecimento da energia (MARTINS, 2021).

Para o caso das microrredes, ainda não existe legislação específica para sua variação de operação isolada para conectada e vice-versa no Brasil (MARTINS, 2021). A não regulamentação é, em si, uma barreira, pois a operação em ilha é uma das funcionalidades mais características das microrredes, sendo o principal fator que pode atuar em pró da resiliência do micro sistema. Dúvidas em sua aplicabilidade podem gerar incertezas acerca do modelo.

As concessionárias já possuem normas que abordam questões técnicas, de segurança e de operação relacionadas ao ilhamento de micro e mini geração. Um

exemplo é a *Instrução Técnica IT-11.01.081* da Companhia Estadual de Energia Elétrica Distribuição (CEEE Distribuição) e o *Manual de Distribuição “Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão”* da Companhia Energética de Minas Gerais S.A. Distribuição (CEMIG Distribuição).

4.5.7 Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

De acordo com a Lei Federal Brasileira 9991/ 2000 de 24 de julho de 2000, que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências (Brasil, 2000), as concessionárias devem investir uma parte de sua receita líquida operacional em projetos de P&D todos os anos, seguindo a resolução normativa Nº 754, de 13 de dezembro de 2016 da ANEEL que aprova os Procedimentos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento.

Diante disso, as concessionárias precisam implantar projetos de P&D relacionados ao seu negócio, o que abre uma gama de possibilidades, como parcerias com universidades, centros de pesquisa, entre outros. Esses recursos, destinados à pesquisa, podem se tornar uma fonte relevante de financiamento para projetos P&D de microrredes, e, futuramente, pode ocorrer o compartilhamento das informações adquiridas com outras partes interessadas (CASTRO, 2020). Como os projetos de P&D podem ser desenvolvidos em parceria com concessionárias de distribuição, a realização de testes práticos com os recursos das microrredes podem se tornar uma realidade tangível, devido a parceria entre as partes envolvidas e ao ambiente de testes controlável.

Tabela 6 - Principais aspectos regulatórios e de políticas públicas ligados às microrredes no Brasil

Aspectos Regulatórios e Políticas Públicas	Denominação	Características
--	-------------	-----------------

Direito ao Monopólio	Lei Federal 9.074/1995, cap. 2, seção 1	As concessionárias têm o direito de monopólio para fornecer eletricidade para todos os clientes localizados dentro de sua área de concessão. Portanto, apenas concessionárias podem instalar infraestrutura elétrica em áreas públicas para abastecer seus próprios consumidores.
	Lei Federal 9.074/1995, Art. 15	Sanciona alguns limites mínimos de consumo elétrico para que os consumidores possam optar por contratar produtores independentes.
	Decreto 2003/1996, Artigo 23	Autoriza um produtor independente a comercializar energia com consumidores sob certas condições, como: mediante acordo com a concessionária local; ausência de fornecimento local no prazo de até 180 dias; consumidores de energia elétrica integrantes de complexo industrial ou comercial, entre outros.
Estrutura Tarifária	Decreto Nº 62.724, de 17 de maio de 1968	Basicamente, o valor a ser pago pelo consumidor dependerá exclusivamente da quantidade de energia que ele consumiu, essa é a tarifa volumétrica.
Comercialização de eletricidade	Resolução Normativa 482/2012	Os consumidores podem ter seu próprio sistema de geração distribuída, seguindo as condições de mini e micro geração, e exportar o seu excedente de energia para a rede a fim de obter descontos em suas contas de eletricidade. Porém, não é autorizada a venda da energia diretamente para outros consumidores ou o recebimento de compensações financeiras de concessionárias.
Escolha do fornecedor de eletricidade	Mercado Livre de Energia	O Mercado Livre de Energia é um ambiente competitivo de negociação de energia elétrica em que os participantes podem negociar livremente todas as condições comerciais como fornecedor, preço, quantidade de energia contratada, período de suprimento, pagamento, entre outras. Os consumidores compram energia de fornecedores alternativos a sua concessionária local.

	Portaria Nº 465 de 12 de dezembro de 2019	O objetivo foi diminuir requisitos para se tornar um consumidor livre: (1) A partir de 01/01/2021, os consumidores com carga igual ou superior a 1.500kW e qualquer nível de tensão; (2) A partir de 01/01/2022, os consumidores com carga igual ou superior a 1.000kW e qualquer nível de tensão. (3) A partir de 01/01/2023, os consumidores com carga igual ou superior a 500kW e qualquer nível de tensão.
Serviços Ancilares	Resolução Normativa nº 697 de 16/12/2015 (ANEEL)	Unidades geradoras são remuneradas por fornecer serviços ancilares à rede. As microrredes não se enquadram nesta classificação
	Submódulo 14.1 da ONS	
Ilhamento das microrredes	Ausência de regulação para microrredes	Ainda não existe legislação específica para a mudança de operação isolada para conectada e vice-versa no Brasil
	Instrução Técnica IT-11.01.081 (CEEE)	Exemplo de normas das concessionárias que abordam questões técnicas, de segurança e de operação relacionadas ao ilhamento de micro e mini geração.
	Manual de Distribuição "Requisitos ... - Conexão em Baixa Tensão" (CEMIG)	
Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Lei Federal Brasileira 9991/2000 de 24 de julho de 2000	Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências
	Resolução normativa Nº 754, de 13 de dezembro de 2016 da ANEEL	Aprova os Procedimentos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento.

Fonte: Elaborada pelo autor

4.6 Análise das contribuições da Tomada de Subsídios 11/2021 da ANEEL

A ANEEL abriu em julho de 2021 a Tomada de Subsídios 11/2021 (TS11) para receber propostas de modelos regulatórios com vistas a inserção de recursos energéticos distribuídos como o armazenamento de energia, veículos elétricos e resposta da demanda, além de microrredes e usinas virtuais. Foram coletados dados e impressões de consumidores e agentes do mercado que irão subsidiar as decisões sobre o uso dessas tecnologias. As propostas contaram com a contribuição de distribuidoras de energia; associações; empresas e outros representantes, totalizando 65 contribuintes.

Ao todo, na TS11, foram 33 questões abertas para contribuições dos participantes. Porém, as questões relacionadas as microrredes englobam somente 4 delas:

Questão 30: Quais deveriam ser os limites de atuação de microrredes conectadas na rede sem afetar o monopólio natural das distribuidoras (estabelecidos nos contratos de concessão)? Como deveriam ser tratados os consumidores atendidos por microrredes (mesmos direitos e deveres dos demais consumidores ou com regras próprias)?

Questão 31: Poderia haver a compra e venda de energia entre os participantes da microrrede?

Questão 32: Como os integrantes da microrrede poderiam ser remunerados pela prestação de serviços para a rede da distribuidora (redução de carga no horário de ponta, injeção de energia, controle de tensão, etc.)?

Questão 33: Quais parâmetros técnicos e econômicos sobre microrredes a Agência deveria regular?

Para essas questões, apenas 38 contribuintes realizaram suas participações (assinalados em verde na figura XX). A partir da área de atuação dos contribuintes, pode-se realizar uma classificação em grupos para auxiliar na análise de suas contribuições.

Tabela 7 - Categorização dos contribuintes da TS11

Distribuidoras	Associações e empresas de GTC	Associações e empresas de produtos e soluções para o SE	Representantes de Consumidores	Agentes focados em fontes renováveis	Especialistas (academia, consultores)
----------------	-------------------------------	---	--------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica - ABRADEE	AES Brasil	Assoc. Bras. Ind. Elétrica e Eletrônica - ABINEE	Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres - ABRACE	Associação Brasileira de Biogás - ABiogás	Associação Brasileira de Microrredes - ABMR
CEMIG	Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia - Abraceel	Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base - Abdib	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR	Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras - CERTI
Companhia Paranaense de Energia - Copel	Associação Brasileira das Empresas de Transmissão de Energia Elétrica - ABRATE	KRJ INDUSTRIA E COMERCIO LTDA		Associação Brasileira de Geração Distribuída - ABGD	GESEL/UFRJ - Grupo de Estudos do Setor Elétrico
EDP	Associação Brasileira dos Investidores em Autoprodução de Energia - ABIAPE	Society of Automotive Engineers - SAE BRASIL		Centro Internacional de Energias Renováveis - CIBiogás	Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo - Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos
Enel	Associação da Indústria de Cogeração de Energia - COGEN	Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica - PNME		Omega Energia	Laboratório de Energia Solar - IEE-USP
Energisa	CHESF	YOU.ON ENERGIA S.A.		AXS Energia S.A	Marcos Aurelio Izumida Martins (pessoa física)
Equatorial Energia S.A	ISA CTEEP - Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista	Associação Brasileira do Veículo Elétrico - ABVE		Faro Energy	Julio Cesar Bento (pessoa física)
Grupo CPFL Energia	ONS	Associação Brasileira de Engenharia Automotiva - AEA		PRODUZ ENERGIA SOLAR LTDA	Pessoa Física Não identificada 1
Neoenergia		Associação Brasileira de Internet das Coisas - ABINC		Pontoon Energia Ltda.	ARCHIPEL
		Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA			Comitê de Estudos 003.120.001 - COBEI/ABNT
		Eletra Energy Solutions			Dínamo Energia
		CLAMPER Ind. e Comercio Ltda			Instituto de Engenharia do Paraná – IEP

Sinapsis Inovação em Energia
Unicoba
Universidade Souza Cruz
Aurelio Mayorca (pessoa física)
Carlos Cézar de Freitas (pessoa física)
Claudio Montes Puga (pessoa física)
Edson Miranda da Silva (pessoa física)
Élica Pereira Espindola (pessoa física)
Nayanne Souza (pessoa física)
Paulo Henrique Cabral Dettmer (pessoa física)
Raphael Silva e Silva (pessoa física)
Ricardo Brandão Silva (pessoa física)
Pessoa Física Não identificada 2
Pessoa Física Não identificada 3

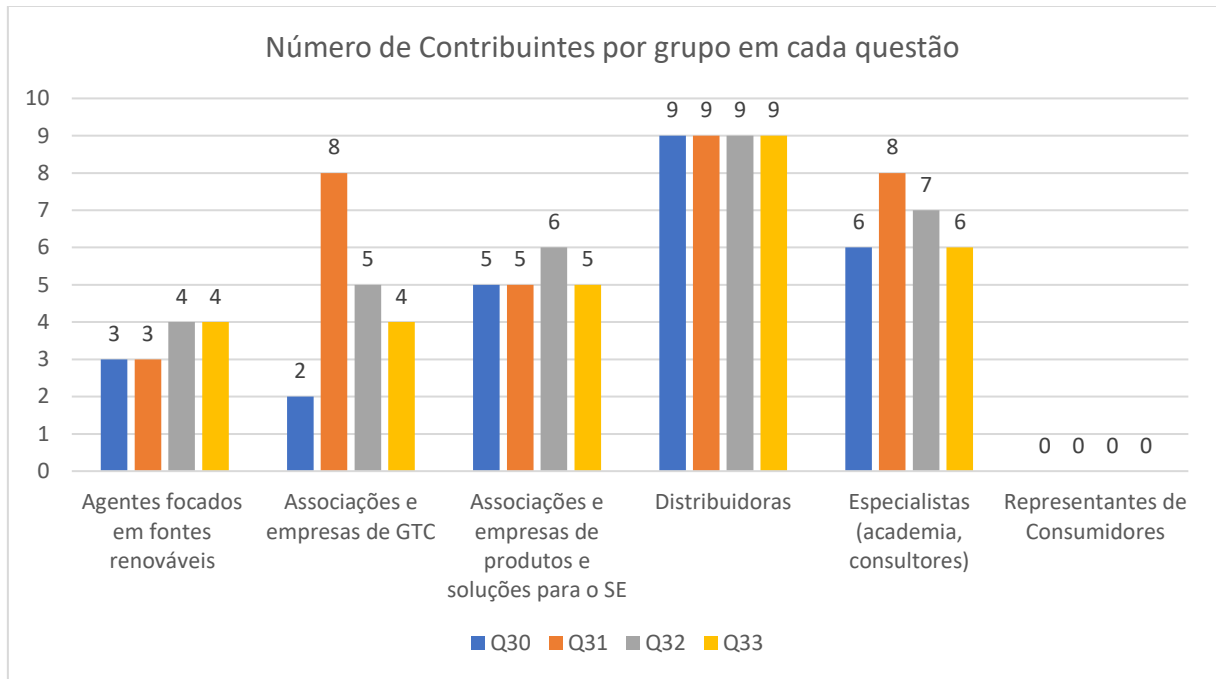
Fonte: Elaborada pelo autor

O grupo das Distribuidoras é formado apenas pelas distribuidoras. Em seguida, o grupo de associações e empresas das áreas de geração, transmissão e comercialização (GTC). Já o grupo de Associações e empresas de produtos e soluções para o Setor Elétrico (SE), tem-se as associações e empresas especializadas nesses produtos e soluções (baterias, conectores, software, entre outros). Na coluna seguinte, o grupo dos Agentes focados em fontes renováveis, cujo propósito é restrito a essas fontes. Por último, o grupo dos especialistas, podem ser pessoas físicas, academia, consultorias, centros de estudo, independentes, etc.

A importância da categorização em grupos vem da ideia de analisar interesses de agentes com características próximas para tentar entender as convergências ou divergências de opinião.

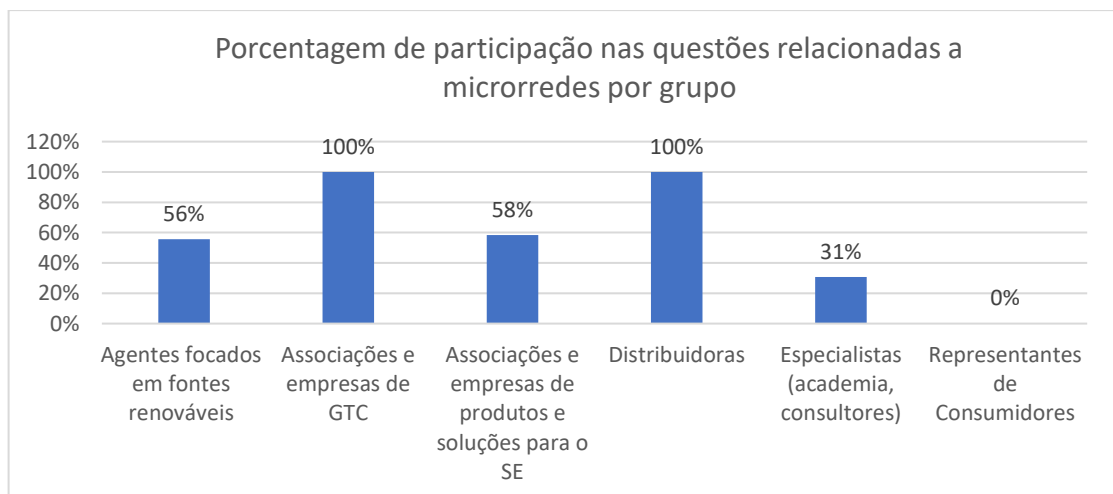
Alguns dados interessantes sobre as contribuições da TS11 estão apresentados a seguir:

Figura 18 - Número de Contribuintes por grupo em cada questão



Fonte: Elaborada pelo autor

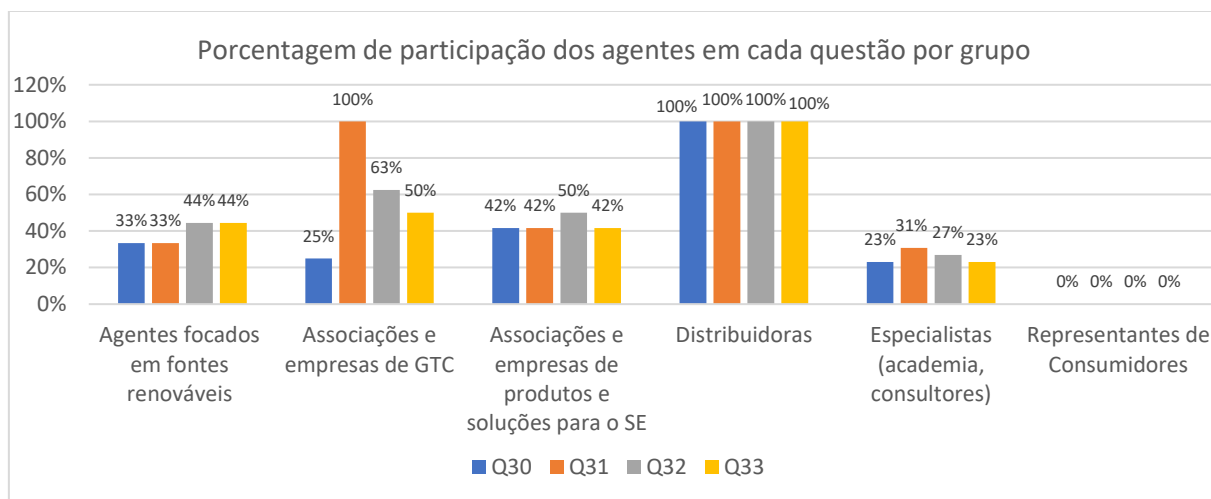
Figura 19 - Porcentagem de participação nas questões relacionadas a microrredes por grupo



Fonte: Elaborada pelo autor

De maneira geral, o grupo das distribuidoras e o grupo das associações e empresas ligadas à GTC aparentam ser os mais interessados nas questões ligadas às microrredes, ambos com 100% dos agentes participando com contribuições nas questões 30 à 33.

Figura 20 - Porcentagem de participação dos agentes nas questões 30 a 33 por grupo



Fonte: Elaborada pelo autor

As distribuidoras demonstram o maior interesse nas questões relacionadas às microrredes. Nas 4 questões, todos os agentes desse grupo participaram com sua colaboração. Já no grupo das Associações e empresas de GTC, o outlier foi a questão 31, na qual todos os agentes participaram com suas contribuições.

A seguir, serão analisados os pontos principais das contribuições dos grupos em cada questão da TS11 relacionada às microrredes.

4.6.1 Questão 30 da TS11

A questão 30 pode ser dividida em duas partes para facilitar a análise:

(1) “Quais deveriam ser os limites de atuação de microrredes conectadas na rede sem afetar o monopólio natural das distribuidoras (estabelecidos nos contratos de concessão)?”

(2) “Como deveriam ser tratados os consumidores atendidos por microrredes (mesmos direitos e deveres dos demais consumidores ou com regras próprias)?”

Para o grupo dos Agentes focados em energias renováveis, é majoritária a opinião de que as microrredes não interferem no monopólio das distribuidoras e que,

na verdade, microrredes apenas complementam o sistema, beneficiando o mesmo com seus serviços. Porém, um dos contribuintes afirma que é importante que as microrredes estejam associadas a demandas das distribuidoras e sejam utilizadas como ferramentas das mesmas. Em relação a segunda parte da questão, podem ser interpretadas três visões diferentes sobre o tratamento dos consumidores. A diferenciação entre microrredes de terceiros e de distribuidoras aparece como uma das alternativas para regulamentar essa questão. Outra alternativa apresentada é que as condições de atendimento devem ser livremente pactuadas. Além dessas duas visões, outra contribuição propõe que a distribuidora deve permanecer responsável pelos consumidores envolvidos nas microrredes, e devem ser impostas responsabilidades e penalidades aos envolvidos. A visão geral desse grupo é de um mercado mais aberto para as microrredes, porém opiniões favoráveis ao controle das distribuidoras também estão presentes.

Na visão do grupo Associações e empresas de GTC, as duas contribuições feitas apontam uma tendência favorável a proteção do monopólio das distribuidoras. As microrredes devem ser vistas como unidades consumidoras a fim de não prejudicar os contratos de concessão. Além disso, é mencionado a importância do operador da microrrede, um ente novo que deverá fazer a mediação entre as distribuidoras e os consumidores da microrrede.

O grupo das Associações e empresas de produtos e soluções para o SE apresenta uma visão similar ao primeiro grupo analisado, tendendo a um mercado mais liberalizado. É ressaltada a importância de acordos de atuação entre consumidores e concessionárias, e também a diferenciação de regras para consumidores ligados à microrredes.

Já a visão das distribuidoras é quase unânime em expor que o monopólio das distribuidoras não deve ser alterado. As visões menos conservadoras apontam que é necessário um desenvolvimento regulatório sobre a relação das distribuidoras com as microrredes e atestam a necessidade de análise de casos, podendo ser promovido um cronograma de regulação com diretrizes iniciais apontando as microrredes como propriedade das distribuidoras. Visões mais conservadoras apontam que não deve ser incentivado o desenvolvimento de microrredes por terceiros, podendo expor as distribuidoras a riscos de perda de valor. Já para o tratamento do consumidor, parte dos agentes propõem que haja uma diferenciação com regras e condições próprias para consumidores de microrredes e outras opiniões variam entre assegurar os

mesmos direitos e tratar a microrrede como uma única unidade consumidora. Uma parte relevante das distribuidoras expressou a importância de um padrão de qualidade do serviço.

A visão dos especialistas mostra que de um lado a regulação é muito incipiente para qualquer opinião sobre a atuação das microrredes, e de outro, os contratos de concessão não devem ser prejudicados. A figura do operador de microrredes também se mostra relevante nessas contribuições, garantindo que os mesmos direitos e deveres dos consumidores previstos pelas distribuidoras sejam mantidos nas microrredes.

De modo geral, os agentes focados em fontes renováveis e agentes relacionados a produtos e soluções para o Setor Elétrico possuem uma visão voltada, em sua maioria, para um mercado mais liberalizado. Enquanto isso, grande parte dos agentes relacionados a GTC, distribuidoras e especialistas defendem que os contratos não devem ser prejudicados e o controle das microrredes pelas distribuidoras.

4.6.2 Questão 31 da TS11

“Poderia haver a compra e venda de energia entre os participantes da microrrede?”

O posicionamento dos agentes focados em fontes renováveis é unânime, deve haver compra e venda.

Seguindo essa mesma linha, as associações e empresas de GTC concordam, em sua maioria, com a liberdade de comercialização entre os participantes, porém o ONS afirma que são necessários mais estudos e por isso não concorda.

Do lado das associações e empresas de produtos e soluções para o SE, apenas um agente diverge, afirmando que a distribuidora deve ser mantida como principal ator de interligações.

As contribuições das distribuidoras variam. A opinião mais conservadora afirma que não deve ser permitido, e que o ambiente correto para essa comercialização entre agentes é o mercado livre de energia. Por outro lado, alguns agentes concordam com a comercialização. A maioria discorre sobre a necessidade do desenvolvimento de uma regulação mais elaborada e da complexidade dos modelos de negócio para tirar conclusões acerca do tema, que deve ser pensado a longo prazo.

Os especialistas se mostram divididos, alguns concordam com a comercialização P2P, outros contestam o desafio econômico que essa comercialização implicaria. A questão dos desafios dos modelos de negócio também se mostra relevante para esse grupo. Projetos P&D são sugeridos como objetos de estudo e para desenvolvimento de aspectos regulatórios.

4.6.3 Questão 32 da TS11

“Como os integrantes da microrrede poderiam ser remunerados pela prestação de serviços para a rede da distribuidora (redução de carga no horário de ponta, injeção de energia, controle de tensão, etc.)?”

Os Agentes focados em fontes renováveis mencionam alguns pontos que consideram cruciais para a remuneração das microrredes, como: mercado de serviços ancilares; análise dos ganhos financeiros das distribuidoras; possíveis benefícios aos índices de confiabilidade; redução de perdas; entre outros. Remunerações através do estabelecimento de contratos firmados com as distribuidoras também são um ponto relevante nas contribuições.

As associações e empresas de GCT apontam a questão crucial do porte das microrredes e a possibilidade do serviço de injeção direta na rede das distribuidoras a partir de grandes volumes de eletricidade ou de forma agregada com auxílio de agregadores (usinas virtuais, por exemplo). Outra questão abordada é a necessidade de uma regulação que aumente a atratividade dos negócios de microrredes, a remuneração irá depender da liberalização do mercado e pode divergir dependendo do proprietário da microrrede (concessionária ou terceiros).

O grupo das Associações e empresas de produtos e soluções para o SE teve uma boa variedade de respostas. Uma parte das contribuições foi dedicada aos incentivos para serviços de baterias de veículos elétricos, que devem ser remunerados financeiramente. Algumas contribuições analisaram de uma ótica mais voltada às distribuidoras, atestando que as mesmas não devem ter gastos exacerbados com serviços senão podem optar por alternativas de expansão da rede que terminaria sendo uma opção menos vantajosa para todas as partes. Um dos contribuintes foi bem técnico e citou alguns tipos de serviços que devem ser remunerados, por exemplo: redução de carga no horário de ponta, regulação de tensão e frequência, injeção de energia, entre outros.

A postura adotada por algumas distribuidoras é conservadora, no sentido de contestar a liberalização do mercado P2P e frisar que as microrredes devem ser propriedade das distribuidoras. Porém, grande parte dos agentes desse grupo apontaram novamente para a incipiência da regulação e propuseram mecanismos de teste como *sandbox* regulatórios, análise de projetos pilotos implementados no Brasil e análise de experiências internacionais. Regulação da remuneração dos serviços ancilares e modelos de compensação também foram abordados.

Os especialistas apontam principalmente a necessidade de aspectos regulatórios para o tema e mais projetos de P&D. Remuneração por serviços ancilares e compensação de créditos também são pontos relevantes para este grupo. Uma proposta é a utilização de valores dinâmicos e relacionados a duração do serviço.

4.6.4 Questão 33 da TS11

“Quais parâmetros técnicos e econômicos sobre microrredes a Agência deveria regular?”

Os principais pontos técnicos abordados pelos agentes focados em fontes renováveis são: a regulação dos requisitos de segurança, dos parâmetros de qualidade; a interação entre microrredes e rede das distribuidoras e, brevemente, a operação de ilhamento. Quanto aos aspectos regulatórios relacionados aos parâmetros econômicos, todas as contribuições do grupo se mostraram a favor de uma regulação de liberalização do mercado de energia a fim de minimizar o controle sobre a implementação de microrredes e comercialização de energia pela iniciativa privada.

As associações e empresas de GTC seguem uma linha próxima quanto aos parâmetros técnicos a serem regulamentados. Procedimentos de conexão são um ponto em comum em todas as contribuições desse grupo. As regras de ilhamento também são uma demanda recorrente, e a necessidade de regulamentar os serviços ancilares também foi comentada. Já nos aspectos econômicos, é ressaltada a relevância da regulamentação das tarifas temporais, assim como a definição de modelos de negócio de concessionárias e microrredes. A comercialização P2P com clientes próximos e a liberalização do mercado de energia também são pontos mencionados.

Na ótica das associações e empresas de produtos e soluções para o SE, é necessária uma regulação que priorize recursos renováveis que promovam a descarbonização. Além disso, regular o sistema controlador da microrrede, a operação em ilhamento e níveis de tensão e frequência são os pontos técnicos de maior interesse desse grupo. Do lado econômico, tem-se que deve ser regulamentado os valores de contratação de serviços de microrredes, a fim de incentivar as distribuidoras a aderir esses serviços. Ademais, a valoração dos serviços prestados pelas microrredes é de suma importância. Por fim, uma das contribuições desse grupo afirmou ser necessária apenas a regulação dos parâmetros técnicos.

As distribuidoras abordam em suas contribuições a maioria dos parâmetros técnicos já vistos nos outros grupos, como: protocolos de segurança, parâmetros de confiabilidade, níveis de frequência e tensão, interconexão, entre outros. Porém, suas contribuições se diferem das demais na necessidade de regulação dos aspectos técnicos que são relacionados à operação das próprias distribuidoras, como: ocorrência de acidentes na rede de distribuição; duração de interrupções; comunicação entre microrredes e distribuidoras; responsabilidade quanto aos clientes e manutenção das redes. Quanto aos aspectos regulatórios de âmbito econômico, são abordadas principalmente as questões de valoração dos serviços prestados pelas microrredes. A necessidade de regulamentação do equilíbrio econômico entre microrredes e concessionárias também é levantada.

Os especialistas dispõem de opiniões divididas. Quase metade das contribuições para esta questão afirmam que a regulação ainda é muito incipiente e que os aspectos regulatórios precisam de mais estudos, como por exemplo investimentos e análise de resultados de projetos P&D. Porém alguns dos pontos técnicos percorridos são: a função do ilhamento; serviços ancilares; a delimitação das dimensões elétricas; procedimentos de interconexão e a relação entre sistemas de armazenamento e cargas oriundas da rede da distribuidora. No âmbito econômico, a questão da liberalização do mercado de energia para participação das microrredes e do comércio P2P são abordados. Ademais, alguns aspectos financeiros, como o impacto no fluxo de caixa das distribuidoras; impacto em impostos; economia na conta de energia dos consumidores; entre outros, precisam ser analisados.

5 Considerações para o caso nacional utilizando todo o conteúdo discutido ao longo do trabalho

O caso brasileiro pode vir a se tornar um grande case de sucesso no âmbito das microrredes. O Brasil possui grande potencial para implementação de recursos energéticos distribuídos renováveis e, como visto no subcapítulo 4.2, a geração eólica, de biogás e, solar está em ascensão a um ritmo acelerado há alguns anos.

Devido às urgências relacionadas às mudanças climáticas, será necessário um aumento em investimentos em fontes renováveis, além de políticas de incentivo acentuadas para que seja cumprido o acordo de Paris. Esse contexto pode proporcionar uma ótima oportunidade para o crescimento das microrredes no país, já que elas possuem características muito benéficas para a integração entre recursos energéticos distribuídos e a rede elétrica convencional, além dos ganhos em resiliência. Dadas as vantagens oferecidas pelas microrredes, sua implementação no Brasil pode auxiliar no desenvolvimento do setor elétrico nacional. Porém, a regulação e as políticas públicas apresentam grandes barreiras para a implementação de projetos de microrrede no país. O direito ao monopólio por parte das distribuidoras é uma das principais barreiras e sacramenta o direito exclusivo das concessionárias de distribuição de fornecer serviços de eletricidade dentro de sua área de concessão. A estrutura tarifária brasileira também é apontada como uma barreira e limita a flexibilização do mercado de energia brasileiro. Somando-se a esses pontos, as regras de comercialização de energia no Brasil também são um obstáculo. A venda do excedente elétrico não pode ser feita P2P, apenas para a concessionária de distribuição mediante a benefícios de redução na conta de eletricidade (sem ganhos financeiros). Outro aspecto são as regras de adesão ao Mercado Livre de Energia por ainda serem muito restritivas aos consumidores comuns de eletricidade (residenciais e de pequenos negócios). No geral, a regulação no Brasil ainda se mostra com baixa receptividade às tecnologias e modelos de negócio que acompanham a implementação das microrredes, gerando incertezas aos investidores.

Alguns insights podem ser pensados para combater essas barreiras intrínsecas ao sistema elétrico brasileiro. A liberalização do mercado do estado de Victoria, na Austrália, pode ser usada como referência para a formulação de políticas e regulações adaptadas para o caso brasileiro. A relação entre distribuidoras, microrredes e órgãos governamentais do caso australiano é um exemplo que pode ser aproveitado, juntamente com os programas de incentivo e os projetos piloto de microrredes. Além disso, podem ser utilizadas as contribuições coletadas na Tomada

de Subsídios 11/2021 da ANEEL em conjunto com o estudo do caso da Califórnia, EUA, para que seja montada uma estrutura de cronograma regulatório de implementação dos pontos chave das contribuições da TS11. Assim como está sendo feito na Califórnia, uma transição gradual e, bastante debatida, pode ser uma boa alternativa para combater as barreiras regulatórias existentes no Brasil. É importante que essa transição seja feita de maneira cautelosa. O caso californiano mostrou priorizar o início de sua regulamentação pelas microrredes de propriedade e operação das concessionárias de distribuição, que é um modelo de negócio com baixo grau de inovação. Isso pode facilitar a realização de testes e proporciona um ambiente inicial mais controlado.

Por fim, o Brasil apresenta um modelo de incentivo a inovação, estabelecido por lei, que pode ser aproveitado para o desenvolvimento de projetos de microrredes com financiamento privado e em ambiente controlado. Os projetos de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL são uma grande oportunidade para utilizar recursos financeiros das concessionárias para, através de parcerias com universidades; centros de pesquisa; entre outros, desenvolver projetos e pesquisas relacionados a implementação de microrredes e seus modelos de negócio.

6 Conclusão

Pode-se concluir que o sistema elétrico brasileiro possui um ambiente regulatório incipiente e insatisfatório para a implementação das microrredes e todas as tecnologias e modelos de negócio que fazem parte de seu conceito. Isso pode ser identificado nas principais barreiras regulatórias que, atualmente, complexificam a implementação de microrredes no país. O direito ao monopólio das concessionárias; a estrutura tarifária; as regras de comercialização de eletricidade; as regras para adesão no Mercado Livre; a regulação relacionada aos serviços ancilares e outros, contribuem para tornar a regulação e as políticas públicas um grande obstáculo e, origem de incertezas para a implementação de novos modelos de negócio.

Porém essa situação pode ser contornada, com um planejamento gradual de mudanças em que sejam aplicadas experiências regulatórias de casos internacionais, como Austrália e Estados Unidos, além da utilização dos recursos de incentivo à pesquisa do país em forma de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, sempre promovendo o debate das partes interessadas, como foi feito na Tomada de Subsídios 11/2021 da ANEEL.

REFERÊNCIAS

Acesso de Microgeração e Minigeração ao Sistema de Distribuição da CEEE-D. **CEEE**, 2021. Disponível em: <https://ceee.equatorialenergia.com.br/normas-tecnicas/procedimentos/it-11-01-081-acesso-de-microgeracao-e-minigeracao-ao-sistema-de-distribuicao-da-ceee-d>. Acesso em: 16 abr. 2022.

ACKERMANN, Thomas et al. **Distributed power generation in a deregulated market environment' is available. The aim of this working paper is to start a discussion regarding different aspects of distributed generation.** Electric Power Systems Research, Volume 57, Issue 3, p. 195-204, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378779601001018>. Acesso em: 15 mar. 2022.

ASMUS, Peter. California wildfires spur re-examination of regulatory barriers to widespread microgrids. **Utility Dive**, 2021. Disponível em: <https://www.utilitydive.com/news/california-wildfires-spur-re-examination-of-regulatory-barriers-to-widespre/597229/>. Acesso em: 13 abr 2022.

AUSTRALIA. **Electricity Industry Act 2000**- No. 68 of 2000, de 30 de março de 2022. Disponível em: <https://content.legislation.vic.gov.au/sites/default/files/2022-03/00-68aa094%20authorised.pdf>. Acesso em: 11 abr 2022.

AZUATALAM, Donald et al. Transactive Energy Market for Energy Management in Microgrids: The Monash Microgrid Case Study, **Energies**, v. 13, abril, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340839565_Transactive_Energy_Market_for_Energy_Management_in_Microgrids_The_Monash_Microgrid_Case_Study. Acesso em: 18 abr 2022.

Behind the news: network reliability. **Energy Networks Australia**, 2018. Disponível em: <https://www.energynetworks.com.au/news/energy-insider/behind-the-news-network-reliability/>. Acesso em: 14 abr. 2022.

BELLIDO, M. H. *et al.* **Barriers, challenges and opportunities for microgrid implementation:** The case of Federal University of Rio de Janeiro. Journal of cleaner production, v. 188, p. 203-216, 2018.

BELLIDO, Marlon. Microrredes elétricas: uma proposta de implementação no Brasil. 2018. **Tese (doutorado)** – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2018.

BOYCE, Patricia. VICTORIAN MARKET ASSESSMENT FOR MICROGRID ELECTRICITY MARKET OPERATORS. **Monash University**, 2019. Disponível em: https://www.monash.edu/_data/assets/pdf_file/0010/1857313/Monash-Net-Zero_Microgrid-Operator-Whitepaper_20190617-1.pdf. Acesso em: 18 abr. 2022.

BRASIL, **Decreto nº 2.003**, de 10 de setembro de 1996. Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11.9.1996.

BRASIL, **Decreto nº 62.724**, de 17 de maio de 1968. Estabelece normas gerais de tarifação para as empresas concessionárias de serviços públicos de energia elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20.5.1968 e retificado em 29.5.68.

BRASIL, **Lei nº 14.300**, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7.1.2022.

BRASIL, **Lei nº 9.074**, de 7 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8.7.1995 - Edição extra e republicado em 28.9.1998.

BRASIL, **Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25.7.2000.

BRASIL, **Portaria nº 465, de 12 de dezembro de 2019**. Regulamenta o disposto no art. 15, § 3º, da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, com o objetivo de diminuir os limites de carga para contratação de energia elétrica por parte dos consumidores. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16.12.2019.

BRASIL, **Resolução Normativa Nº 697, de 16 de dezembro de 2015**. Estabelece os procedimentos para prestação de serviços ancilares e adequação de instalações de centrais geradoras motivada por alteração na configuração do sistema elétrico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22.12.2015.

CA Regulations are Hindering Microgrid Development. **Center for Sustainable Energy**, 2018. Disponível em: <https://energycenter.org/thought-leadership/blog/ca-regulations-are-hindering-microgrid-development>. Acesso em: 15 abr. 2022.

California's SB 1339. **LPDD**, sem data. Disponível em: [https://lpdd.org/resources/californias-sb-1339/#:~:text=California's%20SB%201339%20\(2018\)%20requires,customers%20of%20large%20electric%20utilities](https://lpdd.org/resources/californias-sb-1339/#:~:text=California's%20SB%201339%20(2018)%20requires,customers%20of%20large%20electric%20utilities). Acesso em: 10 abr 2022.

CASARIN, Ricardo. Consumidores brasileiros ficaram 11,84 horas sem energia em média em 2021. **Portal Solar**, 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/consumidor/consumidores-brasileiros-ficaram-11-84-horas-sem-energia-em-media-em-2021>. Acesso em: 11 abr 2022.

CHAVES, Francisco David Moya, Serviços ancilares através da geração distribuída: reserva de potência ativa e suporte de reativos., Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 130 p. **Tese (Doutorado)**

COHN, Lisa. Community Microgrid Gets Boost from Energy Storage in California's Goleta Load Pocket. **Microgrid knowledge**, set. 2020. Disponível em: <https://microgridknowledge.com/community-microgrid-goleta/>. Acesso em: 7 abr 2022.

COPEL e ITAIPU colocam microrrede de energia em operação no oeste do paraná. **AEN**, 2021. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Audio/Copel-e-Itaipu-colocam-microrrede-de-energia-em-operacao-no-Oeste-do-Parana>. Acesso em: 11 abr. 2022

COSTA JUNIOR, A. A. A digitalização do setor elétrico brasileiro. (*The digitalization of the Brazilian electric sector*). **Revista Brasileira de Pesquisas Jurídicas (Brazilian Journal of Law Research)**, Avarré: Eduvale, v. 1, n. 3, p. 119-138, 2020. DOI: 10.51284/rbpj.01.cj. Disponível em: <https://ojs.eduvaleavare.com.br/index.php/rbpj/article/view/20>. Acesso em: 20 mar. 2022.

Country Rankings. **IRENA**. Disponível em: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>. acesso em: 5 abr. 2022

DE CASTRO, N.; CLARK, A. Uma metamorfose energética mundial. **Jornal Valor Econômico**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniaao/coluna/uma-metamorfose-energetica-mundial.ghtml>. Acesso em: 11 abr. 2022.

DIAS, M. V.; BORTONI, E. C.; HADDAD, J. Geração distribuída no Brasil: oportunidades e barreiras. **Revista Brasileira de Energia**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 11, 2005. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/181#:~:text=O%20acionamento%20de%20energia%20ocorrido,servid%C3%A3o%20de%20linhas%20de%20transmiss%C3%A3o..> Acesso em: 11 mar. 2022.

DICK, C. I.; PRAKTIKNJO, A. Blockchain technology and electricity wholesale markets: Expert insights on potentials and challenges for OTC trading in Europe. **Energies**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 1-25, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/5/832>. Acesso em: 15 abr. 2022

EUA. **CPUC-R1909009** – Proceeding, 12 de setembro de 2019.

EUA. **PUC-CHAPTER 1, 218**, 1951. Disponível em: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes_displaySection.xhtml?sectionNum=218.&nodeTreePath=2.1.1&lawCode=PUC. Acesso em: 14 abr. 2022.

EUA. **Rulemaking 19-09-009**, 17 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://docs.cpuc.ca.gov/PublishedDocs/Efile/G000/M432/K634/432634549.PDF>. Acesso em: 14 abr. 2022.

EUA. **Senate Bill No. 1339**, CHAPTER 566. 19 set. 2018. Acesso em: 11 abr. 2022

FREITAS e JUNIOR, 2020. Estado da arte, desafios e tendências para geração, distribuição e uso sustentável de energia elétrica. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 6, p. 3888-3906, dez. 2020. Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BASR/article/view/21535/18435>. Acesso em: 30 mar 2022.

Global Energy Trends - 2021 Edition. **Enerdata**, 2021. Disponível em: <https://www.enerdata.net/publications/reports-presentations/world-energy-trends.html>. Acesso em: 21 mar. 2022.

Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. **IRENA**, abril, 2020. Disponível em: <https://irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>. Acesso em: 5 abr. 2022.

GUERRERO, Josep et al. Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 90, p. 402-411, 2018. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S136403211830128X?token=F5E2B401EDE4BF5B29F712E9524D99B8F94C56CF6D587F9AB0F28B050AC9026FF3302E1CF9A8F6FD17CE92B9DF99EA6&originRegion=us-east-1&originCreation=20220420214050>. Acesso em: 5 abr. 2022.

GUIDEHOUSE INSIGHTS, Executive Summary: Market Data: Microgrid Markets. Relatório de pesquisa. Publicado em: 1º quadrimestre 2022. Disponível em: <https://guidehouseinsights.com/reports/market-data-microgrid-markets>. Acesso em: 15 abr. 2022.

HOWLAND, Ethan. California PUC Law Judge Proposes Trimming Microgrid Standby Charges. **Microgrid Knowledge**, 2021. Disponível em: <https://microgridknowledge.com/california-microgrids-standby-charges/>. Acesso em: 17 abr 2022.

HOWLAND, Ethan. Long Beach, Calif., Urges Regulatory Reforms to Overcome Microgrid Delays. **Microgrid Knowledge**, 2020. Disponível em: <https://microgridknowledge.com/long-beach-california-microgrid/>. Acesso em: 11 abr. 2022.

JAGANMOHAN, Madhumitha. Largest hydropower producing countries 2020. **Statista**, 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/474799/global-hydropower-generation-by-major-country/>. Acesso em: 30 mar 2022.

Key World Energy Statistics 2021 Transformation. **IEA**, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/transformation#electricity-generation> acesso em: 6 abr. 2022

Legislation for the Victorian energy sector and national energy market reform. **Victoria State Government**, 2020. Disponível em: <https://www.energy.vic.gov.au/legislation/regulatory-framework>. Acesso em: 11 abr 2022.

LENZI CASTRO, M Aurelio. Cap. 9 - Urban Microgrids: benefits, challenges and business models. **The Regulation and Policy of Latin American Energy Transitions**, Elsevier, p. 153-172, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12->

[819521-5.00009-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819521-5.00009-7). Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128195215000097>. Acesso em: 25 mar. 2022.

LENZI CASTRO, M. A. Cap. 9 - Urban Microgrids: benefits, challenges and business models. **The Regulation and Policy of Latin American Energy Transitions**, Elsevier, p. 153-172, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819521-5.00009-7>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128195215000097>. Acesso em: 25 mar. 2022.

LEWIS, Craig et al. Goleta Load Pocket and Montecito Community Microgrid Initiatives. **Clean Coalition**, 2018. Disponível em: https://clean-coalition.org/wp-content/uploads/2019/01/GLPCM-and-MCMI-presentation-05_gy-30-October-2018.pdf. Acesso em: 7 abr 2022.

LORENCZIK, Stefan et al. Electricity Market Report. **IEA**, dez, 2020. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/a695ae98-cec1-43ce-9cab-c37bb0143a05/Electricity_Market_Report_December_2020.pdf. Acesso em: 5 abr. 2022.

MACHADO, Giovani et al. A transição da geração no setor elétrico brasileiro. **EPE**, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-660/EPEFactSheetEmissoesSetorEletrico.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2022.

MACHADO, Solange. **Análise do mercado de energia elétrica brasileiro para aplicação da arquitetura blockchain**: um estudo para fomentar a digitalização, a descentralização e a descarbonização do setor elétrico. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/226833> > Acesso em: 6 abr. 2022.

MARTINS, Marcos. **Implantação de microrredes inteligentes**: contribuição aos aspectos regulatórios. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/219547>. Acesso em: 5 abr. 2022.

Matriz Energética e Elétrica. **EPE**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 5 abr. 2022.

Mendonça, Paulis L. Introdução às microrredes e seus desafios. **Documento eletrônico**. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003805.pdf>. Acesso em 5 abr. 2022.

Mercado Livre de Energia. **Mercado Livre de Energia**. Disponível em: <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/>. Acesso em: 17 abr 2022.

MUHAMMAD, Saeed et al. A Review on Microgrids' Challenges & Perspectives. (2021). **IEEE Access**. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2021.3135083. Acesso em: 09 de abr. 2022.

Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão. **CEMIG**, 2019. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/ND.5.30.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2022.

SEVERINO, Mauro Moura; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de. Geração distribuída: discussão conceitual e nova definição. **Revista Brasileira de Energia**, v.14, n.1, p.47-69, 2008. Disponível em: <http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/26/>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

Submódulo 14.1 Administração dos serviços ancilares: visão geral. **NOS**, 2019. Disponível em: <http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2014%2FSu bm%C3%B3dulo%2014.1%2FSubm%C3%B3dulo%2014.1%202019.08.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2022

Tomada 011/2021. **ANEEL**, 2021. Disponível em: https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/tomadas-de-subsidios?p_auth=TRq2t07W&p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideParticipacaoPublica=3563&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_javax.portlet.action=visualizarParticipacaoPublica. Acesso em: 1 mar. 2022.

Urban Microgrids - Overview, Challenges and Opportunities. **ENEA**, [s. l.], feb 2017. Report. Disponível em: <https://www.enea-consulting.com/static/66a51f3b3bad63cc95eed1a361e0f5b2/enea-urban-microgrids.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2022.

USTUN. Taha et al. Recent developments in microgrids and example cases around the world—A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume 15, Issue 8, p. 4030-4041, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111002735>. Acesso em: 26 mar 2022.

Você sabe o que é uma microrrede? **Legado Energias Renováveis**, 2020. Disponível em: <https://legadoenergias.com/publicacao/voce-sabe-o-que-e-umamicrorrede/>. Acesso em: 20 de set. 2021.