



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**CRITÉRIOS PARA UMA MICRORREDE
INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE**

**Autor: João Paulo Porto da Silva Santana
Orientadora: Josiane do Socorro A. de S Oliveira
Co-orientadora: Maria Vitória Duarte Ferrari**

**Brasília, DF
2022**



JOÃO PAULO PORTO DA SILVA SANTANA

**CRITÉRIOS PARA UMA MICRORREDE INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E
RESILIENTE**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Dra. Josiane do Socorro A. de S Oliveira

Co-Orientador: Dra. Maria Vitória Duarte Ferrari

**Brasília, DF
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a)

S232c Santana, João Paulo Porto da Silva
Critérios para uma Microrrede Inteligente, Sustentável e Resiliente / João Paulo Porto da Silva Santana; orientador Josiane do Socorro A. de S. Oliveira; co-orientador Maria Vitória Duarte Ferrari . -- Brasília, 2022.
117 p.

Monografia (Graduação - Engenharia de Energia) --
Universidade de Brasília, 2022.

1. Geração Distribuída. 2. Cadeia Produtiva de Energia. 3. Energia Fotovoltaica. 4. Eólica de eixo vertical. 5. PISAC/UnB. I. do Socorro A. de S. Oliveira, Josiane, orient. II. Duarte Ferrari , Maria Vitória, co-orient. III. Título.



CRITÉRIOS PARA UMA MICRORREDE INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE

João Paulo Porto da Silva Santana

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 10/05/2022 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Dra.: Josiane do Socorro A. de S Oliveira, UnB/ FGA
Orientador

Prof. Dra.: Raquel Naves Blumenschein, UnB/ FAU
Membro Convidado

Prof. Dr.: Alex Reis, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2022

Esse trabalho é dedicado a todos aqueles resilientes e persistentes em alcançar os seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a minha mãe Julene Porto da Silva, que esteve comigo durante todo o tempo da minha formação com amor paciência e muita persistência, dividindo comigo todos os momentos de aflição, luta e vitória. Ao meu pai Paulo Afonso Moraes Santana, que sempre se mostrou como exemplo de perseverança e de resiliência, me ensinando a nunca desistir dos meus sonhos e me apoiar em todas as situações. Ao meu irmão Geraldo Jeronimo da Silva Neto, que esteve ao meu lado mesmo quando eu estava errado, sempre protegendo e acompanhando, em coisas boas ou ruins.

Agradeço ao apoio, emocional, físico e incondicional da minha futura esposa Luana Guimarães Pinheiro, a qual nunca me abandonou, deu os puxões de orelha quando necessário, e me auxiliou a me desenvolver como uma pessoa muito melhor do que a que eu poderia imaginar, sempre com muito amor, carinho, compreensão e muita paciência.

Pela oportunidade de estagiar na Superintendência de Fiscalização Econômica e Financeira na Agência Nacional de Energia Elétrica sob a supervisão do Wesley Fernando Usida, o qual me ensinou muito sobre o mundo além das fronteiras da universidade. A Ana Flávia Otto por me apresentar o mundo dos dados e bancos com muita alegria e observá-los como uma foto da realidade.

As minhas orientadoras e professoras Josiane Aguiar e Vitória Ferrari por me proporcionarem oportunidades de estudo e estarem ao meu lado em toda a minha formação me auxiliando em tudo o que era preciso, de forma a sempre estarem a disposição para conversar e ensinar. A professora Juliana Petrochi por estar ao meu lado no momento mais difícil da universidade, e me fazer nunca desistir da minha formação, ou do meu sonho.

Ao PISAC, por ter me auxiliado na construção do meu pensamento e na liberdade para criar, pesquisar e me divertir com todo o trabalho desenvolvido. A toda a equipe do PISAC, em especial ao Vinicius pelo acolhimento de ideias e da disponibilidade para sempre auxiliar em diversos assuntos.

A professora Raquel Blumenschein por todo o conhecimento compartilhado e todo o amor e carinho que sempre teve comigo.

À professora Luciane Durante, professor Luiz Pedro Cesar, engenheira de Energia Thais Oliveira Fontes e engenheiro eletricista e Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Thiago Tavares, pesquisadores do PISAC, pela avaliação do conjunto de critérios e também pela disponibilidade e acolhimento.

Ao Diretório Acadêmico de Engenharias do Gama, e a todos os alunos da Faculdade do Gama, que me proporcionaram o desenvolvimento do meu lado humano e da gestão de pessoas e administrativas.

Aos meus amigos, Guilherme de Oliveira Carballal, Amanda Idala Dias de Oliveira, Natalia Paula de Souza, Rafael Frota, Lucas, Damarcones Porto, por todo apoio e por darem apoio físico e mental para a realização deste trabalho

Por último, a graminha, o melhor grupo de amigos que pude participar na universidade, onde encontrei pessoas que sempre estavam dispostas a compartilhar as suas felicidades, tristezas, agonias e vitórias.

Muito Obrigado a todos aqueles que participaram da minha formação e que não citei, a todos expresso a minha maior gratidão, por acreditar e me auxiliar nessa caminhada.

Tudo o que temos que decidir é o que fazer com o tempo que nos é dado J.R.R. Tolkien.

RESUMO

A evolução da sociedade e do espaço urbano demandam fornecimento crescente de energia elétrica com qualidade, e em observância à continuidade do suprimento sustentável de energia; a autonomia dos sistemas operacionais; e o aumento da capacidade de resposta do sistema de energia elétrica a perturbações. Este trabalho traz uma contribuição para planejamento e execução de ações em microrredes. Propõe-se a aplicação de um conjunto de critérios elaborados, considerando princípios de inteligência, sustentabilidade e resiliência, além dos requisitos já existentes em normas técnicas, resoluções normativas e padrões de boas práticas para auxiliar no processo de implantação e com foco: na melhoria da operação; garantia de energia contínua; diminuição de tempo de implantação; custos na operação; e autonomia da rede elétrica. Para tanto, foi realizada uma fundamentação teórica sobre: inteligência, sustentabilidade e resiliência, a identificação e caracterização de fornecedores de equipamentos que apresentem o atributo de inteligente e equipamentos de geração fotovoltaica e eólica de eixo vertical para a implantação de uma microrrede. O conjunto de critérios foi aplicado em um ensaio na Praça de Protótipos do PISAC/UnB como um teste da aplicabilidade e preparo para o desenvolvimento futuro de diretrizes para a construção de um modelo. No ensaio foram aplicados 35 critérios referentes às fases de planejamento e pré-projeto, de forma em que o aplicar em sua totalidade pode apresentar pontos para melhoria do conjunto de critérios.

Palavras-chave: Geração distribuída, Cadeia Produtiva de energia, Energia Fotovoltaica, Eólica de eixo vertical, PISAC/UnB.

ABSTRACT

The evolution of society and the urban space demand an increasing supply of electric power with quality, and in compliance with the continuity of sustainable energy supply; the autonomy of operational systems; and the increase in the response capacity of the electric power system to disturbances. This work brings a contribution to the planning and execution of actions in micro-grids. It proposes the application of a set of elaborated criteria, considering principles of intelligence, sustainability, and resilience, in addition to the requirements already existing in technical standards, normative resolutions, and standards of good practices to assist in the deployment process and focus on: improving the operation; ensuring continuous energy; reducing deployment time; operation costs; and grid autonomy. Nevertheless, a theoretical foundation was conducted on: intelligence, sustainability, and resilience; the identification and characterization of equipment suppliers that present the attributes of intelligence and equipment for photovoltaic and wind generation on vertical axis for the deployment of a microgrid; The set of criteria were applied in a test at the Prototype Square of PISAC/UnB as a test of applicability and preparation for the future development of guidelines for the construction of a model. In the trial, 35 criteria were applied, referring to the planning and pre-design phases, so that applying them in their entirety may present points for improvement in the set of criteria.

Keywords: Distributed generation, Energy production chain, Photovoltaic energy, Vertical axis wind power, PISAC/UnB.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Políticas energéticas no setor de edificações brasileiro.....	17
Quadro 2: Conceitos para resiliência pela visão de áreas de estudos diferentes	25
Quadro 3: Quadro bibliográfico dos termos principais abordados no trabalho.....	30
Quadro 4: Livro Código	40
Quadro 5: Quantidade e Percentual de Empresas por CNAE na CPEE.....	43
Quadro 6: Quantidade de empresas por fonte na CPGEE.....	45
Quadro 7: Quantidade de empresas no segmento de suprimentos da CPGEE.....	50
Quadro 8: Quantidade de empresas no segmento principal ou de processos da CPEE.....	56
Quadro 9: Metodologia aplicada para a Elaboração dos Critérios para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente.....	67
Quadro 10: Informações dos especialistas convidados.....	68
Quadro 11: Conjunto de Critérios	71
Quadro 12: Critérios implementados no ensaio	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cenário de Estagnação e Desafio de expansão para as Energias Eólica e Fotovoltaica na Geração Distribuída.....	17
Tabela 2: Classificação de Adensamento para a densidade Kernel.....	42
Tabela 3: Irradiação Global Horizontal Média para o PISAC.....	85
Tabela 4: Dados da estação A001.....	85

LISTA DE IMAGENS

Figura 1: Quantidade de habitantes por zona por milhão.....	14
Figura 2: Consumo de Energia Elétrica por Setor (milhões de tep).....	16
Figura 3: Consumo de Energia em mil GWh por setor e Crescimento Populacional em (Milhões) nas Cidades	16
Figura 4: Principais pontos abordados no trabalho.	19
Figura 5: Perguntas.....	21
Figura 6: Observação de um conceito por várias áreas de estudo.....	23
Figura 7: Modelo de fluxo de geração distribuída.....	27
Figura 8: Modelos de turbinas eólicas de eixo vertical.	29
Figura 9: Exemplo de Cadeia Produtiva (Fotovoltaica).	35
Figura 10: Representação de uma Cadeia Produtiva.....	35
Figura 11: Metodologia Aplicada.....	38
Figura 12: Modelo para identificação da CPEE.	41
Figura 13: Escopo da CPGEE.	43
Figura 14: Localização das empresas da CPEE.	45
Figura 15: Mapa de concentração da CPEE.	46
Figura 16: Dinâmicas territoriais e pontos de ótimo da CPGEE.....	46
Figura 17: Domicílio, Situação Cadastral, Porte e Opção da CPGEE.	47
Figura 18: Modelo da CPGEE.....	49
Figura 19: Localização das Empresas do Segmento de Suprimentos.	50
Figura 20: Mapa de concentração do segmento de suprimentos da CPGEE.....	51
Figura 21: Dinâmicas territoriais de transferência de materiais e pontos de ótimo do segmento de suprimentos da CPGEE.	52
Figura 22: Domicílio, Situação Cadastral, Porte e Opção das empresas do Segmento de Suprimentos da CPGEE.	53
Figura 23: Localização das Empresas do Segmento Auxiliar da CPGEE.....	54
Figura 24: Mapa de Concentração do Segmento Auxiliar da CPGEE.	55
Figura 25: Domicílio, Situação Cadastral, Porte e Opção das empresas do Segmento Auxiliar da CPGEE.....	55
Figura 26: Localização das Empresas do Segmento Principal da CPGEE.....	57
Figura 27: Mapa de Concentração do Segmento Principal da CPGEE.....	58
Figura 28: Domicílio, Situação Cadastral, Porte e Opção das empresas do Segmento Principal da CPEE.....	58
Figura 29: Modelos utilizados para o sistema de energia elétrica.....	61
Figura 30: Proposta do estudo.	66
Figura 31: Estrutura do Conjunto de critérios.	68
Figura 32: Ensaio Básico de microrrede.....	80
Figura 33: Camadas de uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente.....	82
Figura 34: O Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído PISAC.	83
Figura 35: Ensaio Simplificado do PISAC.....	84
Figura 36: Dados da Radiação direta média anual para Brasília.....	84
Figura 37: Distribuição em microrredes.....	87
Figura 38: Ensaio de distribuição proposto para microrredes.....	88
Figura 39: Ensaio Simplificado da microrrede do PISAC com a estrutura física.	88
Figura 40: Modelo de um barramento CA de microrrede.	89
Figura 41: Diagrama unifilar exemplo para o PISAC.	90
Figura 42: Ensaio Simplificado da microrrede do PISAC com a estrutura física, elétrica e de inteligência.	92

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANA: Agência Nacional de Águas.

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica.

CA: Corrente Alternada.

CC: Corrente Contínua.

CI: Cidade Inteligente.

CNAE: Classificação Nacional de Atividades Econômicas.

CONCLA: Comissão Nacional de Classificação.

CP: Cadeia Produtiva.

CPEE: Cadeia Produtiva da Energia Elétrica.

CPGEE: Cadeia Produtiva da Geração de Energia Elétrica.

CR: Cidade Resiliente.

CS: Cidade Sustentável.

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes.

EPP: Empresa de Pequeno Porte.

EPSPG: European Petroleum Survey Group.

GCS: Geographic Coordinate System.

GD: Geração Distribuída.

GRI: Global Reporting Initiative.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IEC: International Electrotechnical Commission.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

IOT: Internet of Things.

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

ISO - International Organization for Standardization.

MCSE: Manual de Contabilidade do Serviço Elétrico.

MEI: Microempreendedor Individual.

MGCC: Microgrid Central Controller.

MI: Microempresa.

MME: Ministério de Minas e Energia.

MPPT: Maximum Power Point Tracking.

NBR: Norma Brasileira.

ODS: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

ONU: Organização das Nações Unidas.

PC: Processo Construtivo.

PISAC: Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído.

PRODIST: Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

RF: Receita Federal.

RIS: Information Systems Research.

SEB: Sistema Elétrico Brasileiro.

SIN: Sistema Interligado Nacional.

SIRGAS: Sistema de Referência Geocêntrico para las Américas.

TEMAC: Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado.

UF: Unidade Federativa.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	2
RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE QUADROS	6
LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE IMAGENS	8
SUMÁRIO	11
1. A EVOLUÇÃO DO ESPAÇO URBANO E A NECESSIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE	13
1.1. OBJETIVO GERAL	19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2. METODOLOGIA GERAL	20
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AS CIDADES INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE	22
3.1. RESUMO	22
3.2. INTRODUÇÃO	22
3.3. CIDADES	23
3.4. GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	25
3.5. SÍNTESE ANALÍTICA	29
4. OS FORNECEDORES DA CADEIA PRODUTIVA DA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E EÓLICA VERTICAL NO BRASIL	32
4.1. RESUMO	32
4.2. INTRODUÇÃO	32
4.3. A CADEIA PRODUTIVA E SUAS CLASSIFICAÇÕES	34
4.4. METODOLOGIA	37
4.4.1. Aplicação de Filtro	38
4.4.2. Levantamento de Dados	39
4.4.3. Organização dos Dados	40
4.4.4. Armazenamento	40
4.4.5. Tratamento de Dados	40
4.4.6. Classificação por Segmentos	40
4.4.7. Análises	41
4.5. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA CPGEE NO BRASIL	43
4.5.1. Caracterização Quanto a Localização	45
4.5.2. Caracterização Geral da CPGEE	47
4.6. SEGMENTOS DA CPGEE	48
4.6.1. Segmento de Suprimentos	49
4.6.2. Segmento Auxiliar	53
4.6.3. Segmento Principal ou de Processos	56
4.7. SÍNTESE ANALÍTICA	59
5. CRITÉRIOS PARA UMA MICRORREDE INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE	61
5.1. RESUMO	61
5.2. INTRODUÇÃO	61
5.2.1. Requisitos Legais, Normas Técnicas e Padrões de Boas Práticas	63
5.2.2. Inteligência, Sustentabilidade e Resiliência para Microrredes	64
5.2.3. Objetivo	66
5.3. METODOLOGIA	67
5.4. CRITÉRIOS	69
5.4.1. Verificação com equipe de avaliação externa	69
5.5. SÍNTESE ANALÍTICA	78
6. ENSAIO DE UMA MICRORREDE INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE PARA O PISAC	79
6.1. RESUMO	79
6.2. INTRODUÇÃO	79
6.2.1. Objetivo	81
6.3. METODOLOGIA	81

6.4. O PISAC.....	82
6.4.1. Estimativa de Potencial Fotovoltaico para o PISAC.....	84
6.4.2. Estimativa de Potencial Eólico para o PISAC	85
6.5. ESTRUTURA FÍSICA DA MICRORREDE PARA O PISAC	87
6.6. ESTRUTURA ELÉTRICA DA MICRORREDE PARA O PISAC	89
6.7. ESTRUTURA INTELIGENTE DA MICRORREDE PARA O PISAC	91
6.8. SINTESE ANALÍTICA	92
7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	95
8. BIBLIOGRAFIA.....	98
APÊNDICE	107
APÊNDICE I: Itens presentes em uma cidade inteligente.....	107
APÊNDICE II: Conjunto de critérios desenvolvido antes da avaliação com os especialistas	108
APÊNDICE III: Principais instrumentos de Gestão para microrredes	112

1. A EVOLUÇÃO DO ESPAÇO URBANO E A NECESSIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE

Existem vestígios da utilização de energia por meio do fogo que vem de mais de 1,9 milhões de anos (BOWMAN et al. 2009). A evolução da sociedade chega em cerca de seis mil anos atrás com as primeiras civilizações, em que a fonte de energia advinda do fogo, agora era acrescida da força muscular humana (HÉMERY, et al, 1991). Essa evolução acompanhou a possibilidade de produção de comida em larga escala, de maneira que o adensamento da população nos ambientes necessitava cada vez mais de energia para o seu conforto, alimentação ou segurança (CARVALHO, 2014).

Com o tempo a utilização de fontes de energia precisou de melhor eficiência, de modo que a madeira passou a ser substituída pelo carvão e a utilização de máquinas a vapor (JACOMY, 1990). A evolução da forma de produção e das tecnologias que possibilitaram a Revolução Industrial, trouxeram consigo a migração do homem do campo para as cidades, que necessitavam ter mais produção, mais alimento, e mais energia (CAVALCANTE; SIQUEIRA, 2011).

No século XIX, entre 1830 e 1840, o emprego da eletricidade nas comunicações e metalurgia gerou o interesse nas indústrias, de forma que com a criação do motor de corrente alternada, por Nikola Tesla, as indústrias iniciam a utilização de energia elétrica. Em concomitância com os avanços nos estudos das turbinas a vapor, em 1872 foi criada a turbina hidráulica, de forma a possibilitar a geração de energia com corrente alternada para alimentar os motores utilizados pelas indústrias (CARVALHO, 2014). A população acompanhou esta evolução tecnológica, de maneira que em 1789 na Inglaterra, a população rural não era abaixo de 72%, de forma em que apenas em 1851 a população urbana ultrapassa a população rural (HOBSBAWM, 2010).

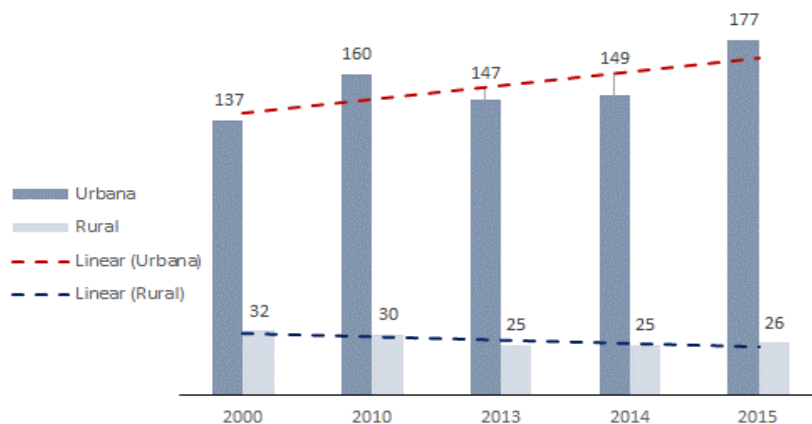
Esses avanços industriais e na produção de alimentos e energias, geraram o enfraquecimento da corrente malthusiana, definida por Thomas Malthus em sua obra “Ensaio sobre o princípio da população”. Embora fossem apresentadas a preocupação com o crescimento populacional e o abastecimento, não havia o interesse na inter-relação entre demografia, desenvolvimento social e o uso de recursos naturais. Na virada do século XIX para o XX, iniciou-se o uso e produção do petróleo em larga escala impulsionado pela indústria automobilística, e embora o carvão fosse um combustível bastante usado, foi com o petróleo que houve a consolidação do modelo industrial moderno (CARVALHO, 2014).

A globalização da economia agregou mais valor ao petróleo e à energia elétrica, de modo que as cidades demandavam mais tecnologia e produção de insumos para atender as demandas da sociedade (KUNSTLER, 2005). Em paralelo, a população mundial também teve um aumento, de maneira a crescer 5,8 bilhões em cerca de 260 anos (CIPOLLA, 1964; ONU, 1999).

Com o começo do século XX o uso do petróleo e as crises petrolíferas levaram ao início da preocupação mundial sobre a dependência do petróleo e seus derivados, o que gerou uma busca por fontes de energia renováveis (SOUZA, GUERRA e KRUGER, 2011). As energias renováveis possibilitaram as cidades mais recursos para o desenvolvimento populacional, produção e qualidade de vida.

O desenvolvimento da energia e dos métodos produtivos proporcionaram um crescimento populacional nas cidades, sendo que nos censos de 2000 e 2010 e a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD) realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresentado na Figura 1, tem-se que o Brasil de 2000 até 2015 apresentou um crescimento aproximado de 40 milhões de habitantes em regiões urbanas, enquanto a zona rural apresentou um decréscimo de seis milhões (IBGE, 2021).

Figura 1: Quantidade de habitantes por zona por milhão.



Fonte: Adaptado de (IBGE, 2021).

Esse crescimento populacional exige que as cidades apresentem uma estrutura básica de fornecimento de recursos necessários para a sobrevivência, dentre esses recursos podem-se destacar: a coleta de lixo; transporte; saúde; lazer; saneamento básico; fornecimento de água e energia elétrica. A Constituição Federal brasileira (CF) de 1988, em seu art. 21, incisos XII e XX, define como competências da União a exploração de recursos energéticos bem como a instituição de diretrizes para o desenvolvimento urbano (BRASIL, 1988).

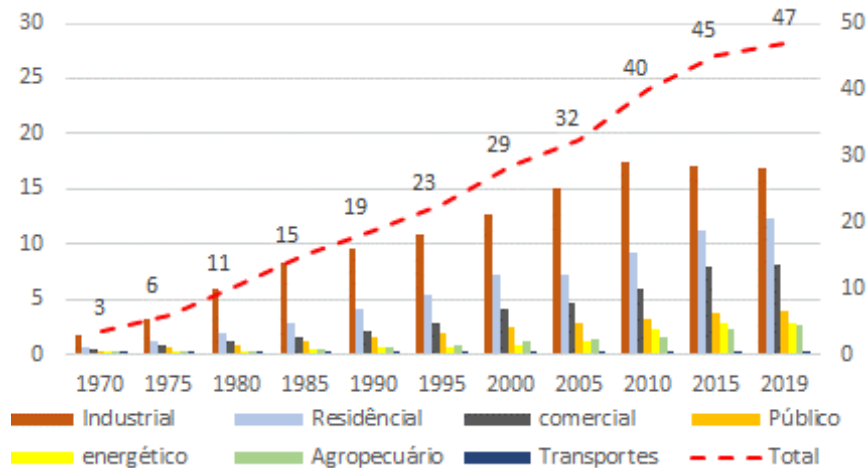
Para suprir o desenvolvimento populacional das cidades e atender aos requisitos da CF de 1988, o País deve observar a potencialidade, produção, consumo e a demanda de energia elétrica com foco no atendimento das necessidades atuais e futuras, de maneira a planejar aplicar e identificar possíveis falhas ou brechas.

Quanto ao crescimento e desenvolvimento energético do país, o potencial energético deve ser analisado com o objetivo de poder suprir não apenas a demanda, como proporcionar margem para novos consumos. O Plano Nacional de Energia (PNE) 2050, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apresenta a possível disponibilidade de aproximadamente 280 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) a mais, em um horizonte que vai até 2050 (EPE, 2020:18).

Em relação à produção de energia elétrica de forma a considerar o ano de 2020, o Brasil gerou 326,1 bilhões de tep, onde destes, 133,5 bilhões de tep são apenas de energias renováveis, como aponta o Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2020). É importante destacar que no ano de 2019 a geração eólica foi responsável por 9% da geração total (55.986 GWh), e a energia solar por 1% (6.651 GWh), de maneira a resultar em um total de geração de 626.324 GWh no ano. (EPE, 2020).

O Anuário Estatístico de Energia Elétrica (AEEE) 2020 apresenta o consumo de energia elétrica no Brasil para o ano de 2019 de 482.226 GWh, o que representa um consumo médio de 472 KWh/mês (EPE, 2020).

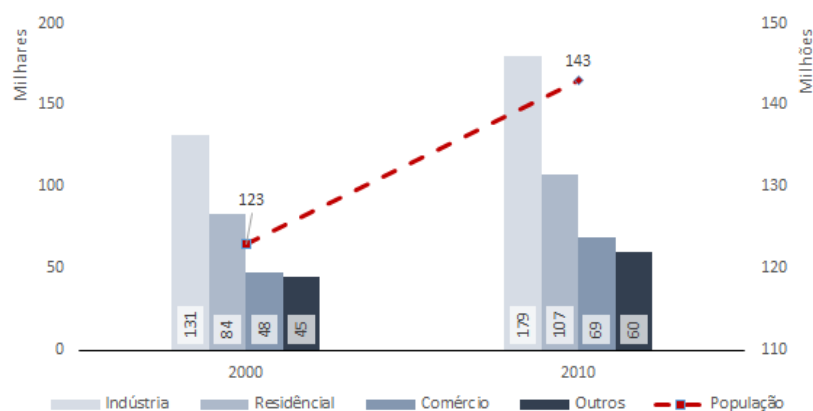
O setor energético divide este consumo por setores, os quais são: comercial; público; residencial; agropecuário; industrial; transportes; e próprio ou energético. Os setores citados estão apresentados na Figura 2, a qual apresenta o consumo de apenas energia elétrica, sendo os setores representados pelas barras em mil tep. Observa-se que, desde 1970, o principal consumo de energia é do setor industrial, com valor máximo observado em 2010 de 17 milhões de tep, seguido pelo setor residencial com 12 milhões de tep em 2019, e comercial, com aproximadamente 8 milhões de tep em 2019. O eixo secundário apresenta a soma de todos os valores por ano. Verifica-se que o consumo atual do setor industrial está em 16,8 milhões de tep, porém ao somar os setores público e residencial, nota-se que em 2019 o consumo foi de 16,3 milhões de tep, valor muito próximo ao industrial (EPE, 2020).

Figura 2: Consumo de Energia Elétrica por Setor (milhões de tep).

Fonte: Adaptado de (EPE, 2020).

Estes dados do consumo energético podem ser observados com o crescimento e desenvolvimento demográfico, sendo que o Censo 2010 realizado pelo IBGE demonstra que em 1991 o Brasil possuía aproximadamente 34 milhões de domicílios particulares permanentes e 57 milhões em 2010. No intervalo de 19 anos o setor residencial apresentou um acréscimo de 22,5 milhões de domicílios particulares permanentes (IBGE, 2010). Se considerar que o um consumo residencial médio de 162 KWh/mês como apresentado pela AEEE, em 19 anos o consumo do País aumentou em 3.645 GWh/mês (EPE, 2020).

Para as demandas médias futuras de energia elétrica no Brasil, a EPE na PNE 2050 apresenta a demanda por energia elétrica pré-definida para 172 mil Mega Watts (MW) e 107 MW para 2030. Dado que do patamar de 66 mil MW de 2015, para 2050 a demanda tenha um aumento de aproximadamente 2,5 vezes como apresentado na Figura 3 (EPE, 2020: 21, 23).

Figura 3: Consumo de Energia em mil GWh por setor e Crescimento Populacional em (Milhões) nas Cidades

Fonte: Adaptado de (EPE, 2020).

Dessa forma, a observar todos os cenários de potencial, produção, consumo e demanda de energia elétrica no Brasil, a EPE traça dois cenários possíveis, um de estagnação e outro de

desafio de expansão. O desafio representa uma expansão da infraestrutura de oferta de energia elétrica, de forma que a estagnação é onde a demanda de energia permanece a mesma (EPE, 2020: 1). Ao considerar o horizonte que abrange até 2050, o setor energético brasileiro tem a missão de obter recursos de maneira mais eficiente e eficaz. A Tabela 1 apresenta os cenários de estagnação e desafio para a Geração Distribuída (GD). Ao observar os valores, é possível identificar o aumento da utilização da energia fotovoltaica e térmica (EPE, 2020: 161 e 162).

Tabela 1: Cenário de Estagnação e Desafio de expansão para as Energias Eólica e Fotovoltaica na Geração Distribuída.

	<i>Fotovoltaica</i>	<i>Térmica</i>	<i>CGH</i>	<i>Eólica</i>
<i>Estagnação</i>	49%	4%	28%	19%
<i>Desafio</i>	61%	24%	10%	5%

Fonte: Adaptado de EPE, 2020: 162.

O PNE contribui de maneira a definir quais são os desafios que precisam ser vencidos para alcançar o patamar desejado ao que se refere à Geração Distribuída (GD). Um dos pontos principais elencados é a integração das redes de distribuição inteligentes para o melhor aproveitamento das novas tecnologias, de maneira a trazer confiabilidade no fornecimento (EPE, 2020).

Com essa visão a PNE 2020 destaca que a conclusão dos desafios impostos, necessitam de aprimoramentos, e no que se refere às edificações são identificadas nove políticas energéticas para influenciar o desenvolvimento e aprimoramento para alcançar as metas definidas, apresentadas no Quadro 1 (EPE, 2020: 224 e 225).

Quadro 1: Políticas energéticas no setor de edificações brasileiro.

N	Item	Objetivo
1	Programa Brasileiro de Etiquetagem	Informar os consumidores de maneira a induzir as escolhas por edificações mais eficientes.
2	Plano Nacional de Eficiência Energética	Definir diretrizes para a promoção da eficiência energética por meio de medidas compulsórias de etiquetagem para os setores público, comercial e residencial.
3	Programa Nacional de Conservação de Energia	Investimentos para a realização de projetos e estudos com o intuito de capacitar e melhorar a eficiência energética.
4	Programa de Eficiência Energética	Investimentos para o melhoramento e aplicação nos segmentos representativos no consumo de energia elétrica.
5	Lei da Eficiência Energética (10.295/2001)	Estabelece Diretrizes mínimas para os índices de eficiência energética.
6	Instrução Normativa SLTI n.º 02/2014/MPOG	Torna a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia obrigatória para edifícios públicos.
7	Normas Brasileiras - NBR 15220/2005	Estabelece os requisitos obrigatórios para o desempenho das edificações residenciais brasileiras.
8	Tarifa Social de Energia Elétrica (Lei 12.212/2010)	Estabelece descontos na tarifa de energia elétrica para famílias de baixa renda.
9	Tarifa Branca	Tarifação horo-sazonal para consumidores atendidos em baixas tensões.

Fonte: Adaptado de EPE, 2020: 224.

Todos os fatores apresentados pela PNE exigem o aperfeiçoamento da Cadeia Produtiva de Energia Elétrica (CPEE) no Brasil desde a geração, alcançando a distribuição, transmissão e consumo. Estes desafios apresentados implicam na adoção de critérios para que o Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) consiga atender e crescer de maneira sustentável.

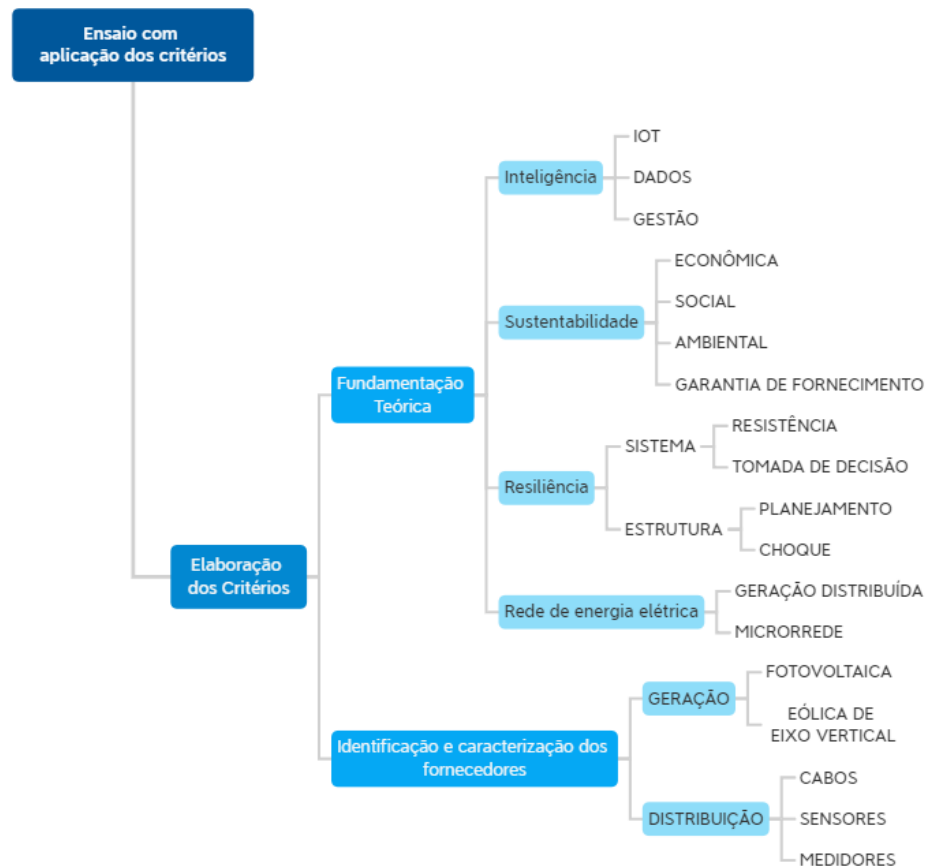
Sob outra perspectiva a expansão das atividades e a necessidade de abastecimento energético resultam em modelos de distribuição e transmissão de energia com falhas. Um exemplo dessas falhas foi a perturbação de 3 de novembro de 2020 da subestação de Macapá, que desencadeou um apagão e necessidade de utilizar um mecanismo de rodízio de distribuição de energia elétrica (ONS, 2020).

A CF de 1988 determina, no Art. 21, inciso XVIII, que é competência da União planejar e promover a defesa contra calamidades públicas (BRASIL, 1988). Assim, detona-se que distúrbios no sistema de abastecimento elétrico devem apresentar uma resiliência com respostas a curto prazo, e em casos graves, que haja uma terceira via para a resolução (BRASIL, 1988).

Logo, ao observar o crescimento populacional e urbano, o sistema elétrico necessita estar sempre a frente do seu tempo por meio de planejamento, e deve buscar o desenvolvimento de fontes e tecnologias que sejam sustentáveis e apresentem soluções e interações homem-máquina de maneira inteligente e resiliente para o seu funcionamento e em sua estrutura.

Este trabalho aborda a elaboração de critérios para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente. A sustentabilidade é inserida principalmente nos contextos dos materiais, elementos e componentes necessários, assim como na escolha da fonte utilizada para a geração de energia elétrica. A Inteligência é apresentada com a inclusão de equipamentos e sistemas computacionais com capacidade de ler e enviar dados referentes a energia elétrica na rede, para armazenamento e análises em tempo real. Por fim a resiliência é a capacidade da microrrede sofrer choques e existirem procedimentos e, ou planejamentos prévios para sua reconstrução e reestabelecimento em tempo eficiente. A Figura 4 apresenta os principais pontos abordados no trabalho.

Figura 4: Principais pontos abordados no trabalho.



Fonte: Autor, 2021.

1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é elaborar um conjunto critérios para uma microrrede que possua os atributos de inteligente, sustentável e resiliente com um ensaio para a fase de planejamento e pré-projeto na Praça de Protótipos do PISAC/UnB

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho apresenta quatro objetivos específicos que auxiliam para alcançar o objetivo geral:

- Pesquisar os termos que embasam o trabalho por meio de um levantamento bibliográfico que fundamente os termos inteligente, sustentável e resiliente para o setor elétrico, em específico para uma microrrede;
- Pesquisar as empresas responsáveis pelo fornecimento de equipamentos para a geração e distribuição por meio da identificação e caracterização da cadeia produtiva da geração fotovoltaica e eólica de eixo vertical apresentando os equipamentos que possuam atributos de inteligência para a distribuição, para a obtenção da localização, quantificação e caracterização dos equipamentos principais para a geração de energia elétrica e medições da rede de distribuição de forma autônomas e inteligentes.

- Elaborar critérios que apresentem os atributos de inteligente, sustentável e resiliente, considerando requisitos existentes para *smartgrid*, *sustainablegrid* e *resilientgrid*, em normas técnicas, resoluções normativas e padrões de boas práticas para microrredes e a elaboração de novos requisitos;
- Testar a aplicabilidade dos critérios definidos foi realizado um ensaio, onde se aplicará as fases de planejamento e pré-projeto dos critérios para o PISAC.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho apresenta uma introdução, metodologia, conclusões gerais com quatro capítulos em forma de artigos científicos que contém: resumo, introdução, métodos, discussões e síntese analítica. Os quatro capítulos são:

Cap.1 Fundamentação teórica: a geração e distribuição de energia elétrica para as cidades inteligente, sustentável e resiliente, com os conceitos e definições dos principais autores.

Cap.2 Os fornecedores da cadeia produtiva da geração de energia fotovoltaica e eólica vertical no Brasil: identificação e caracterização da cadeia produtiva da geração de energia fotovoltaica, eólica vertical e de equipamentos de distribuição que apresentem inteligência agregada.

Cap.3 Critérios para uma Microrrede inteligente, sustentável e resiliente: critérios para com requisitos para a construção de uma microrrede com os atributos de inteligência, resiliência e sustentabilidade.

Cap.4 Ensaio de uma Microrrede inteligente, sustentável e resiliente para O PISAC: apresenta um ensaio da aplicação do conjunto de critérios de microrrede inteligente, sustentável e resiliente para a Praça de Protótipos do PISAC.

2. METODOLOGIA GERAL

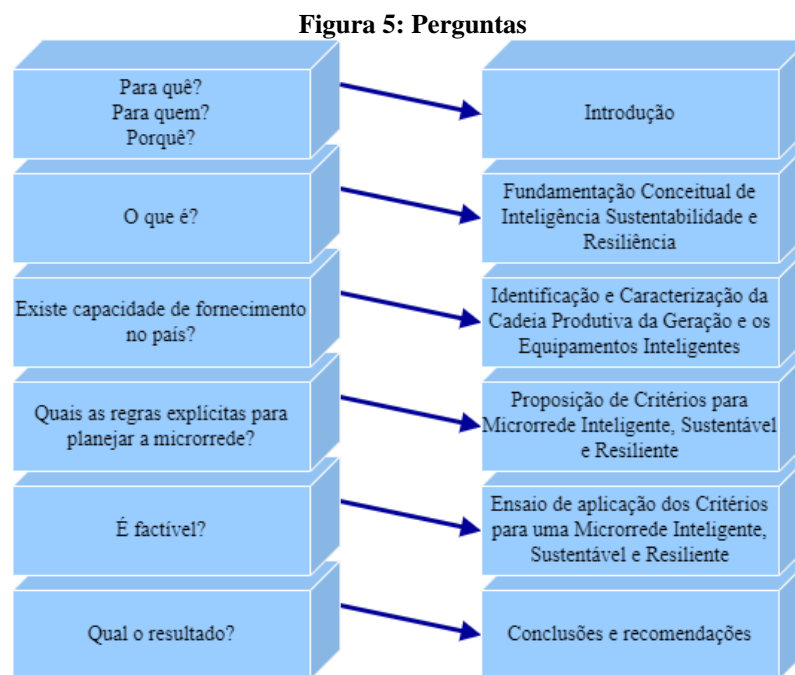
Este trabalho apresenta como questão fundamental quais os requisitos para uma microrrede de energia elétrica que apresente garantia de fornecimento contínuo e de alta qualidade, com a capacidade de tomar decisões independentes diante de perturbações?

Para responder essa questão foi necessário, primeiramente, realizar a fundamentação teórica dos termos: inteligente, sustentável e resiliente. Com o objetivo de observar a possibilidade do suprimento de equipamentos novos no mercado e para identificar a possibilidade de implantação de uma microrrede no Brasil, foi realizada a identificação e

caracterização das empresas fabricantes de equipamentos com inteligência agregada para a distribuição, e dos equipamentos para a geração de energia fotovoltaica e eólica de eixo vertical.

A partir da fundamentação teórica e da verificação de possibilidade de implantação, foi elaborado um conjunto de critérios que reúnem os requisitos presentes em critérios para *smartgrid*, *sustainablegrid* e *resilientgrid*, e em normas técnicas, resoluções normativas e padrões de boas práticas. Esse conjunto de critérios passou pela avaliação de pesquisadores do PISAC, com experiência na elaboração de requisitos e no desenvolvimento de critérios de avaliação de desempenho.

Para avaliar a possibilidade de aplicação dos critérios foi desenvolvido um ensaio na Praça de Protótipos do PISAC com a aplicação nas fases de planejamento e pré-projeto. A Figura 5 apresenta as principais questões levantadas e as ações realizadas para responder à questão fundamental do trabalho.



Fonte: Autor, 2022.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AS CIDADES INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE

3.1. RESUMO

A linguagem e a compreensão de termos evoluem com o passar do tempo, e essa compreensão pode variar ao depender da área de estudo que está aplicando o termo. Com essa problemática, este capítulo apresenta a fundamentação teórica para os termos: cidade; cidade inteligente; cidade resiliente; cidade sustentável; desenvolvimento sustentável; energia eólica vertical; energia fotovoltaica; geração distribuída, e para os três termos que fundamentarão este trabalho: inteligência; sustentabilidade e resiliência. Essa fundamentação se dará por meio de uma pesquisa bibliográfica apresentada em forma de quadro teórico, com os principais autores e termos utilizados neste trabalho.

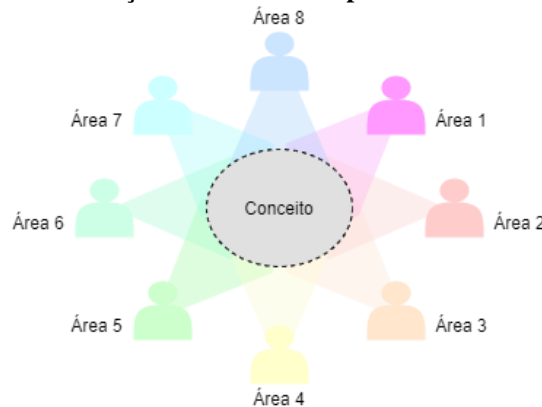
3.2. INTRODUÇÃO

Assim como a tecnologia, a linguagem e as definições de conceitos evoluem com o passar do tempo. Contudo, a definição de um conceito pode variar ao depender da área de estudo que o observa, o que gera sinonímias e entendimentos variados de um mesmo termo.

Essas visões compartilhadas de um conceito são apresentadas neste trabalho para vários termos. A palavra cidade, por exemplo, pode gerar diferentes perspectivas de abordagem, dependendo da área do conhecimento. Dessa forma, diversos setores de produção e empresas desenvolvem glossários para a organização e orientação dos termos utilizados, dadas as diversas conotações que são adotadas para o mesmo termo. Assim uma cidade pode ser caracterizada como: industrial; comercial; pesqueira; capital; cidade satélite; cidade velha; entre outras, uma cidade pode ser caracterizada pelos diversos atributos que a constituem (WIRTH, 1987).

O pensamento analítico expressa essa concepção de visão de várias áreas de estudo por meio da analogia com a visão específica dos elementos, onde identificar a menor parte, ou uma das áreas, indica o entendimento da realidade, ou do conceito. Trata-se então do conhecimento básico de cada elemento de maneira separada, em que os fenômenos são observados como um conjunto de elementos, gerando uma complexidade organizada (ACKOFF, 1981). Dessa forma, observar um conceito definido por uma área de conhecimento apresenta uma parte da realidade, mas não o todo. O conjunto de visões do mesmo conceito, abordado por cada área do conhecimento, possibilita representar a realidade, como apresentado na Figura 6.

Figura 6: Observação de um conceito por várias áreas de estudo



Fonte: Autor, 2021.

Ao identificar que os termos aplicados a este trabalho dependem da área de estudo analisada, e que é necessário a visão do todo, esse capítulo tem por objetivo construir um quadro bibliográfico com definições de diferentes áreas de estudo para um mesmo termo, com o intuito de identificar os conceitos para a definição da microrrede inteligente, sustentável e resiliente.

Este capítulo objetiva um estudo sobre os principais termos aplicados e utilizados neste trabalho. Os termos a serem analisados são: cidade inteligente; cidade; cidade resiliente; cidade sustentável; energia eólica vertical; energia fotovoltaica; geração distribuída; e autoprodução.

3.3. CIDADES

O mundo vive em constante mudança, sejam estas físicas, químicas ou mesmo culturais. “São todos movidos, ao mesmo tempo, pelo desejo de mudança – de autotransformação e de transformação do mundo em redor- [...] Ser moderno é viver uma vida de paradoxo e contradição” (BERMAN, 2007: 21). A transformação do mundo acarreta a alteração de termos e significados. Esta evolução pode ser observada na palavra cidade, que embora popularmente seja bastante empregada, sua definição depende da perspectiva de observação ou da área de atuação. Uma cidade pode ser definida, de acordo com o olhar aplicado, com conotação estatística, sociológica, arquitetônica, cultural, social, entre outras.

A definição francesa apresentada por Lavedan, em sua obra *Qu'est-ce que l'Urbanisme?* utiliza da estatística para definir uma cidade e é chamada de “puramente quantitativa”. É definido que uma cidade é uma aglomeração que apresente ao menos dois mil habitantes (LAVEDAN, 1926). Essa definição foi aplicada na França, em 1846, e no Instituto Internacional de Estatística, em 1887 (SILVA, 1946).

Contudo, a definição estatística de Levedan não abarca as construções e estruturas que compõem uma cidade. Na definição aplicada pela visão da arquitetura, considera-se que “a

cidade se distingue da aldeia por certas peculiaridades estruturais [...] a cidade atual se reconhece pela altura das edificações” (SILVA, 1946: 4).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio da Comissão Nacional de Classificação (CONCLA), define uma cidade como uma categoria em que reside uma Prefeitura Municipal, assim sendo um município, definido pela divisão político-administrativa (CONCLA, 2021). Cabe ao IBGE definir os municípios por meio de Assembleias Legislativas ou Órgãos Estaduais de Terras, onde na ausência de informações, são definidos pela legislação em vigor. A Constituição Federal de 1988, em seu Artigo 18, § 4º, define que a criação, incorporação, fusão ou desmembramento de municípios dar-se-á por meio de lei estadual (BRASIL, 1988).

Deve-se ressaltar que embora o termo cidade tenha a sua definição e seus limites variados e dada a complexidade, este trabalho considera as definições aplicadas pelas áreas da estatística, arquitetura e divisão político-administrativa. Dessa forma, uma cidade pode ser denominada de acordo com os sistemas que a integram. Como exemplo destas denominações temos as cidades industriais, tecnológicas, sustentáveis, entre outras. Neste trabalho são abordadas as cidades que apresentam os atributos: inteligente, sustentável e resiliente.

A primeira a ser descrita é a Cidade Inteligente (CI). Quando é abordado o conceito de inteligente, deve-se observar que se relaciona com a questão de sistemas de informação, tecnologia de informação e comunicação, em que ser inteligente é considerado a capacidade de obter informações, processá-las, armazená-las, tomar decisões e informar a todos em tempo real os acontecimentos (GIFINGER et al. 2007). Uma cidade tecnológica não é, via de regra, inteligente, mas uma cidade inteligente deve ser, entre várias outras características, tecnológica (ALLWINKLE; CRUICKSHANK, 2011; DUTTA, 2011; NAM; PARDO, 2011).

Uma CI abrange conceitos que vão além de redes de comunicação, de maneira a unir a gestão pública e espaços urbanos à tecnologia, sustentabilidade e outros conceitos com a finalidade de proporcionar melhoria na qualidade de vida (ABDI, 2018). Os principais conceitos definidos para uma CI estão destacados no Apêndice I.

O termo sustentabilidade apresenta uma definição linguística abrangente. A teoria do *Triple Bottom Line*, apresenta-se como a melhor definição do termo sustentabilidade, no qual são estabelecidos três pilares: ambiental, econômico e social, que estão em equilíbrio (ELKINGTON, 1994).

Essa definição, no entanto, apresenta uma evolução, quando são acrescidas as oito dimensões da sustentabilidade: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional (SACHS, 2002). Portanto, para uma cidade ou

microrrede ser considerada sustentável, deve ter como base as mesmas oportunidades e condições de vida para gerações atuais e futuras, que tem como orientação as oito dimensões da sustentabilidade por Sachs.

A terceira e última classificação de cidade que este trabalho aborda é a Cidade Resiliente (CR). O conceito “resiliência” assim como outros abordados, varia em função da área de estudo. O Quadro 2 apresenta as principais áreas e conceitos adotados.

Quadro 2: Conceitos para resiliência pela visão de áreas de estudos diferentes

Área	Autor, ano	Conceito
Ciência dos Materiais	LESNE, 2008	Após uma deformação que embora apresente fases intermediárias, tem por consequência final o mesmo material em sua mesma forma.
Biologia	SORDI et al, 2011	Incremento da adaptabilidade do meio, aplicando-se aos seres vivos de maneira a considerar todas as interações em níveis diferentes para que o organismo mantenha as funções, em ecossistemas por outro lado pode apresentar até a inserção de adversidades, para manter-se em seu equilíbrio.
Engenharia	ALBERTI; et al, 2003	Capacidade de cidades desencadearem ou tolerarem a reorganização em volta de novas estruturas e processos.
Ecologia	ODUM, E.P., 2007	Capacidade de um sistema ou ecossistema de responder a uma perturbação ou distúrbio, de maneira a resistir a danos e recuperar-se rapidamente.

Fonte: Autor, 2021.

Dessa forma ao integrar os conceitos, tem-se que a resiliência em uma cidade é a capacidade de um sistema socioeconômico de recuperar-se de um choque, ou disrupção de maneira a apresentar um saldo demográfico de qualidade de vida iguais, ou próximos aos de antes (DAWLEY et al, 2010).

Definida pela Norma Brasileira (NBR), *International Organization for Standardization* (ISO) nº 37.123, um choque, se traduz em eventos naturais causados pelo ser humano ou que tenham como resultados desastres. Por fim, a mesma norma ainda define que uma cidade resiliente é: “cidade capaz de preparar-se, recuperar-se e adaptar-se aos choques de tensões” (ABNT, 2019).

3.4. GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

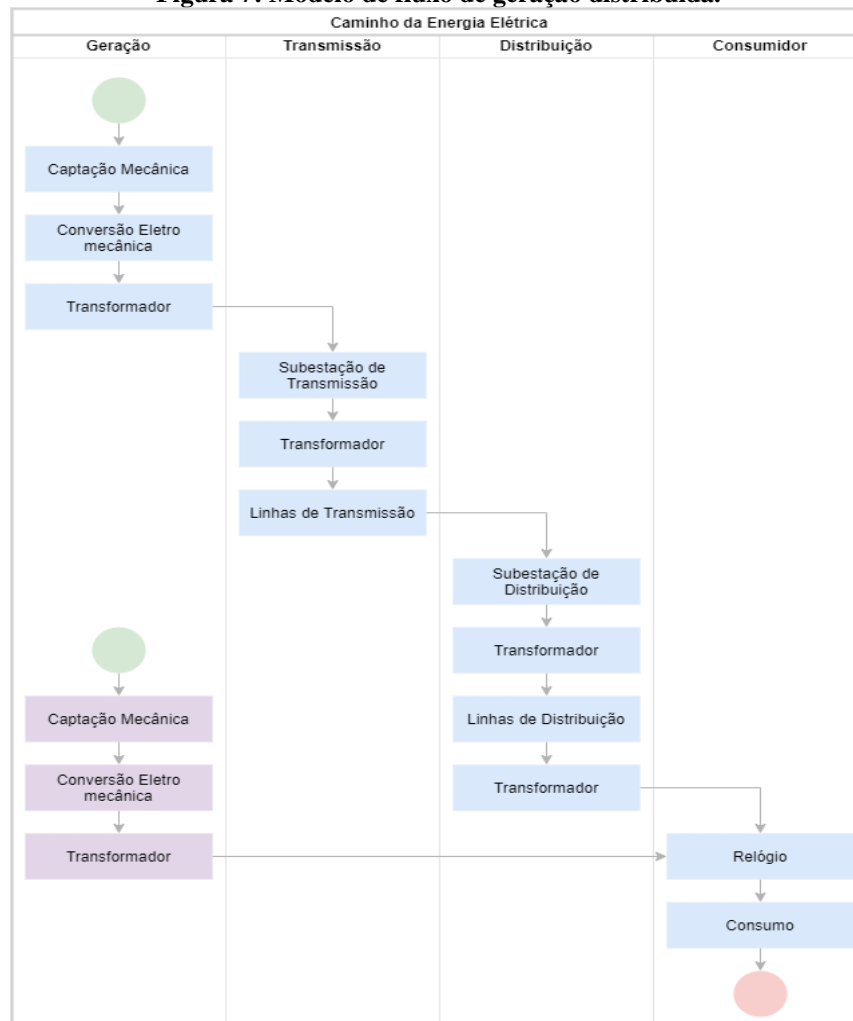
Uma cidade é composta por um conjunto de vários sistemas que interagem entre si. Esses sistemas são as edificações, parques, distribuição de água, rede de distribuição de energia, entre outros.

Um desses sistemas é o sistema elétrico, que é dividido em quatro etapas, geração, transmissão, distribuição e consumo. Na etapa de geração é produzida a energia elétrica, por meio da conversão de energia advinda de uma fonte. A transmissão é composta pelas linhas e subestações que apresentam tensão igual ou superior a 230 KV e tem por objetivo transmitir a energia elétrica por grandes distâncias, da geração até a distribuição (ANEEL, 1997). A distribuição pode ser considerada uma das etapas cruciais para as cidades, dado que ela é a responsável por realizar a recepção e transformação da energia elétrica advinda da transmissão

e distribuir para os consumidores (ANEEL, 2018). Por fim a última etapa é o consumo da energia elétrica.

Porém, o avanço da sociedade e das cidades que as suportam exigiu um acréscimo contínuo de produção de energia elétrica para acompanhar esse avanço. Essa necessidade ocasionou o aprimoramento da geração de energia que existia, e a realização de pesquisas para equipamentos que possibilitem a geração de energia no próprio local de consumo (SANTOS, GHIRARDI, 2003).

Os avanços tecnológicos alcançaram as quatro etapas do sistema elétrico, de maneira que os equipamentos que as compõem apresentem maior eficiência, eficácia e efetividade. O somatório da evolução tecnológica, com a necessidade de geração resultou na modificação do modal linear do sistema, de maneira que a geração fosse realizada também na etapa do consumidor como apresentado na Figura 7. Esse novo modal inseriu no sistema elétrico a figura do autoprodutor, o qual realiza a produção/geração de energia elétrica para uso próprio, e comercializa os seus excedentes (ANEEL, 2018). O novo modal do sistema é denominado de geração distribuída, em que apresenta a geração não apenas em pontos externos únicos, mas dentro da própria rede de distribuição.

Figura 7: Modelo de fluxo de geração distribuída.

Fonte: Autor, 2021.

O desenvolvimento da geração distribuída trouxe, com o tempo, algumas dificuldades, como a qualidade da energia produzida e a preparação da rede de distribuição. Foi então necessário estabelecer uma normatização para o setor realizar essas atividades de geração distribuída. Essa organização proporcionou para os pequenos produtores de energia a capacidade de gerar e consumir a energia no próprio empreendimento, como um aditivo de poder distribuí-la com o sistema ao qual se conecta (ANEEL, 2018).

Com os modelos de geração e distribuição de energia elétrica reorganizados para os autoprodutores, foi possível investir nas tecnologias de conversão de energia e nas fontes utilizadas. No Brasil, as principais fontes de energia em ordem de utilização são: fóssil; hidráulica; solar; nuclear; eólica e biomassa (LAVEZZO, 2016).

Os autoprodutores ou unidades geradoras¹ podem ser classificados de acordo com a sua fonte. Temos assim as classificações de geração: Central Geradora Hidroelétrica (CGH); Central Geradora Undi-elétrica (CGU); Central Geradora Eólica (EOL); Pequena Central Hidroelétrica (PCH); Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV); Usina Hidroelétrica (UHE); Usina Termoelétrica (UTE); e Usina Termonuclear (UTN).

O Balanço Nacional Energético (BNE) de 2020 destaca que os autoprodutores do Brasil utilizam em sua maioria a fonte solar, seguido de hidráulica, eólica, lenha e bagaço de cana (EPE, 2021).

Ao observar as três classificações para as cidades, e os requisitos para o sistema de energia elétrica, a fonte utilizada na geração de energia é indicada nas três como o primeiro ponto a ser realizado. O papel desempenhado pelo autoprodutor e das distribuidoras de energia para a adequação nessas classificações inicia-se pela escolha da fonte de energia, das quais as principais elencadas são a energia fotovoltaica e eólica.

A energia fotovoltaica é obtida pelas UFV que realizam a geração de energia elétrica por meio da radiação solar, da qual é advinda do efeito fotovoltaico, que realiza a conversão direta da potência da radiação solar, para uma potência elétrica de corrente contínua (CASTRO, 2002). Essa conversão é realizada por um sistema composto de placas que realizam a conversão da radiação solar em energia elétrica, e a energia é conduzida por cabos para o conversor de corrente contínua em corrente alternada e enfim seguir o caminho para o consumo. Cada sistema fotovoltaico tem as suas especificações como material, inclinação, quantidade e forma de ligação das placas, além da conversão de corrente poder ser realizada por partes, isso quer dizer, em pequenas sequências de placas, ou para o sistema completo (RAMOS et al, 2017).

Já a energia eólica, é gerada a partir do movimento cinético dos ventos sobre as pás da turbina que gira o trem de acionamento, transferindo a energia cinética para uma caixa de engrenagens responsável por aumentar a rotação. A energia segue sua transferência para um eixo de alta velocidade que movimenta o rotor do gerador, que tem por sua função transformar a energia em elétrica (TAVEIROS, 2014).

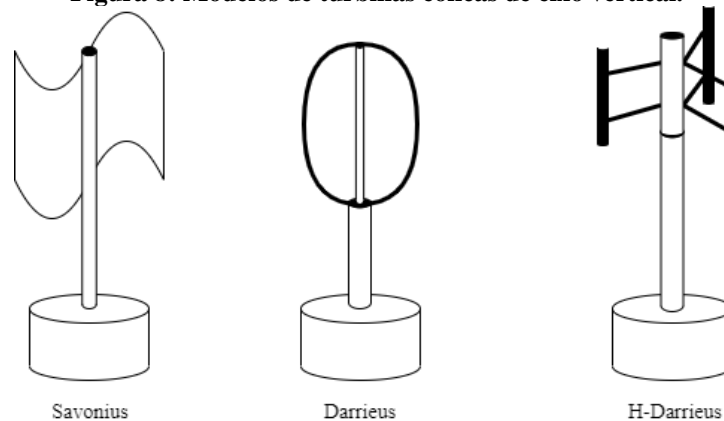
O avanço da tecnologia para a conversão da energia cinética dos ventos em energia elétrica, as pás, rotores e os geradores apresentaram evolução também. Ao observar como exemplo uma edificação com sua função habitacional de interesse social, uma turbina eólica de

¹ Unidade Geradora: Conjunto de gerador ou geradores e outros equipamentos, componentes e máquinas destinados a converter uma fonte em energia elétrica (ANEEL, 2013). (<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013583.pdf>)

eixo horizontal apresentaria uma pequena quantidade de conversão de energia, dado que os ventos que apresentam maior velocidade estão entre 50m de altura (AMARANTE, et al, 2001).

Dada esta altura elevada e o diâmetro das pás das turbinas horizontais serem proporcionais à sua produção, quanto maior melhor, as turbinas com eixo vertical apresentam uma boa alternativa para a implantação de uma pequena turbina em um local que ou tenha baixa altitude referente ao solo, ou com pouco espaço para implementação. Atualmente no mercado existem três tipos de modelos de turbinas eólicas de eixo verticais: Darrieus, H-Darrieus e Savonius como apresentado na Figura 8.

Figura 8: Modelos de turbinas eólicas de eixo vertical.



Fonte: Autor, 2021.

Cada um dos modelos apresenta particularidades e funcionalidades diferentes dependendo do local de emprego. O modelo Darrieus apresenta níveis de potência nominal maior do que Savonius, no entanto é o modelo de custo mais elevado. A diferença entre os modelos H e o Darrieus está na eficiência, H obtém maior eficiência e não necessita de aceleração inicial. O modelo Savonius necessita baixas velocidades dos ventos para a sua produção, além de suportar maiores turbulências (RATES, et al, 2017).

A resiliência do Sistema Elétrico está na diversificação das fontes e na forma em que é distribuída. Como exemplo podemos simular um modal linear que apresente um problema na geração de energia, esse fato acarretará falta de energia em vários pontos, caso não haja outra usina capaz de suprir a demanda. Para um sistema que apresente uma rede de geração distribuída com diversas pequenas usinas, haveria menos impactos negativos em caso de surtos.

3.5. SÍNTESE ANALÍTICA

A partir da pesquisa realizada foi possível identificar os principais termos utilizados neste trabalho, de maneira em que se possibilite um embasamento para o desenvolvimento e aplicação do conceito de microrrede inteligente, sustentável e resiliente. A partir dos principais termos e conceitos, foi possível construir o Quadro 3, com os termos estudados.

Identificados os termos e os requisitos para que sejam atendidas as necessidades de uma geração e distribuição de energia elétrica inteligente, sustentável e resiliente, será possível identificar os critérios para a implantação da praça de protótipos do PISAC.

Quadro 3: Quadro bibliográfico dos termos principais abordados no trabalho.

Termo	Autor	Ano	Resumo
Sustentabilidade	DOVERS, S.R.; HANDMER, J.W.	1992	Capacidade de um sistema de adaptar-se ou resistir a mudanças por tempo indeterminado.
	ELKINGTON, J.	1994	A sustentabilidade é definida pelo equilíbrio ambiental, social e econômico.
Resiliência	LESNE, A.	2008	Materiais, capacidade de um material sofrer uma deformação e retomar o seu estado inicial.
	LESNE, A.	2008	Biologia, capacidade de interação em diferentes níveis, onde o organismo mantenha as suas funções.
	SORDI, A.O.; MANFRO, G.G.; HAUCK, S.	2011	Ecossistema, Capacidade de interagir, sofrer deformações e inserções de maneira a manter o seu equilíbrio.
Inteligente	MAHIZHNAN, A.	1999	Estratégias que utilizam de TICs, sensores, sistemas de informação, computação em nuvem com a finalidade de melhorar a eficiência e eficácia e efetividade de processos e procedimentos.
	GIFINGER et al.	2007	capacidade de obter informações, processá-las, armazená-las, tomar decisões, e informar a todos em tempo real os acontecimentos
Desenvolvimento Sustentável	DOVERS, S.R.; HANDMER, J.W.	1992	Sustentabilidade é a capacidade de um sistema resistir ou adaptar-se a influências externas ou internas por um tempo. O Desenvolvimento Sustentável apresenta uma visão de caminho para se alcançar a sustentabilidade.
	SACHS, I.	2002	Para o desenvolvimento sustentável devem ser consideradas oito dimensões da sustentabilidade: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional
Cidade	LEVEDAN, P.	1926	No âmbito da estatística, uma cidade é caracterizada por sua quantidade de habitantes, assim toda a aglomeração de ao menos dois mil habitantes, pode ser considerada.
	SILVA, M.M.F.	1946	Na definição arquitetônica, uma cidade é aquela que é reconhecida por suas estruturas e alturas das edificações.
	CONCLA	2021	Para o IBGE, uma cidade é uma categoria a qual contém uma prefeitura municipal, de maneira a ser definida por uma visão política administrativa.
Cidade Sustentável	ELKINGTON, J.	1994	Para uma cidade ser sustentável é necessário que ela siga modelo o <i>triple Bottom Line</i> , denominado de tripé da sustentabilidade.
	ROGERS, R. GUMUCHDJIAN, P.	2013	Uma cidade sustentável é aquela que é capaz de proporcionar para os cidadãos e futuras gerações qualidade de vida, por meio de soluções ambientais, sociais e econômicas.
Cidade Inteligente	ALLWINKLE, S.; CRUICKSHANK, P.	2011	Uma cidade inteligente integra os conceitos de desenvolvimento de outras cidades em suas áreas específicas.

	ABDI	2018	Integra vários conceitos como gestão pública e urbana, tecnologia, sustentabilidade e outros, com a finalidade de melhoria na qualidade de vida.
Cidade Resiliente	DAWLEY, S.; PIKE, A.; TOMANEY, J.	2010	Capacidade de uma cidade recuperar-se de um choque ou interrupção de maneira a apresentar um saldo igual ou positivo ao anterior.
	HOLLING, C. S. ALBERTI, M.	2001 e 2003	Capacidade do ambiente urbano sofrer alteração desencadeadas e tolerá-las antes de estabelecer uma nova organização integral ou de processos.
Geração Distribuída	ACKERMANN, T. ANDERSSON, G. SÖDER, L.	2001	A geração distribuída é definida por uma fonte de geração conectada de forma direta ao consumidor ou à distribuição.
	BRASIL	2004	Por meio do Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004, a Casa Civil regulamenta e define a geração distribuída como a produção de energia elétrica, na qual é advinda de empreendimentos conectados de forma direta ao sistema de distribuição do comprador.
Energia Fotovoltaica	CASTRO, R. M. G.	2002	Geração de energia elétrica obtida por meio do efeito fotovoltaico, que realiza a conversão direta da potência da radiação solar, para uma potência elétrica.
	ANEEL	2020	Instalação de produção de energia elétrica a partir do aproveitamento da radiação solar sob a aplicação do efeito fotovoltaico.
Energia Eólica Vertical	TAVEIROS, F. E. V.	2014	Sua geração é dada a partir do movimento cinético dos ventos sobre as pás da turbina que tem por sua função transformar a energia em elétrica
	ANEEL	2020	Produção de energia por meio da conversão da energia cinética do vento em energia elétrica.

Fonte: Autor, 2021.

É então observado que a inteligência de um sistema está empregada na forma em que os equipamentos lidam com as informações obtidas dos processos realizados. No caso da energia elétrica, a inteligência do sistema está na leitura de dados como frequência, corrente, tensão, entre outros. No entanto, apenas ler os dados e enviá-los para um servidor não se configura como inteligência. É necessário que os equipamentos possam realizar ações de interferência no sistema, em caso de variações que estejam fora dos limites considerados. Assim ao observar a baixa no abastecimento de todo o sistema, o equipamento realize a ação de conectar novos geradores para que se consiga manter o fornecimento contínuo de energia.

A contribuição para a sustentabilidade está uso racional dos suprimentos de forma que não se esgote. Na evolução do conceito de sustentabilidade, o termo resiliência apresenta-se nos anos 90 já como uma variável a mais a ser considerada, de forma em que se agregam ao conceito as resiliências do sistema e da infraestrutura, além da sustentabilidade

4. OS FORNECEDORES DA CADEIA PRODUTIVA DA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E EÓLICA VERTICAL NO BRASIL

4.1. RESUMO

Ao considerar um estudo de projeto com critérios que apresentem tecnologias novas no mercado, existe a necessidade da averiguação do fornecimento dos equipamentos que serão empregados. Dessa forma a identificação e caracterização da Cadeia Produtiva apresenta-se como uma ferramenta que possibilita definir a capacidade de fornecimento de equipamentos para um projeto que seja inovador. Este capítulo aborda a identificação e caracterização da cadeia produtiva da geração de energia elétrica com foco em duas fontes: fotovoltaica e eólica de eixo vertical e nos fornecedores de materiais, equipamentos e componentes. São levantados em conjunto com as fontes, os equipamentos que possuem a capacidade de medir, avaliar, armazenar e enviar dados da energia elétrica. Foi aplicada e melhorada uma metodologia já desenvolvida no âmbito do PISAC para caracterização e identificação de cadeias produtivas, por meio do levantamento, organização, armazenamento, tratamento e análise de dados de diferentes órgãos brasileiros. Foi possível observar que existem poucos fabricantes dos equipamentos principais para as gerações, e os equipamentos inteligentes são encontrados em sua maioria em fase de desenvolvimento industrial.

4.2. INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energias renováveis teve início com as pesquisas sobre a possibilidade do esgotamento de recursos não renováveis devido ao seu uso, e potencial em gerar resíduos que causem impactos ao meio ambiente (SENHORAS; MOREIRA; VITTE, 2009).

Da preocupação com as fontes não renováveis foram desenvolvidas ou melhoradas as tecnologias de geração elétrica por meio de fontes renováveis, que podem ser: hidráulica; solar; biomassa; eólica; nuclear; geotérmica; gravitacional; entre outras (LAVEZZO, 2016).

A matriz energética brasileira em 2020 apresentou 48,4% de utilização de energias advindas de fontes renováveis, em que a energia eólica e solar apresentam juntas um total de 4,2% como demonstrado no Gráfico 1 (BRASIL, 2021).

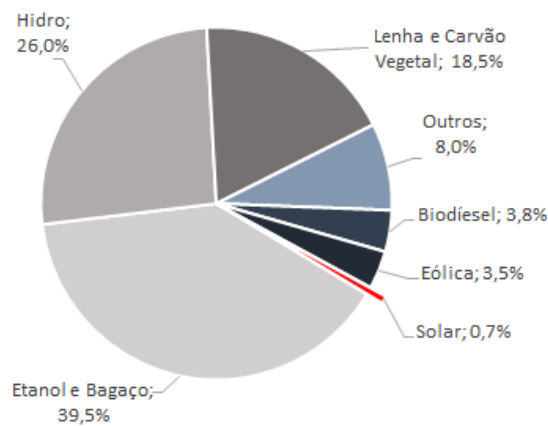


Gráfico 1: Matriz Energética Brasileira, Fontes Renováveis
 Fonte: Adaptado de BRASIL, 2021 pg. 5.

A matriz energética brasileira é composta por fontes renováveis e não renováveis, das quais é possível identificar que o etanol/Bagaço de cana, e a hídrica apresentam maior representatividade. Ao incluir as fontes não renováveis este panorama se altera (BRASIL, 2021).

O Balanço Energético Nacional de 2020 apresenta que 44,9% da energia elétrica produzida no Brasil foi advinda de petróleo, gás natural e derivados, enquanto 19,1% foram de produtos da cana e 12,6% da hidráulica (EPE, 2020).

A transformação mecânica para elétrica das fontes renováveis tiveram tecnologias diferentes para a geração que utilizam o mesmo princípio. Como exemplo temos a energia solar, que pode ser convertida com a tecnologia fotovoltaica, heliotérmica ou térmica (PASSOS; FRAGOSO, 2020).

Estas formas de converter energia mecânica em elétrica advinda da mesma fonte, proporcionaram uma diversidade de indústrias capazes de produzir os equipamentos para essas tecnologias de conversão.

A Cadeia Produtiva CPEE inclui a geração, transmissão, distribuição e consumo. Ao analisar a geração, tem-se um elo da Cadeia Produtiva, que é representado pelas empresas que produzem materiais, componentes, elementos e serviços para a geração de energia elétrica, assim, denominada de Cadeia Produtiva da Geração de Energia Elétrica (CPGEE).

Este capítulo tem como objetivo identificar a Cadeia Produtiva da Geração de Energia Elétrica das fontes fotovoltaica e eólica vertical, com o intuito de analisar a viabilidade de fornecimento de materiais, componentes, elementos e serviços para a praça de protótipos do PISAC, com vistas a identificar posteriormente os critérios para atender as cidades inteligente, sustentável e resiliente.

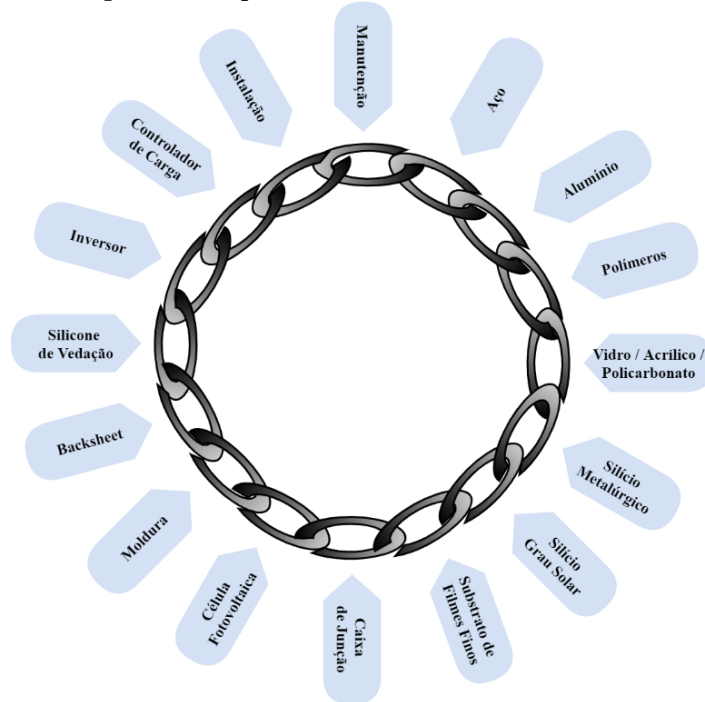
4.3. A CADEIA PRODUTIVA E SUAS CLASSIFICAÇÕES

Uma Cadeia Produtiva (CP) é o conjunto de insumos, etapas e agentes, que por meio de interações de operação e atividades tem por objetivo final a concepção de um bem ou serviço, assim, pode-se entender como o conjunto de várias atividades, processos e procedimentos que interagem entre si de maneira a incluir outros produtos, com a finalidade de obter um produto ou serviço (MDIC, 2002 apud BLUMENSCHHEIN, 2004). Podemos exemplificar que a CP da energia elétrica é composta não apenas pelo caminho que o produto realiza, geração transmissão distribuição e consumo, mas por todos os componentes, materiais, elementos e serviços realizados para todas estas fases. Podemos então definir que a Cadeia Produtiva da Energia Elétrica (CPEE), é composta por todas as etapas, serviços, insumos e agentes que geram, transmitem, distribuem e comercializam a energia elétrica.

O conceito de Processo Construtivo (PC) é definido como conjunto de atividades, regras e procedimentos entendido como todos os processos e etapas de projeto (TURIN, 1966). Para a este trabalho, os PC adotados serão considerados aqueles que abordam todas as etapas de concepção até o descarte, reuso ou retrofit.

A cadeia produtiva e o processo produtivo englobam várias atividades, realizadas por setores produtivos. Dentro de uma CP existem empresas que são responsáveis pela fabricação e montagem de componentes, como por exemplo temos uma empresa que faz a montagem de um conversor de energia. Essas empresas são consideradas como elos da CP, pois o equipamento produzido é parte integrante do sistema, no caso uma usina fotovoltaica. A Figura 9 apresenta como é constituída uma cadeia produtiva, a partir de vários elos, que se entrelaçam para a constituição de um produto final (MDIC, 2002 apud BLUMENSCHHEIN, 2004).

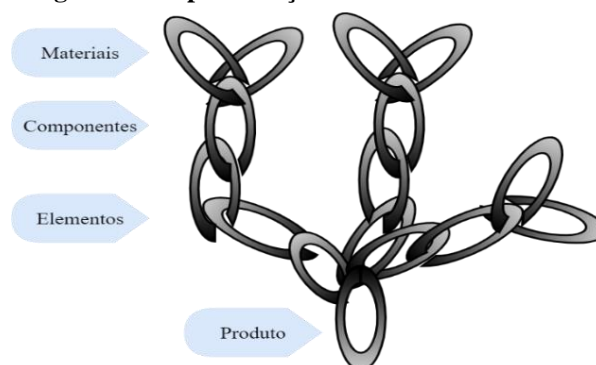
Figura 9: Exemplo de Cadeia Produtiva (Fotovoltaica).



Fonte: Autor, 2021.

Estes elos, porém, não estão encadeados de maneira linear, mas em redes, dependendo do processo construtivo da CP. Ao considerar que cada elo é um componente, elemento ou material, pode-se ter a repetição do mesmo em vários momentos, ou mesmo o fechamento de uma corrente inteira em apenas uma das etapas. Ao observar uma CP pode-se identificar que alguns produtos interagem com outros, de maneira a formar uma grande corrente com vários inícios e bifurcações que interagem entre si para formar um elo final. Estas conexões podem ser visualizadas na Figura 10.

Figura 10: Representação de uma Cadeia Produtiva



Fonte: Autor, 2021.

As conexões e interações observadas em uma CP podem ser explicadas pela Teoria Geral do Sistema, ferramenta que possibilita observar e analisar os diversos elos e estabelecer entre eles a sua função no geral e o fluxo estabelecido (BERTALANFFY, 1968).

De maneira geral, se um colar perder um dos elos de sua corrente, ele ainda é um colar, mas perde a sua funcionalidade. Ao interagir com uma CP, dependendo do elo que for perdido, a sua função pode ou não continuar, de maneira a exigir inovações, ou a substituição do elo.

Para ser definido como um sistema, uma CP necessita que cada elo apresente uma função e que haja um fluxo de energia (BERTALANFFY, 1968). Este fluxo pode ser representado como um rio. Cada nascente representa um material, e durante o curso do rio este material se une com outros para formar componentes, e estes se combinam para criar elementos, assim desaguando no mar e concebendo um produto.

O importante da analogia, é lembrar que da mesma forma com que a água segue um ciclo, uma cadeia produtiva, também pode seguir, caso o produto final passe por processos de reciclagem ou reuso.

Ao identificar a CP por meio de seus elos e fluxos, pode-se identificar os stakeholders que a compõem. As interações que existem dentro de cada CP apresentam padrões não lineares, tornando-se complexa a cada interação que um mesmo elo realiza. Pode-se exemplificar esta complexidade ao retratar duas fontes diferentes de energia como a hidráulica e a fotovoltaica. Uma usina hidroelétrica gera energia elétrica por meio de um sistema de conversão. Uma balsa com painéis fotovoltaicos também gera energia por meio de um sistema. Estes dois sistemas apresentam diferentes formas de funcionamento, no entanto nos dois sistemas são utilizados cabos elétricos para a condução da eletricidade. Estes cabos representam um elo em cada uma das CP. No entanto, ao analisar os dois sistemas juntos, temos que os cabos aparecem em vários momentos, seja para a condução da energia produzida, como para o funcionamento de equipamentos específicos, assim existindo em várias etapas da CP e em vários elos.

Essas conexões apresentam complexidade quando analisados cada um dos materiais, componentes, elementos e serviços que existem dentro de cada CP. Assim, para analisar esta complexidade foi utilizado o pensamento complexo, em que ao mesmo tempo em que se reconhece a necessidade de distinguir e associar, mas não separar, requer articular e conceber a emergência, mas sem a reduzir às unidades elementares e às leis gerais. O pensamento complexo aspira assim à multidimensionalidade e percebe a complementaridade entre ordem, desordem e organização nos fenômenos (MORIN, 2008 apud HAUBER, AMARO E OLIVEIRA; 2016).

Segundo Blumenschein (2004), a cadeia produtiva da indústria da construção pode ser classificada em três segmentos distintos: suprimentos, auxiliar e principal ou processos. O segmento de suprimento compreende a fabricação dos materiais, elementos, componentes e dos serviços que são utilizados para a obtenção do produto. O segmento principal ou de processos

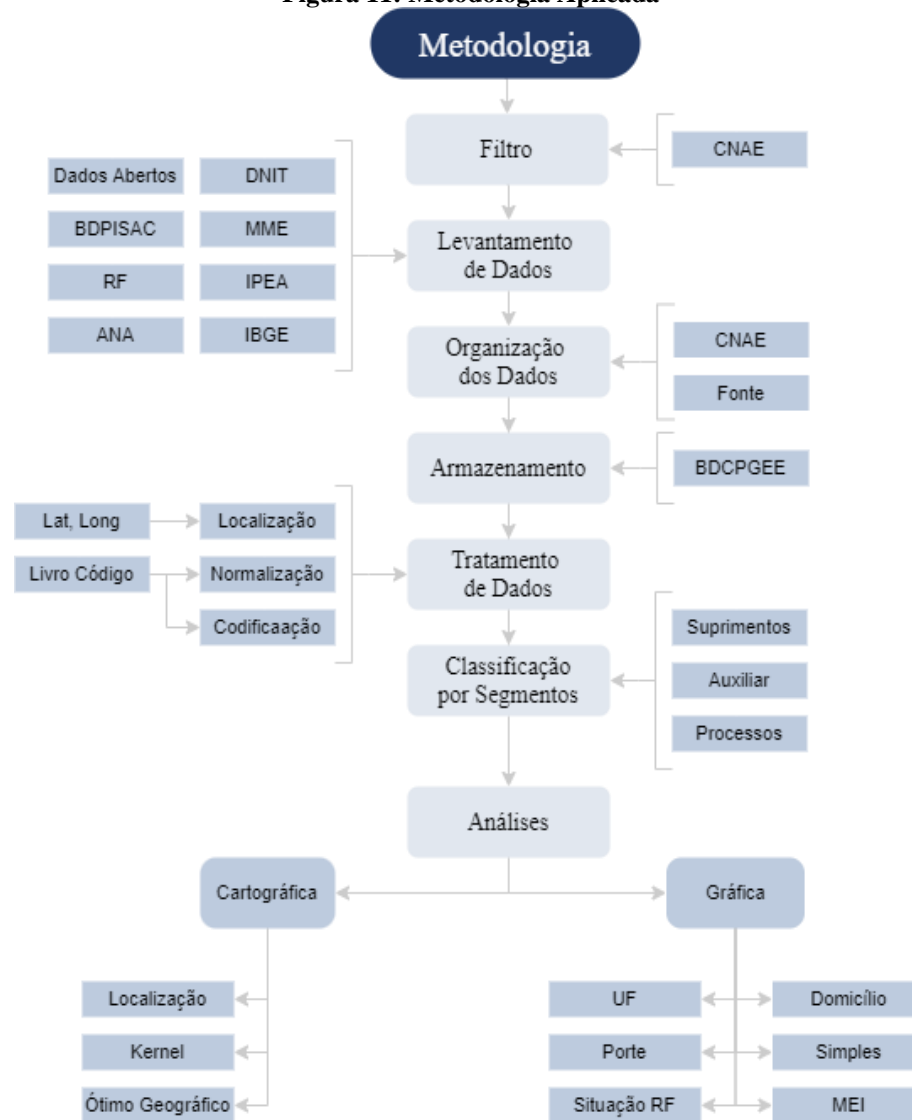
é aquele que foca a construção do produto final, sua manutenção e funcionamento, assim como as empresas responsáveis pela distribuição. Por último, o segmento auxiliar, é responsável por toda a “parte pensante”, composta por stakeholders, associações, universidades, entre outros (BLUMENSCHHEIN, 2004).

4.4. METODOLOGIA

A metodologia aplicada para este capítulo já vem sendo desenvolvida pela equipe “Cadeia Produtiva da Edificação Penal” (CPEP) do PISAC no âmbito do projeto: Estudos e Pesquisa em Arquitetura Penal junto ao Departamento Penitenciário Nacional / Ministério da Justiça e Segurança Pública. Para este capítulo serão aplicados os métodos básicos desenvolvidos para a identificação e caracterização da CPEP na Cadeia Produtiva da Geração de Energia Elétrica.

Para a construção da CPGEE, foram utilizadas as empresas responsáveis pela produção de materiais, componentes, elementos e serviços das fontes fotovoltaica, e eólica de eixo vertical, para a identificação e caracterização, foram desenvolvidas sete etapas, apresentadas na Figura 11.

Figura 11: Metodologia Aplicada



Fonte: Autor, 2021.

Para a construção do Banco de Dado foram coletadas informações referentes a empresas do Brasil referente ao ano de 2020, que apresentam o total de empresas no Brasil que estão: ativas, baixadas, inaptas ou suspensas.

Para realizar as análises cartográficas dos dados coletados foi definido um sistema de coordenadas único para todos os mapas, o Sistema de Referência Geocêntrico para las Américas (SIRGAS) 2000, com o "datum" de "Geographic Coordinate System" (GCS), e o "European Petroleum Survey Group" (EPSG) 4674.

4.4.1. Aplicação de Filtro

A primeira fase constitui na aplicação de filtros nos CNAEs, necessários para cada uma das cadeias produtivas, de maneira a identificar cada um dos equipamentos básicos que compõe

o produto, assim de maneira a utilizar os códigos para a identificação das empresas que são aptas a realizar as atividades.

As empresas levantadas para a análise possuem apenas os seus CNAEs primários analisados. Dessa forma empresas que desempenham atividades secundárias para a cadeia produtiva ficam excluídas do banco.

Para essa etapa alguns CNAEs foram descartados por não estarem presentes como participantes diretos da produção, como exemplo os fabricantes de parafusos e roscas, pois não representam a função principal da cadeia, e deixariam falhas para as análises da cadeia produtiva.

A escolha das empresas que compõem a CP foi realizada de acordo com as atividades principais exercidas pelas empresas. Foram selecionadas as empresas cujos CNAEs indiquem ligação com os equipamentos, componentes, materiais, elementos e serviços identificados em cada uma das cadeias produtivas.

4.4.2. Levantamento de Dados

Após a aplicação de filtros, a segunda fase da metodologia foi o levantamento dos dados referentes as localizações, documentos e estatísticas, para a construção de três bancos iniciais que contenham as informações geográficas, documentais e estatísticas. Os dados foram coletados de diversas fontes governamentais.

O Banco Geográfico é composto de informações coletadas prioritariamente do IBGE, com resolução de 1:25.000.000, e informações obtidas da ANEEL, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Agência Nacional de Águas (ANA), Ministério de Minas e Energia (MME) e do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT).

Para o Banco de dados Documentais foram levantadas informações que complementem a compreensão da CPGEE como por exemplo as informações referentes as associações nacionais e internacionais, assim como documentos referentes à produção e processo construtivo. Esses dados foram levantados na ANEEL, MME, PortalSolar e ABNT.

O Banco Estatístico contém as informações quantitativas e qualitativas referentes a dados de CNAE, situação cadastral e porte das empresas, dos quais foram levantados dados principalmente do sítio de Dados Abertos do Governo Federal, além de dados do Banco de Dados do Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído (PISAC), IBGE e da Receita Federal (RF).

4.4.3. Organização dos Dados

A terceira fase da metodologia, refere-se à organização utilizada na construção do banco de dados a ser analisado. Todas as empresas e informações atreladas a elas foram organizados por CNAE, isto porque as análises foram feitas considerando as atividades das empresas para realizar os tratamentos aplicados posteriormente nos bancos.

4.4.4. Armazenamento

O armazenamento dos dados é identificado como a quarta fase da metodologia. Os dados foram armazenados nos três bancos principais como definido na fase dois, em que o banco geográfico com os dados de localização contém arquivos nos tipos “shp” e “csv” foram armazenados separadamente. O banco estatístico é composto por arquivos de tipos “csv” e “xls”. O banco documental em sua maioria é composto por documentos de tipos diversos, dos quais “pdf” foi o formato mais identificado.

4.4.5. Tratamento de Dados

Os dados levantados foram normalizados e inseridas as latitudes e longitudes referentes a cada uma das empresas levantadas. As informações referentes a latitude e longitude foram obtidas por meio da identificação do município em que cada empresa reside por meio do código do IBGE.

A população do banco com os dados foi realizada de maneira a seguir o Quadro 4 que representa a estrutura do livro código adotado.

Quadro 4: Livro Código

Variável	Descrição	Tamanho	Tipo
DOMI	Domicílio da Empresa	1	Num
SITU	Situação da Empresa na RF	1	Num
CNAE	CNAE primário da empresa	7	Num
UF	Unidade Federativa da qual a empresa reside	2	String
COD_MU	Código IBGE para o município a qual a empresa reside	4	Num
QUA_RES	Qualificação do responsável da empresa	2	Num
PORT	Porte da empresa	1	Num
SIMP	Opção de aplicação ao Simples	1	Num
MEI	Opção de aplicação ao MEI	1	Num
DATA	Ano de fundação da empresa	4	Num
LAT	Latitude em que se localiza a empresa	6	Duble
LONG	Longitude em que se localiza a empresa	6	Duble

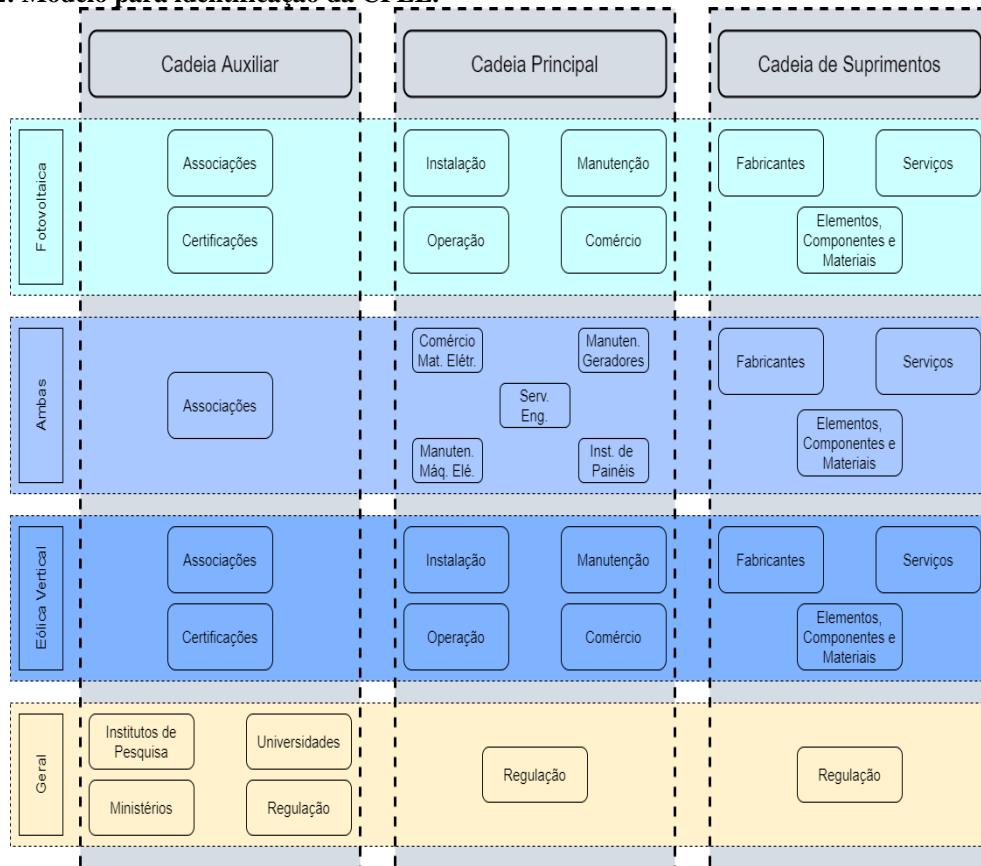
Fonte: Autor, 2021.

4.4.6. Classificação por Segmentos

Após o tratamento dos dados das empresas, foi realizada uma pré análise com os dados da cadeia produtiva inteira, e após foram então classificados em três segmentos: suprimentos, auxiliar e principal.

A separação realizada utiliza do modelo da Figura 12, apresenta a separação pelos três segmentos, ainda identifica a fonte eólica ou fotovoltaica a que a empresa pertence.

Figura 12: Modelo para identificação da CPEE.



Fonte: Autor, 2021.

4.4.7. Análises

A fase oito da metodologia refere-se às análises aplicadas aos segmentos da CPGEE. Foram realizadas análises cartográficas utilizando três critérios: localização, densidade kernel e ótimo geográfico. A primeira apresenta as concentrações das localizações das empresas com referência as UF a qual residem. São utilizadas as mesmas configurações geográficas: SIRGAS 2000 com datum: GCS e EPSG 4674. Dessa forma, as análises cartográficas são constituídas das localizações das empresas nos municípios e apresentam, de maneira básica, seus pontos georreferenciados no mapa, de forma que o resultado apresente o foco na região em que existe maior concentração de empresas.

Para a confecção dos mapas de Densidade Kernel, foi utilizada a estimativa de densidade Kernel, que utiliza pontos identificados e produz uma área referente à sua densidade (COELHO, FERREIRA, 2016). Para o cálculo dessa área é utilizado um raio de influência sobre os pontos, em que a quantidade de pontos que estiverem naquele raio, contribuem para aumentar a sua densidade. Para o cálculo estimativo foi utilizada a Equação 1, onde (u_i) são os pontos dentro de um raio “ τ ” localizados em torno do ponto (u_i). Representada por “ d ”, demonstra a distância entre a posição e a amostra i -ésima (CÂMARA e CARVALHO, 2004).

Equação 1: Método de Densidade Kernel

$$\lambda_{\tau}(u) = \frac{1}{\tau^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d(u_i, u)}{\tau}\right), d(u_i, u) \leq \tau$$

Para os mapas utilizados neste capítulo, a densidade kernel foi calculada no software *QuantumGIS*, utilizando um raio de abrangência de 50 km que foi definido pelo desvio padrão das médias das distâncias. Posteriormente, foram classificados os raios de acordo com a densidade, de maneira a representar uma classificação de adensamento representada pela Tabela 2.

Tabela 2: Classificação de Adensamento para a densidade Kernel.

Cor	Adensamento	Classificação
	$\lambda \geq 1000,1$	Alto
	$1000 \geq \lambda \geq 200,1$	Médio
	$200 \geq \lambda \geq 100,1$	Baixo
	$100 \geq \lambda \geq 20,1$	Muito Baixo
	$20 \geq \lambda \geq 0$	Nenhum

Fonte: Autor, 2021.

A construção dos mapas de ótimo geográfico utilizou uma metodologia em que os pontos gerados pelo método de densidade kernel, dos quais foram filtrados aqueles que apresentavam uma classificação de adensamento variante entre $200 \leq 1000,1$. Com os pontos definidos, utilizou-se o método de construção de rede, que é baseado em uma construção de uma matriz de pontos por distância entre eles. Após a configuração dessas distâncias são elencadas aquelas que apresentam melhor qualificação, que é dada pela quantidade de linhas que se cruzam, assim definindo o caminho mais realizado entre os pontos. Essa metodologia só é possível ser realizada se for informado um conjunto de linhas que permitam conectar dois pontos. Para definir essas linhas no escopo deste trabalho foram adotadas duas malhas, a malha rodoviária e aeroviária brasileira.

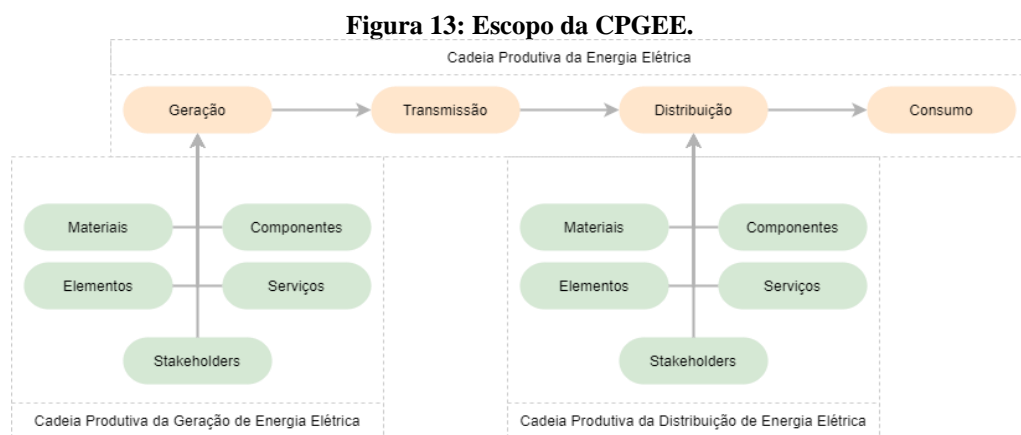
Uma vez estabelecida a rede foram calculadas as quantidades de conexões que são realizadas entre os principais pontos e esses são classificados de acordo com a quantidade de conexões principais. Para as definições dos pontos de ótimo, foi realizado mais uma vez o método de matriz, no entanto dessa vez foi utilizado as conexões em vez dos pontos, e a partir da maior quantidade de conexões em uma região são estabelecidos os pontos de ótimo. A quantidade de conexões é definida pelos quatro pontos que apresentaram a maior quantidade de conexões.

O segundo modelo de análise aplicado foi o de gráficos, onde foram construídos gráficos de pizza referentes a Porte, Situação, Domicílio, Simples e MEI. Os resultados referentes à quantidade de empresas por unidade federativa são apresentados em formato de barras, e estão

presentes em todos os gráficos as vinte e seis unidades federativas, Distrito Federal e empresas exteriores com representação nacional.

4.5. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA CPGEE NO BRASIL

A Cadeia Produtiva de Energia Elétrica é composta por quatro elos principais a geração, transmissão, distribuição e consumo. Cada elo é composto por cadeias produtivas que produzem materiais, componentes e elementos, que abastecem o elo. Para este trabalho será considerada a Cadeia Produtiva da Geração de Energia Elétrica, de maneira a analisar apenas as fontes fotovoltaica e eólica vertical. Os elos estudados da Cadeia Produtiva da Geração de Energia Elétrica abordam os fornecedores dos materiais, componentes, elementos, equipamentos e serviços da geração e distribuição como apresentado na Figura 13.



Fonte: Autor, 2021.

A CPGEE, é formada por várias fontes, das quais podemos elencar: hidráulica, fotovoltaica, térmica, eólica, entre outras. No escopo deste trabalho, a amostra analisada da CPGEE é composta pelas fontes fotovoltaica e eólica vertical.

O total de empresas identificadas foi 544.075. Foram identificados CNAEs referentes às seguintes atividades: fabricantes; prestadores de serviços como manutenção, instalação e projetos, assim como as atividades de comércio atacadista descritos no Quadro 5. Foram adicionados à CP universidades que podem auxiliar no desenvolvimento de melhoria e aperfeiçoamento da produção.

Quadro 5: Quantidade e Percentual de Empresas por CNAE na CPEE.

CNAE	Descrição da atividade	Quant.	%
2610800	Fabricação de célula fotovoltaica.	4.444	0,82
2710401	Fabricação de Geradores de corrente contínua e alternada, peças e acessórios.	1.167	0,21
2710402	Fabricação de transformadores, indutores, conversores, sincronizadores e semelhantes, peças e acessórios.	1.167	0,21
2710403	Fabricação de motores elétricos, peças e acessórios.	392	0,07
2731700	Fabricação de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica.	2.333	0,43
2733300	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados.	1.901	0,35

2790299	Fabricação de outros equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente.	3.924	0,72
3313901	Manutenção e reparação de geradores, transformadores e motores elétricos.	13.192	2,42
3313999	Manutenção e reparação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos não especificados anteriormente.	9.765	1,79
4321500	Instalação de painéis fotovoltaicos solares para geração de energia elétrica em instalações prediais.	348.557	64,06
4669999	Comércio atacadista de placas solares fotovoltaicas.	13.247	2,43
4673700	Comércio atacadista de material elétrico.	6.096	1,12
7112000	Serviços de engenharia.	129.681	23,84
8531700	Universidades.	8.209	1,51
TOTAL		544.075	

Fonte: Autor, 2021.

Ao observar a participação que as duas fontes, eólica vertical e fotovoltaica, representam na CPGEE a fotovoltaica apresenta 86,47% do total das empresas que a compõem. Esta quantidade advém principalmente da atividade cadastrada sob o registro 4321500 (Serviços de Instalação), que corresponde a aproximadamente 57% do total de empresas levantadas. A segunda atividade com maior representatividade são os serviços de engenharia, que englobam as atividades de projeto e instalação. No Gráfico 2 são apresentadas as cinco atividades no CNAEs que possuem maior representatividade na CPGEE.

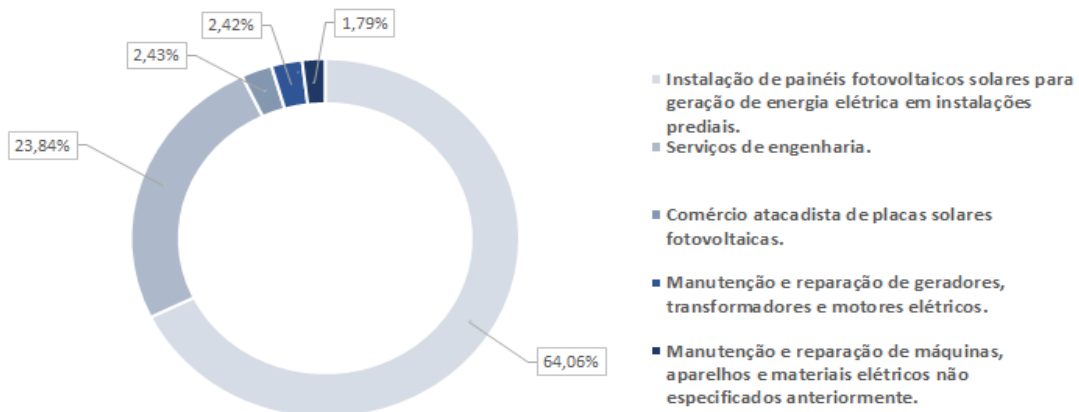


Gráfico 2: Atividades com maior representatividade na CPGEE.

Fonte: Autor, 2021.

Das atividades levantadas é importante informar que a classificação do IBGE para os dois CNAEs que apresentam maior quantidade não representa apenas uma atividade. Isso é devido à classificação reunir atividades que têm fins parecidos. No caso do CNAE 4321-5/00 apresenta 47 atividades atreladas das quais nem todas apresentam ligação com a CPGEE.

Como não há possibilidade de separar as atividades, foi considerado que todas as empresas dos CNAEs selecionados pertencem a essa cadeia produtiva.

No deste trabalho foi considerada, na composição da CPGEE, duas fontes de geração de energia, a fotovoltaica e eólica de eixo vertical. O Quadro 6 apresenta as quantidades de a

quantidade de empresas das duas fontes no total. Foi observado que a representatividade maior é dada para a geração fotovoltaica, dado que o CNAE de instalações ter maior quantidade de empresas.

Quadro 6: Quantidade de empresas por fonte na CPGEE.

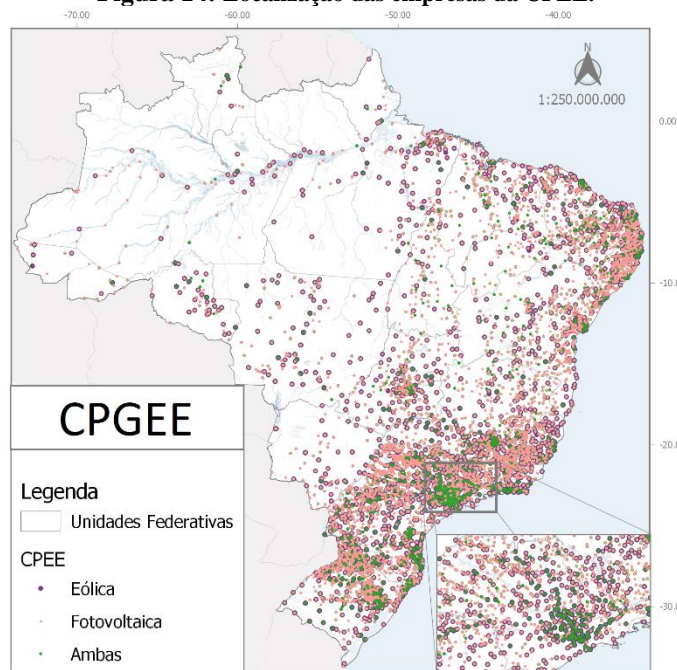
Fonte de Geração	Quantidade	%
Fotovoltaica	530.491	86,47
Eólica Vertical	177.827	28,99
TOTAL	613.492	

Fonte: Autor, 2021.

4.5.1. Caracterização Quanto a Localização

Distribuída por quase totalidade do território nacional, a CPGEE apresenta o elo correspondente à fonte eólica de eixo vertical com menor quantidade de empresas, enquanto a fotovoltaica representa a sua maioria, e está distribuída em todo o território. É representada uma terceira categoria, contendo as empresas fornecem componentes para duas cadeias, solar e eólica, como exemplo os cabos e conexões. Há uma concentração de empresas que pertencem às duas cadeias na região sudeste, como pode ser verificado na Figura 14.

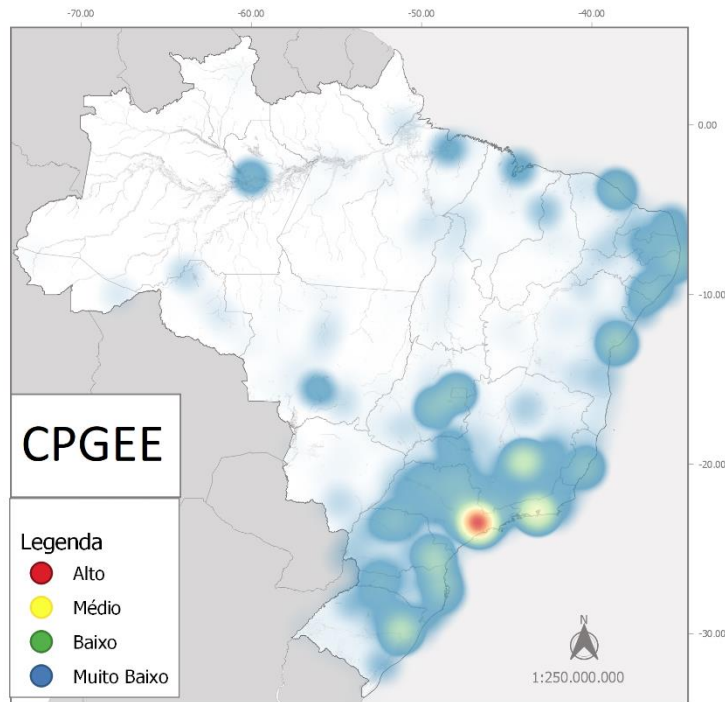
Figura 14: Localização das empresas da CPEE.



Fonte: Autor, 2021.

Essa distribuição territorial das empresas pode ser observada de outro modo, quando aplicada a metodologia kernel, em que são apresentados os pontos de concentração das empresas. A Figura 15 demonstra que a maior concentração de empresas da CPGEE está situada na Região Sudeste, principalmente no estado do São Paulo.

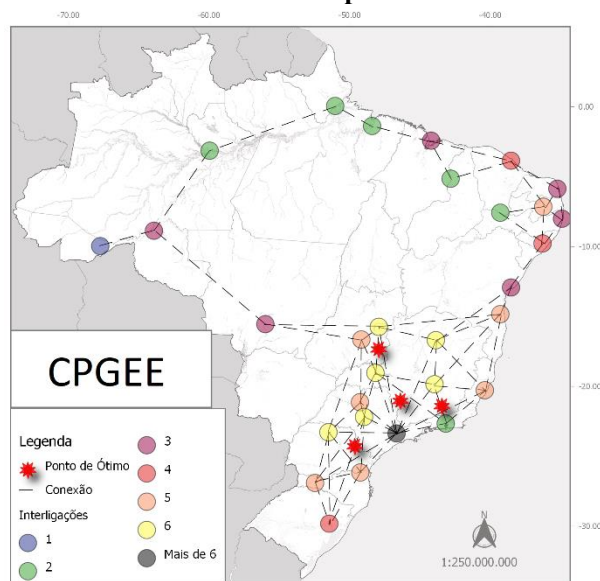
Figura 15: Mapa de concentração da CPEE.



Fonte: Autor, 2021.

Ao observar o mapa de concentração é possível identificar os pontos que existe maior adensamento de empresas em um raio de 10 km. No entanto, é importante realizar uma análise de conexões entre estes pontos e as cidades, de maneira a representar os pontos e caminhos principais da CP. Ao utilizar os pontos de concentração e identificar as rodovias do País, foi construída a Figura 16, que apresenta as principais conexões entre as regiões de maior concentração.

Figura 16: Dinâmicas territoriais e pontos de ótimo da CPGEE.



Fonte: Autor, 2021.

As empresas que integram a CPGEE estão, em sua maioria, situadas no Sudeste do país, como já identificado, onde os três estados que apresentam maior quantidade são: São Paulo (30,73%), Minas Gerais (11,31%) e Rio de Janeiro (10,23%). Ao realizar a soma das três Unidades Federativas com maior representatividade, o seu resultado (52,27%) ultrapassa a metade das empresas do País, como apresentado no Gráfico 3.

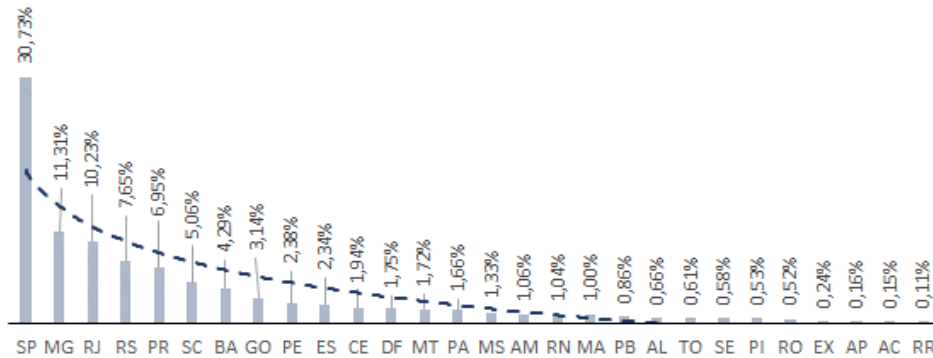
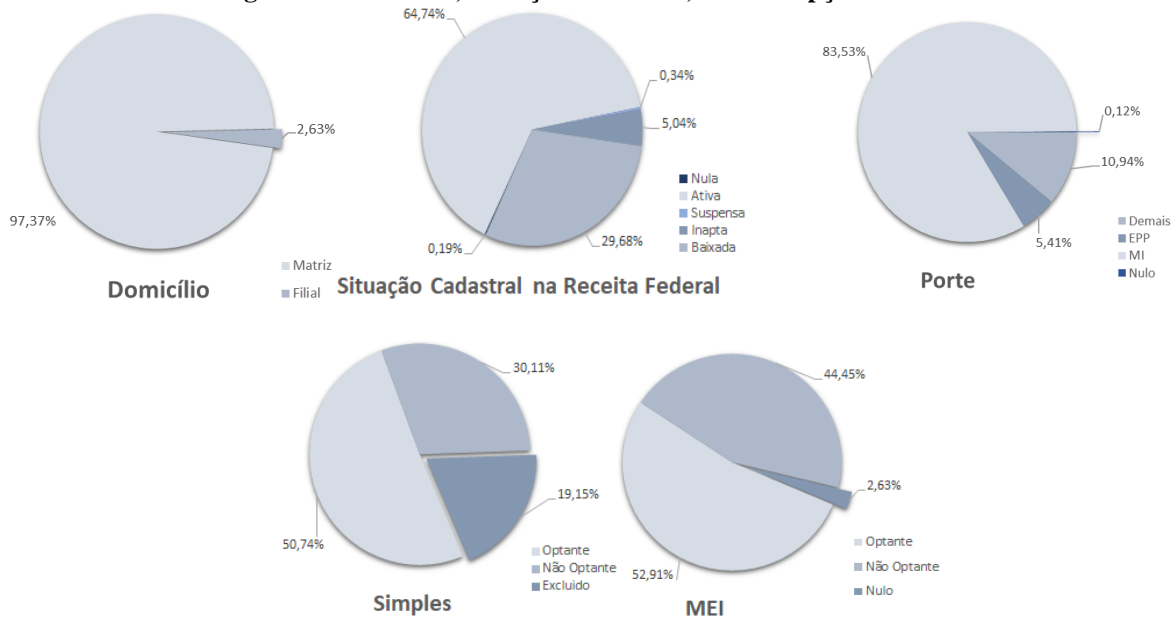


Gráfico 3: Percentual das empresas da CPGEE por unidades federativas e exterior.
Fonte: Autor, 2021.

4.5.2. Caracterização Geral da CPGEE

A CPGEE é composta, principalmente, por empresas matrizes e apresenta 64,74% de empresas ativas, das quais, aproximadamente 84% são empresas com porte MI. É relevante ressaltar, que a cadeia possui 50,74% das empresas optantes pelo SIMPLES e 52,91% pelo MEI. A partir destes dados, pode-se inferir que a maioria das empresas é pequena e provavelmente tem uma abrangência local, como apresentado na Figura 17.

Figura 17: Domicílio, Situação Cadastral, Porte e Opção da CPGEE.



Fonte: Autor, 2021.

4.6. SEGMENTOS DA CPGEE

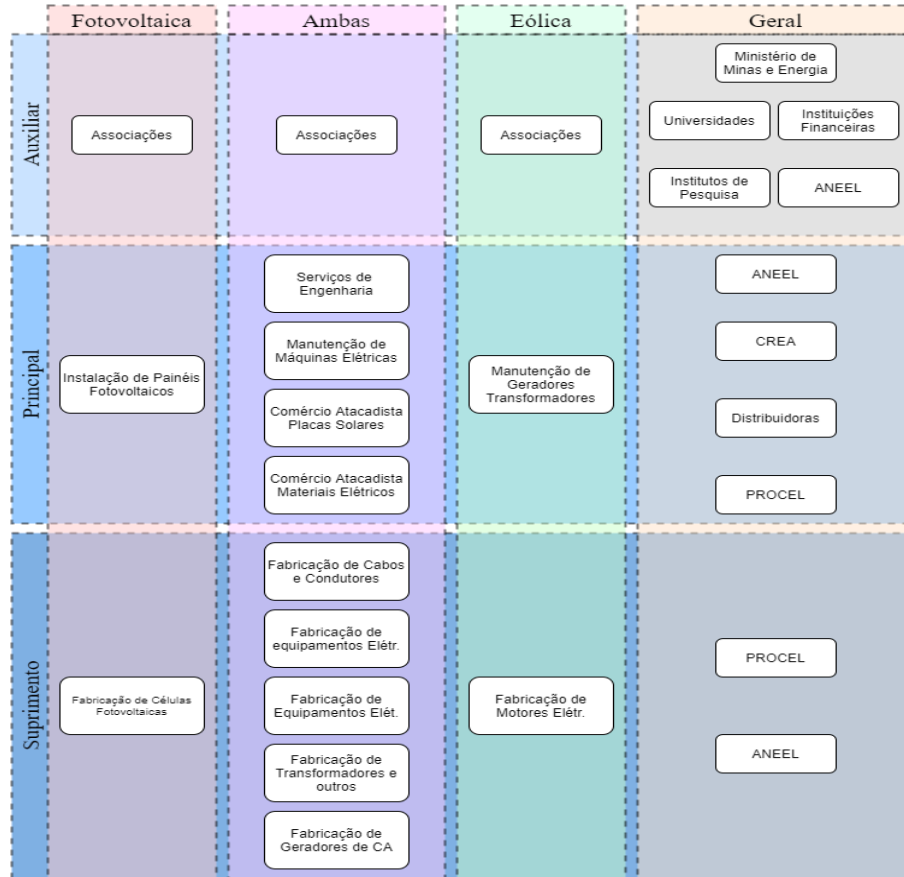
Para a CGPEE estudada foram considerados como principais stakeholders: Ministério de Minas e Energia; ANEEL; Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Universidades; Instituições Federais; Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA); Certificadoras; Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL); Associações; e empresas de porte “demais” e que possuem mais de dez anos de existência.

Esta escolha está baseada na interação que cada um dos elencados traz para a CPEE, esta integração é feita por meio de:

- MME e ANEEL: responsáveis pelo planejamento, fiscalização e organização do setor;
- EPE, Universidades e Instituições Federais: responsáveis pela pesquisa, inovação e estudos para melhoria dos processos, equipamentos e modelos do setor.
- CREA, PROCEL e Certificadoras: atuam de maneira transversal, são responsáveis pela avaliação e catalogação dos projetos. O PROCEL é um selo de qualidade para os componentes utilizados, e a certificadoras atuam em várias etapas como licitação, certificação de processos, equipamentos e qualidade dos produtos;
- Associações: representam um conjunto de empresas, facilitam a comunicação e difundir as informações no setor;
- Empresas com porte “demais” e mais de dez anos de existência: são as empresas já consolidadas no mercado e com influência em materiais, elementos, componentes e serviços prestados.

A partir dos pontos identificados, e com a segmentação definida por Blumenschein (2004), para a cadeia produtiva da indústria da construção, foi identificada um modelo da estrutura da CPGEE, esse modelo está apresentada na Figura 18, e apresenta as segmentações por elo: fotovoltaica, eólica, ambas e geral. As que são classificadas como ambas, são aquelas que estão representadas tanto no elo da fotovoltaica, como no elo da eólica. As classificadas como geral, são aquelas que atuam de forma transversal.

Figura 18: Modelo da CPGEE.



Fonte: Autor, 2021.

A CPGEE apresentou em seu segmento principal ou de processos a maior quantidade de empresas, 520.538, representando 77,26%. O menor segmento constatado foi o de suprimentos, que apresentou 15.328 empresas, 2,28%, como demonstrado no Gráfico 4.

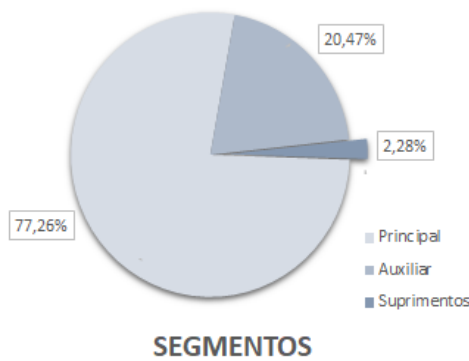


Gráfico 4: Percentual de empresas por segmentos na CPGEE.

Fonte: Autor, 2021.

4.6.1. Segmento de Suprimentos

O segmento de suprimentos apresenta um total de 15.328 empresas. A maior representatividade entre todas foi a atividade cadastrada no CNAE sob o registro 26.10-8/00 com 28,99%, fabricação de componentes eletrônicos, atividade que engloba a fabricação de

células fotovoltaicas. As atividades que representam o segmento de suprimentos estão elencadas no Quadro 7.

Quadro 7: Quantidade de empresas no segmento de suprimentos da CPGEE.

CNAE	Descrição da atividade	Quantidade	Representação %
2710401	Fabricação de Geradores de corrente contínua e alternada, peças e acessórios.	1.167	7,61
2710402	Fabricação de transformadores, indutores, conversores, sincronizadores e semelhantes, peças e acessórios.	1.167	7,61
2731700	Fabricação de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica.	2.333	15,22
2733300	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados.	1.901	12,40
2790299	Fabricação de outros equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente.	3.924	25,60
2710403	Fabricação de motores elétricos, peças e acessórios.	392	2,56
2610800	Fabricação de célula fotovoltaica.	4.444	28,99
Total		15.328	100

Fonte: Autor, 2021.

O segmento de suprimentos apresenta uma concentração maior na região sudeste (Figura 19). Esse fato pode ser explicado devido a região sudeste apresentar o maior PIB industrial do país e ser a responsável pela maior parte da produção de eletroeletrônicos (IBGE,2020).

Figura 19: Localização das Empresas do Segmento de Suprimentos.



Fonte: Autor, 2021.

O Gráfico 5 representa a concentração por estado e empresas no exterior com representação no Brasil. Pode-se verificar que o estado de São Paulo apresenta 43,31% enquanto os estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio de Janeiro, juntos, somam 40,13%. Do total, 2,36% das empresas têm suas matrizes no exterior, com filiais no Brasil.

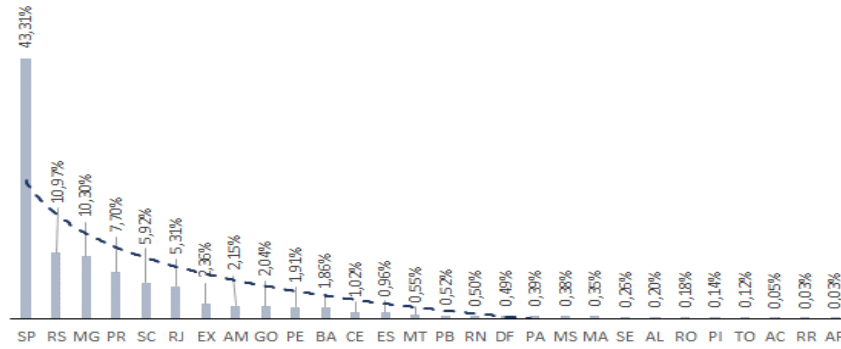


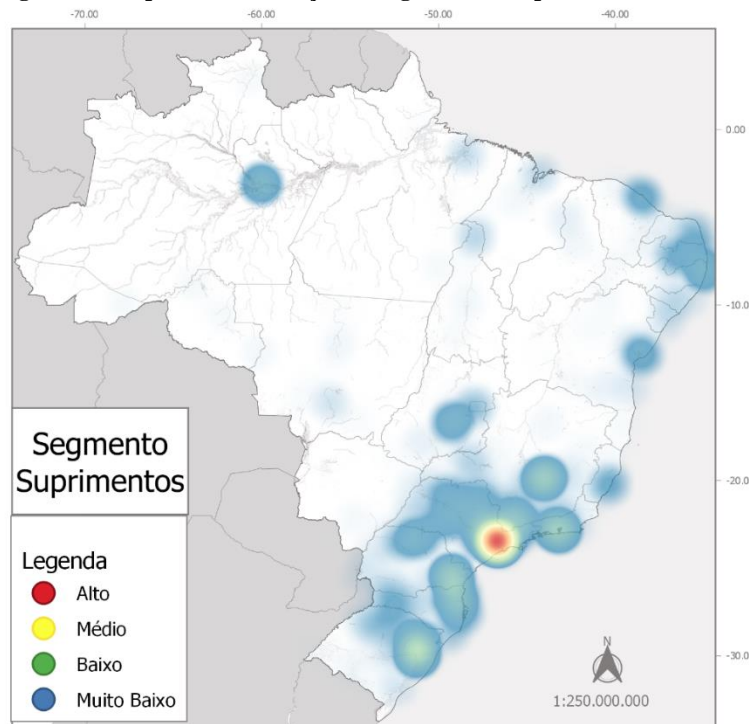
Gráfico 5: Percentual das empresas do segmento de suprimento por unidades federativas e exterior.
 Fonte: Autor, 2021.

A concentração das empresas pode ser visualizada pelo método de densidade kernel. Para o segmento de suprimentos pode-se verificar que a maior concentração está na região sudeste com a classificação alta no estado de São Paulo. A Figura 20 apresenta a existência de uma concentração de empresas fabricantes em Manaus.

Este ponto de concentração em Manaus é conhecido como a Zona Franca de Manaus, a região abriga algumas fábricas e muitas filiais, responsável pela produção e o envio de produtos eletroeletrônicos para diversas regiões do Brasil (MELO et al. 2018).

O estado de Amazonas apresentou um total de 329 empresas, das quais 142 são filiais e 258 matrizes. A CPGEE apresenta um total de 361 empresas que possuem matrizes no exterior e apresentam filiais brasileiras.

Figura 20: Mapa de concentração do segmento de suprimentos da CPGEE.



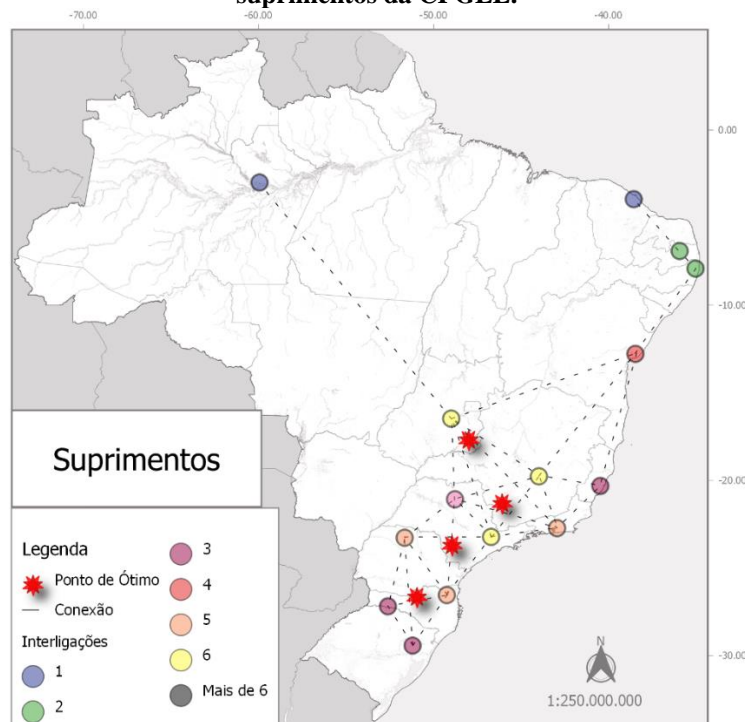
Fonte: Autor, 2021.

Uma das questões a serem levadas em consideração ao analisar a CPGEE e o segmento de suprimentos, é referente ao abastecimento de produtos para diferentes regiões do país. Ao levar em consideração os meios principais de transporte de carga no Brasil, o rodoviário e o aéreo, foi construída a Figura 21, que apresenta as principais rotas de conexão entre os pontos de concentração identificados (FERIGATO, DA SILVA, 2021).

Foi observado na mesma figura, que embora Manaus esteja distante dos outros pontos identificados, ele é relevante por apresentar a Zona Franca de Manaus, e assim, estabelecer a conexão por meio de transporte via aérea de itens para outras regiões do Brasil. Outra observação realizada é que maioria dos pontos identificados está no decorrer da BR 101, o que caracteriza que maior parte da distribuição dos materiais, componentes e elementos é realizado por esta rodovia.

Em concomitância às conexões e os pontos, foram identificados os pontos de ótimo. Estes pontos de ótimo representam a região onde existe maior concentração de conexões entre os pontos identificados. Foram estabelecidos quatro pontos de ótimo, que estão localizados entre o estado de Goiás e Minas Gerais; Minas Gerais e São Paulo; São Paulo e Paraná; e Paraná e Santa Catarina.

Figura 21: Dinâmicas territoriais de transferência de materiais e pontos de ótimo do segmento de suprimentos da CPGEE.

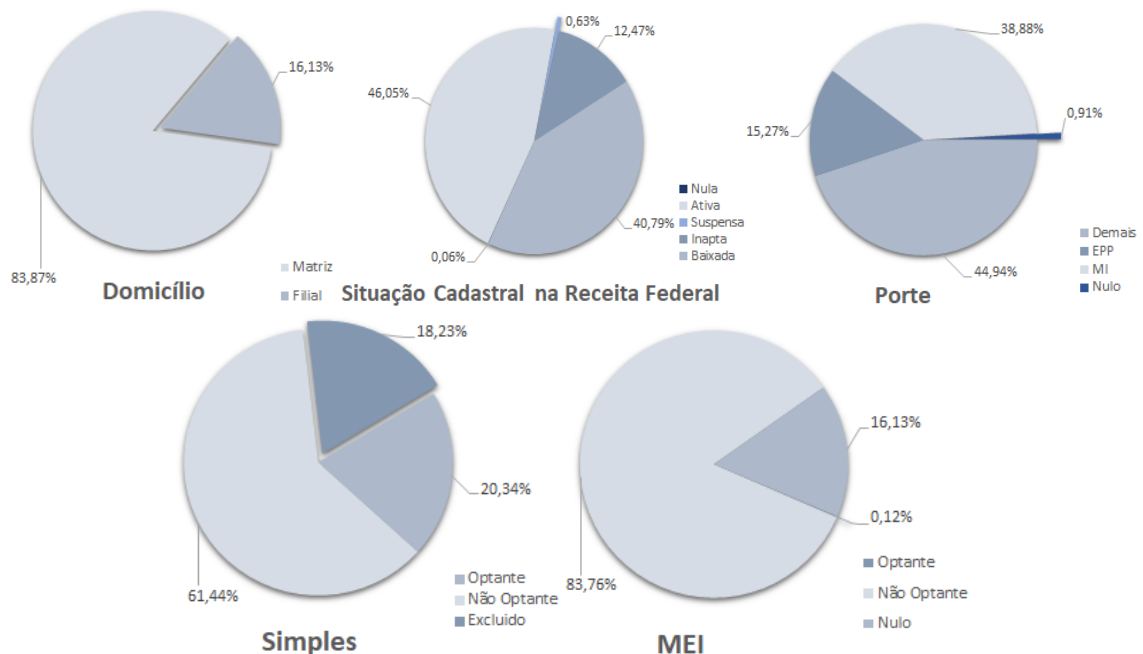


Fonte: Autor, 2021.

A grande maioria de empresa do segmento de suprimentos, 83,87%, é composta por matrizes e apresenta 46,05% de empresas ativas. Considerando que as empresas desse são responsáveis pela fabricação de componentes, elementos e materiais para a CPGEE, esperava-se encontrar uma quantidade maior de empresas com o cadastro no CNAE como “demais”. No entanto foi verificada uma grande quantidade de microempresas, essa diferença entre “demais” e micro é de aproximadamente 6% para as microempresas.

Como demonstrado na Figura 22, devido ao segmento ser constituído de empresas fabricantes, a quantidade de MEI e de empresas optantes pelo SIMPLES está em menor número.

Figura 22: Domicílio, Situação Cadastral, Porte e Opção das empresas do Segmento de Suprimentos da CPGEE.



Fonte: Autor, 2021.

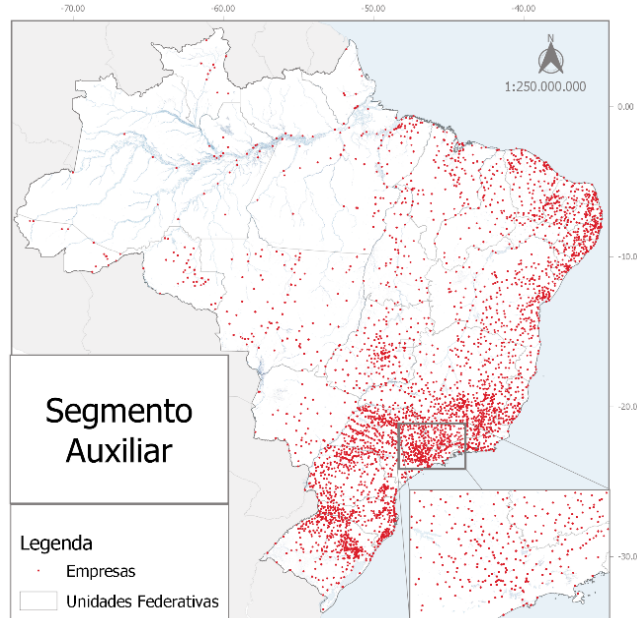
4.6.2. Segmento Auxiliar

Caracterizado como o segmento responsável por realizar a arte de pensar e os transportes da CPGEE, o segmento auxiliar apresenta ao total de 137.890 empresas. Ela é composta basicamente por dois registros do cadastro no CNAE, um referente as universidades e o outro aos serviços de engenharia. A razão pelo CNAE de serviços de engenharia estar contido neste segmento, é por esta atividade ser responsável pelo planejamento da implantação dos projetos. São adicionados a este segmento o Ministério de Minas e Energia, ANEEL e outros órgãos governamentais.

O segmento auxiliar apresenta o CNAE com maior quantidade de empresas, isso ocasiona que a localização e concentração do segmento é praticamente definido por esta atividade. O Segmento apresenta uma abrangência nacional, com vários pontos de

concentração, onde o maior deles é observado na região sudeste, como apresentado na Figura 23.

Figura 23: Localização das Empresas do Segmento Auxiliar da CPGEE.



Fonte: Autor, 2021.

A concentração identificada pode ser visualizada no Gráfico 6, em que as unidades federativas de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Paraná somadas apresentam 30,67%, comparado com São Paulo que apresenta a maior concentração, com 30,93%.

Embora seja um segmento de planejamento de projetos é importante ressaltar que o Brasil ainda apresenta uma CP em desenvolvimento, quando comparado a países que já possuem maior desenvolvimento nos setores analisados, como exemplo a China, maior produtora de equipamentos para a energia fotovoltaica, o que traz vantagens no desenvolvimento de projetos e de novas tecnologias (RIBEIRO, 2019).

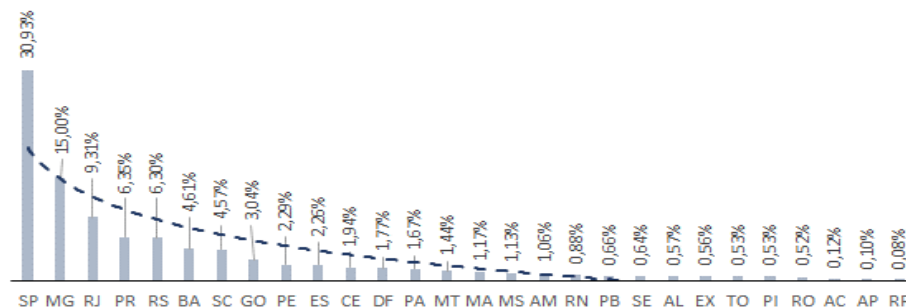


Gráfico 6: Percentual das empresas do segmento auxiliar por unidades federativas e exterior.

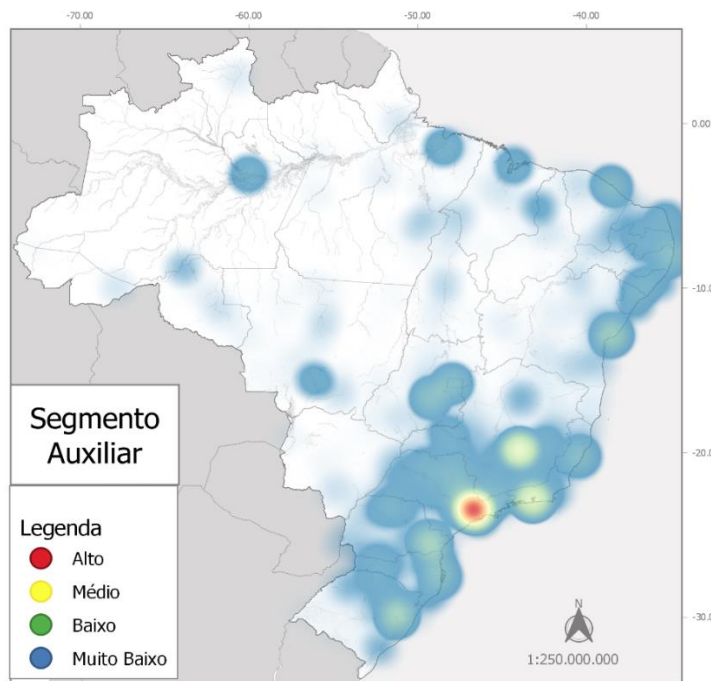
Fonte: Autor, 2021.

A Figura 24, que apresenta o mapa de concentração por meio da metodologia Kernel, pode-se verificar vários pontos de concentração, sendo um deles localizado em Brasília, no qual se concentra a maioria das empresas relacionadas ao governo.

É relevante apresentar que embora esse segmento apresente várias empresas, a maneira em que o Cadastro Nacional de Atividades Econômicas realiza a sua classificação, acaba por incluir empresas que realizam diversas atividades relacionadas à engenharia. Este fato acarreta uma fragilidade para a análise, dado que nem todas as empresas que constam neste CNAE estão desenvolvendo a atividade projetual para a CPGEE.

Embora a análise kernel apresente vários pontos, ainda é relevante a diferença entre a região Sudeste quanto as outras, no entanto, Minas Gerais e Rio de Janeiro apresentam uma concentração considerada média.

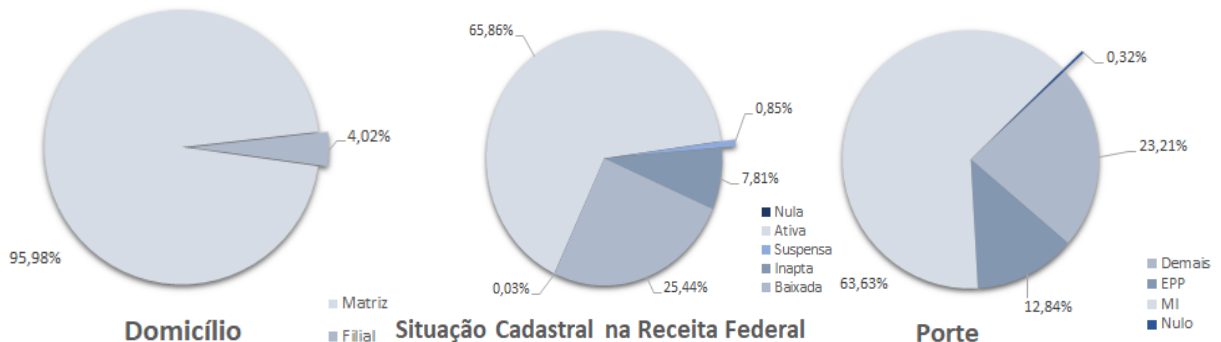
Figura 24: Mapa de Concentração do Segmento Auxiliar da CPGEE.

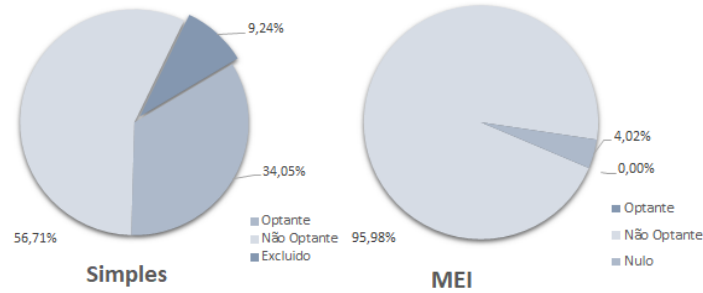


Fonte: Autor, 2021.

O segmento auxiliar apresenta poucas empresas filiais (4,02%). O porte das empresas que constituem o segmento é, em maioria de microempresas e não apresentam grande quantidade de empresas optantes pelo MEI e SIMPLES. A Figura 25 apresenta estas e outras informações sobre o segmento auxiliar.

Figura 25: Domicílio, Situação Cadastral, Porte e Opção das empresas do Segmento Auxiliar da CPGEE.





Fonte: Autor, 2021.

4.6.3. Segmento Principal ou de Processos

O segmento principal é composto ao total por 520.538 empresas, das quais a atividade registrada no CNAE que representa os serviços de engenharia apresenta o maior percentual (24,91%). A segunda maior representatividade no segmento (2,54%), é de empresas que realizam o comércio atacadista de placas solares fotovoltaicas. No entanto essa atividade registrada no CNAE também pode ser classificada para comércio atacadista de outros materiais eletroeletrônicos. As atividades cadastradas no CNAE e os valores quantitativos assim como a representação são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8: Quantidade de empresas no segmento principal ou de processos da CPEE.

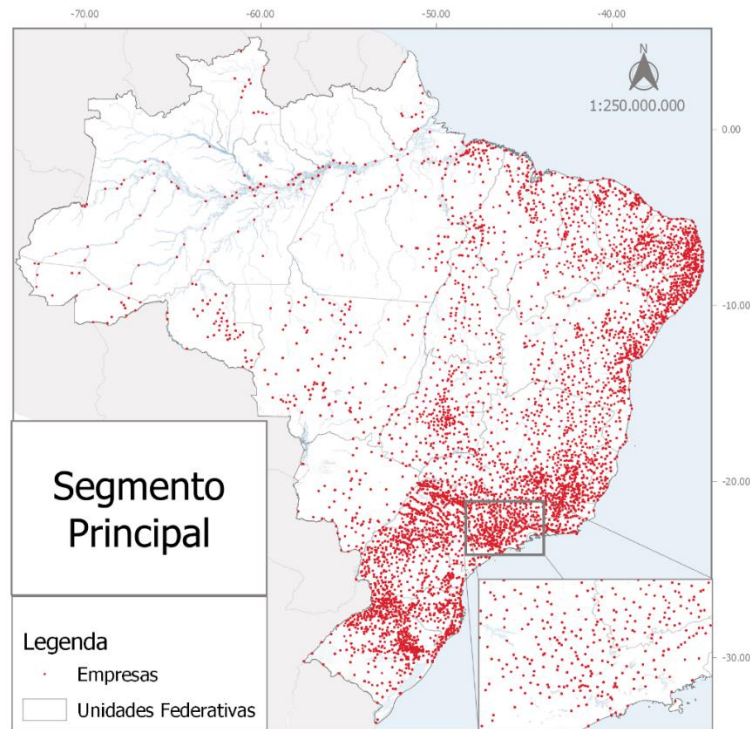
CNAE	Descrição da Atividade	Quantidade	Representação %
4673700	Comércio atacadista de material elétrico.	6.096	1,17%
3313999	Manutenção e reparação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos não especificados anteriormente.	9.765	1,88%
7112000	Serviços de engenharia.	129.681	24,91%
3313901	Manutenção e reparação de geradores, transformadores e motores elétricos.	13.192	2,53%
4669999	Comércio atacadista de placas solares fotovoltaicas.	13.247	2,54%
Total		520.538	100

Fonte: Autor, 2021.

As empresas desse segmento foram encontradas em quase todo o território nacional e uma das causas prováveis é a natureza dos empreendimentos, serviços e comércio atacadista. Este fator está relacionado a existirem MEI e empresas pequenas que realizam serviços de engenharia, dos quais o cadastro no CNAE inclui serviços elétricos a serviços de construção civil. O mesmo é válido para o comércio atacadista, que engloba empresas que podem realizar a venda dos equipamentos, que inclui qualquer material eletroeletrônico.

Ao observar a Figura 26, constata-se a distribuição das empresas pelo território nacional, assim como a sua concentração em regiões do país que apresentam maior PIB.

Figura 26: Localização das Empresas do Segmento Principal da CPGEE.



Fonte: Autor, 2021.

O estado de São Paulo apresenta a maior concentração de empresas, 30,66%. Para superar essa concentração é necessário somar as próximas quatro UF que se seguem à maior concentração, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Paraná. A maior concentração, por região encontra-se na região sudeste 54,85%, seguida pela região sul 19,58%, como apresentado no Gráfico 7.

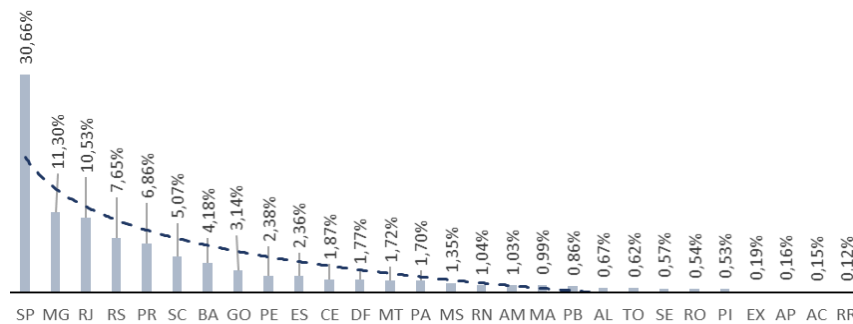
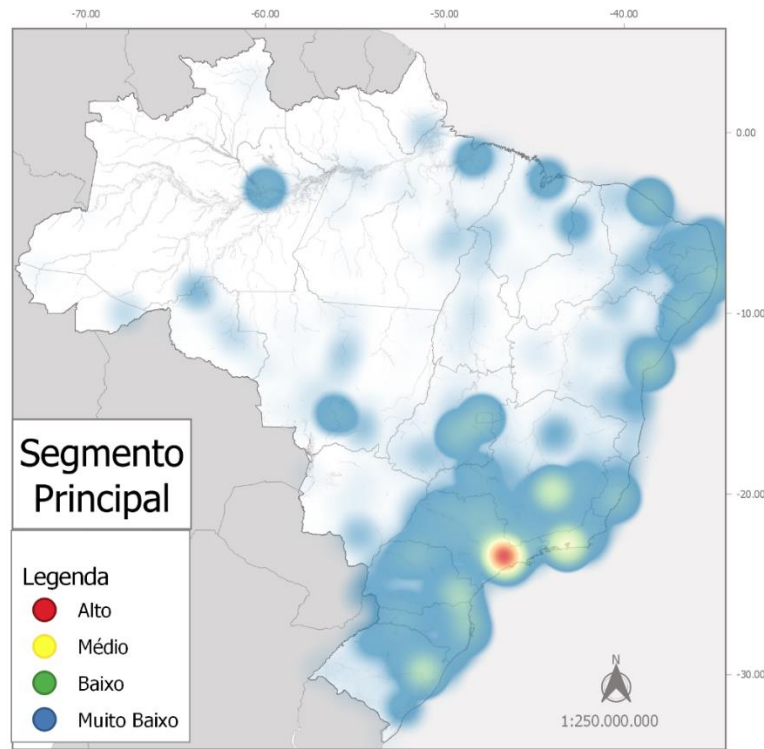


Gráfico 7: Percentual das Empresas do Segmento de Principal por Unidades Federativas e Exterior.
 Fonte: Autor, 2021.

Ao comparar a quantidade de empresas com matriz no exterior e filiais no Brasil, o segmento principal é o que apresenta menor quantidade em relação ao total de empresas da CP, com 0,19%.

Figura 27: Mapa de Concentração do Segmento Principal da CPGEE.

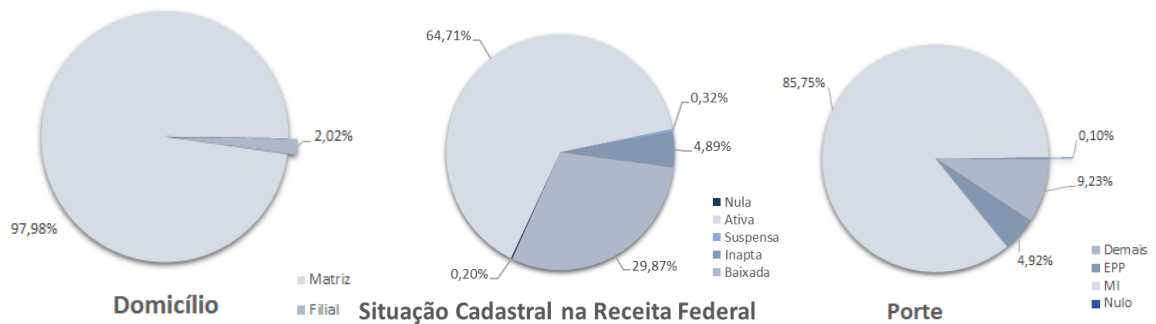


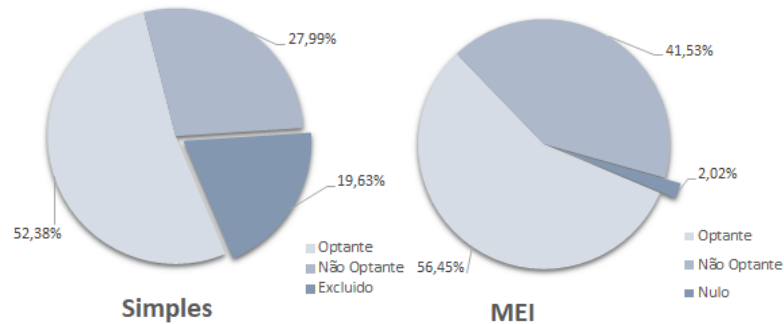
Fonte: Autor, 2021.

De todos os segmentos da cadeia produtiva, o segmento principal é o que apresenta maior quantidade de pontos de concentração. A maior concentração ocorre na região sudeste, seguida pelas regiões sul e nordeste respectivamente. A Figura 27 apresenta ao total um ponto de concentração com um adensamento alto, e cinco com adensamento médio.

O segmento principal identificado na Figura 28 apresenta em sua maioria (97,98%) empresas matrizes, das quais 64,71% estão com a sua inscrição ativa. O segmento pode ser caracterizado por apresentar em sua maioria (85,75%) empresas com porte MI e apenas 9,23 de empresas “demais”. Estes valores podem ser representados pelas opções por SIMPLES e MEI, dos quais os valores de optante são maiores que os outros.

Figura 28: Domicílio, Situação Cadastral, Porte e Opção das empresas do Segmento Principal da CPEE.





Fonte: Autor, 2021.

4.7. SÍNTESE ANALÍTICA

Foi possível identificar a partir dos dados coletados a identificação e caracterização da Cadeia Produtiva da Geração de Energia Elétrica, com os focos nas fontes de energia eólica e fotovoltaica. Ao analisar os dados gerais, foi possível identificar algumas fragilidades referentes a cada uma das fontes, e ao abastecimento de equipamentos que compõe a estrutura de inteligência necessária para uma microrrede. As fragilidades encontradas foram:

- Geração fotovoltaica:
 - Foi possível identificar que aproximadamente 90% do elo correspondente à geração de energia fotovoltaica é de empresas que realizam os serviços de montagem e manutenção.
 - Existem poucas fábricas de painéis fotovoltaicos e dos conversores, de maneira em que pode ser necessária a importação de equipamentos para uma estrutura que apresente uma maior inteligência e tecnologia agregada.
- Geração eólica:
 - As empresas da CP da fonte eólica de eixo vertical no Brasil ainda estão em fase de pesquisas e implementação de mercado, de maneira em que existem poucas empresas detentoras e fabricantes de aerogeradores verticais.
 - Foi observado que aproximadamente 83% das empresas que compõem esse elo tem o seu porte definido como microempresa.
 - As empresas que trabalham com as turbinas realizam a venda do equipamento completo, assim sendo necessária a aquisição do conjunto completo em uma mesma empresa e não dos componentes para montagem.
- Equipamentos de inteligência:
 - A CP apresenta uma pequena quantidade (1,06%) de empresas fabricantes de equipamentos que caracterizam inteligência.

- Foram identificados que os equipamentos que possibilitam a inserção da inteligência nas microrredes apresentam patentes específicas e ainda não são comercializados em grande escala, como exemplo os leitores em tempo real de parâmetros da eficiência da energia elétrica em medidores de energia, relógios.
- Segmentos:
 - Ao analisar o segmento de suprimentos, os dados referentes às matérias primas, como silício, alumínio entre outros, não foram levantados devido a delimitação do estudo. Esse fator pode impactar diretamente no fornecimento da CP.
 - O Segmento auxiliar apresenta o setor elétrico regularizado pela ANEEL, assim para a inserção de novos equipamentos ou tecnologias, existe a necessidade de movimentos que incluam o MME, EPE a indústria e a ANEEL. Para a distribuição também consta a responsabilidade das concessionárias cabendo a elas e a ANEEL a decisão de implantar inovações no setor. Outro ponto relevante é dado aos custos para a aplicação de inovação na distribuição, onde, para que a concessionária realize uma inovação em algum equipamento, os custos referentes serão acrescentados para o consumidor em forma de tarifa na conta de energia elétrica.
 - O segmento de processos ou principal apresenta uma grande quantidade de empresas capazes de realizar as atividades, no entanto, este segmento é composto em sua maioria por MEI e optantes pelo Simples.

Dessa forma, existe a viabilidade de abastecimento dos equipamentos principais necessários para uma implantação de uma geração fotovoltaica ou eólica vertical que apresentem sustentabilidade na fonte e inteligência nos equipamentos básicos necessários para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente, desde que sejam observados os pontos elencados.

5. CRITÉRIOS PARA UMA MICRORREDE INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE

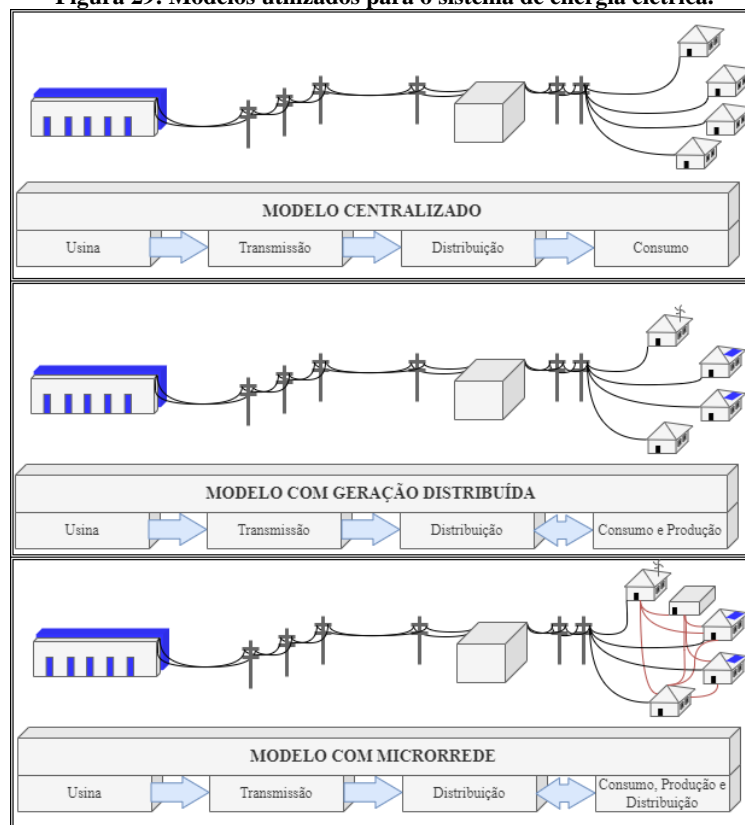
5.1. RESUMO

Ao observar requisitos já existentes para *smartgrids*, *sustainablegrids* e *resilientgrids* e outras normas técnicas e padrões de boas práticas nacionais e internacionais, a necessidade de realizar uma síntese que apresente todos esses requisitos, mostra-se como uma economia de custos e tempo de implantação. Baseado nos fundamentos teóricos e na capacidade do fornecimento dos equipamentos necessários para a geração, medições e do controle autônomo e inteligente de uma microrrede, foram elaborados os critérios para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente. Esses critérios foram elaborados com as experiências obtidas durante projetos no PISAC e a disciplinas do curso de engenharia de energia obtendo-se como resultado um conjunto de critérios que foram avaliados por especialistas do PISAC com experiências na elaboração de *scorecard*.

5.2. INTRODUÇÃO

Atualmente existem três modelos utilizados para o transporte da energia elétrica da geração ao consumidor, esses são o centralizado, geração distribuída e a *microgrid* ou microrrede. A Figura 29 apresenta esses modelos e demonstra suas diferenças.

Figura 29: Modelos utilizados para o sistema de energia elétrica.



Fonte: Autor.

No Brasil é utilizado prioritariamente o modelo centralizado esse modelo é representado pela geração da energia elétrica que segue para a transmissão realizada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), que continua das subestações das concessionárias espalhadas pelo país. Essas concessionárias têm por função realizar a distribuição da energia elétrica para os diversos consumidores. Esse modelo apresenta maior predominância no Brasil, dada a matriz energética apresentar em sua maioria usinas hidráulicas, e as elas serem localizadas distantes dos maiores consumidores.

Com o avanço da tecnologia e os incentivos fiscais e financeiros para a utilização da energia solar, o Brasil começou a apresentar diversos produtores com geração distribuída. Os avanços, incentivos e os planos e planejamentos do Governo Nacional proporcionaram a implantação de parques eólicos e usinas de ondas, além de diversas usinas térmicas com combustíveis advindos da cana-de-açúcar, resíduos orgânicos e outros. Esses avanços diversificaram a matriz energética brasileira e tiveram por consequência a adoção do modelo de geração distribuída no País. Esses avanços possibilitaram aos consumidores a capacidade de produzirem sua própria energia. Com esta modificação, o modelo centralizado teve de passar por modificações a ponto de incrementar essas novas usinas, assim denominando-se de modelo com geração distribuída (GUIMARÃES, 2020).

A Geração Distribuída (GD) é a utilização de usinas geradoras de energia elétrica de maneira a ser próximos ou dentro do terreno dos consumidores finais. A GD pode ser classificada de acordo com a sua potência instalada, e é conectada à rede de distribuição pelas instalações da unidade consumidora (ANEEL, 2021).

Embora o sistema de energia elétrica brasileiro apresente certa estabilidade no fornecimento, ainda é possível identificar falhas no abastecimento. Desta problemática e junto com o avanço da tecnologia envolvida nos equipamentos de proteção e funcionamento da transmissão e distribuição, surgem os primeiros estudos para o modelo de chamado de microgrid ou microrrede. Nesse modelo os produtores de uma geração distribuída constroem suas redes internas de distribuição e armazenamento de energia, o que possibilitava retirar da concessionária a dependência de fornecimento total de energia. Essas redes internas, muitas vezes aplicadas a condomínios ou parques industriais, com o tempo começaram a utilizar de equipamentos com automação e obtenção de dados, da forma em que se tornavam exemplos em menor escala de uma cadeia produtiva de energia elétrica (MENDONÇA, 2011).

O modelo de microrredes em comparação com os anteriores, apresenta duas mudanças principais. Uma delas, é a distribuição da energia elétrica ser realizada entre os próprios

consumidores, o que nos anteriores era realizado apenas pelas concessionárias, a segunda mudança é sobre a possibilidade de existir uma usina de pequeno porte ou o armazenamento da energia elétrica, unindo assim a GD como parte integrante permanente e necessária para o funcionamento. Dessa forma este trabalho considera o conceito de microrrede como um conjunto de geração, transmissão e consumo de maneira a operar como um sistema único e controlável, que forneça energia para uma área determinada podendo conectar e desconectar-se da rede de fornecimento principal podendo operar de modo isolado, ou conectado (LASSETER, 2002).

Outras vantagens que o modelo de microrredes apresenta é no caso de o fornecimento da concessionária ser cessado, o sistema tem a capacidade de operar de forma ilhada, e assim consumir a energia que é gerada dentro da microrrede. Em casos de falhas ou problemas dentro da própria microrrede, como na produção ou consumo, ele também apresenta a capacidade de interromper pequenos trechos isolando as áreas com falhas identificadas e mantendo o funcionamento (MENDONÇA, 2011).

Com o intuito de diminuir os impactos negativos oriundos da cadeia produtiva de energia elétrica, diversos estudos se iniciaram para garantir que a evolução do modelo consiga progredir. Para isso, planos, projetos, leis, normas técnicas e padrões de boas práticas foram desenvolvidos com o intuito de regular as implantações desse modelo.

5.2.1. Requisitos Legais, Normas Técnicas e Padrões de Boas Práticas

Os avanços de tecnologias e do planejamento mundial se alteram ao depender dos desafios que a sociedade e a evolução aparecem. Esses desafios geram movimentos de diversos setores da sociedade para o desenvolvimento de novos padrões, de maneira em que sejam reestabelecidos os equilíbrios. Dessa forma, leis são elaboradas baseadas em acordos internacionais, ou demandas nacionais, que com o passar do tempo passam por modificações para que atendam os novos padrões desenvolvidos para novos equilíbrios. Esse capítulo apresenta o embasamento teórico em três conceitos em específico: sustentabilidade, inteligência e a resiliência. Já existem instrumentos compostos por requisitos para cada um dos três, no entanto com as necessidades da atualidade, a união deles se apresenta como uma nova forma integrada de observação e validação.

Ao depender do país, e dos acordos internacionais estabelecidos por ele, associações e organizações apresentam-se como as organizadoras e detentoras das normas técnicas. No Brasil, as Normas Técnicas são estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), enquanto as internacionais são principalmente: a *International Organization for*

Standardization (ISO); Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); e International Electrotechnical Commission (IEC).

A ANEEL é responsável pela regulação do setor de energia elétrica, da geração ao consumo desenvolvendo normas, aprovando empreendimentos; fiscalizando a produção e eficiência e protegendo o consumidor de taxas abusivas na tarifa de energia elétrica. A Resolução Normativa nº 956/21 caracteriza e regula as microrredes e a GD. Outros requisitos para microrredes são apresentados nos documentos: Manual de Contabilidade do Serviço Elétrico (MCSE) e o manual de Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST).

Para os padrões de boas práticas foram observados três em específico: os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), os indicadores Ethos para negócios responsáveis e Sustentáveis, do Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social, e o Relatório de Sustentabilidade do *Global Reporting Initiative (GRI)*. Embora, todos os padrões de boas práticas levantados não apresentem indicadores ou requisitos específicos para uma microrrede, eles contêm vários requisitos para a eficiência energética e a sustentabilidade no uso da energia elétrica.

O Apêndice II apresenta os principais instrumentos de gestão aplicados às microrredes no mundo. Esses instrumentos são a base para os critérios para microrredes, pois embora no Brasil sua implementação ainda seja baixa, em outros países a prática já é prática comum.

É importante ressaltar que ainda não existem normas técnicas para microrredes no Brasil, de maneira em que as normas internacionais são utilizadas. Isso vale para os padrões de boas práticas que não apresentam em nenhum deles um indicador relacionado a microrredes.

5.2.2. Inteligência, Sustentabilidade e Resiliência para Microrredes

Uma pergunta é essencial, como considerar uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente? Para responder essa pergunta é necessário primeiro responder a: como é uma microrrede inteligente? Como é uma microrrede sustentável? e como é uma microrrede resiliente?

Então, como é uma microrrede sustentável? A sustentabilidade de um sistema pode ser caracterizada como a capacidade de equilíbrio ambiental, social e econômico em um determinado período de tempo (ELKINGTON, 1994). Esse equilíbrio é dado por oito dimensões do desenvolvimento sustentável: social; cultural; ecológica; ambiental; territorial; econômica; política nacional; e política internacional (SACHS, 2002). Para este trabalho será abordado o conceito de sustentabilidade como o equilíbrio em que o sistema de microrredes é

capaz de proporcionar nas dimensões ambiental, social e econômica de maneira a tentar proporcionar para gerações atuais e futuras a utilização dos recursos.

Para as microrredes, a sustentabilidade apresenta-se principalmente na utilização das usinas geradoras, e nos materiais implementados. Com a necessidade de utilizar várias pequenas usinas geradoras, as microrredes são compostas por diferentes métodos de obtenção de energia, dos quais serão apresentados neste trabalho dois em específico, a geração fotovoltaica e eólica vertical com o intuito de garantir uma produção de energia que apresente a menor quantidade de impactos ambientais negativos (POMILIO, et al, 2021).

Porém ao observar os materiais empregados nas microrredes, a sustentabilidade está em diferentes momentos da implantação de todo sistema, e abrange diferentes cadeias de suprimentos. Com esse cenário abrangente, serão empregados para este estudo apenas os equipamentos principais e os suprimentos básicos para a implantação de uma microrrede, de maneira a entender o universo, mas focar nos itens que apresentam maior impacto negativo ao meio ambiente.

Como considerar uma microrrede inteligente? Para que as microrredes possam operar de maneira adequada, a integração de equipamentos, sensores e programação deve existir de forma a garantir que a rede possa operar de maneira ilhada ou conectada com a rede. Esses atributos possibilitaram a diversas áreas realizarem estudos para o melhoramento e possibilidade de uma automação com cada vez necessitando menos da interação humana. As redes inteligentes, ou *smartgrid* são o incremento da tecnologia de informação e controle autônomo do sistema para os usuários, podendo ser estes os geradores, transmissores, distribuidores ou consumidores (MARTINS et al, 2014).

Como escopo deste trabalho serão abordados os equipamentos principais para obtenção, armazenamento e o acompanhamento em tempo real dos dados referentes ao consumo das unidades em separado; ao consumo de energia advinda da concessionária; geração; distribuição; e informações adicionais que estejam estabelecidas nos escopos de sustentabilidade, inteligência e resiliência.

Como considerar uma microrrede resiliente? Por definição a resiliência de um sistema é dada quando este sofre uma perturbação e por meio de esforços próprios retoma ao estado natural, ou próximo a ele (SORDI et al, 2011). Para este trabalho será considerada essa definição, a resistência. A resistência é a capacidade de um material sofrer uma deformação ou modificação estrutural de forma que mantenha as suas funções (BEER; JOHNSTON, 1989).

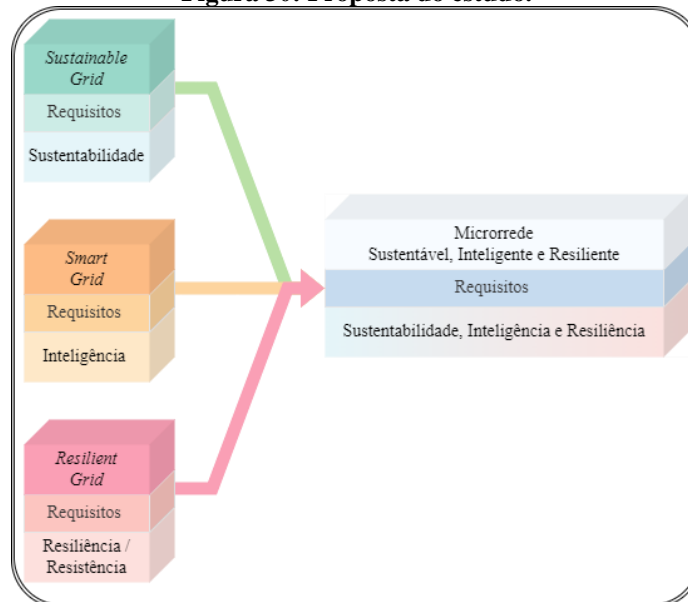
Para as microrredes, pode-se identificar a resiliência quando observamos o gerenciamento de riscos, o planejamento e implantação com avaliação do meio em que está

inserida, além da gestão de riscos e de acidentes (KRAUSMANN, 2017). Já para a resistência, temos a capacidade do sistema funcionar de forma ilhada, de acionar o comando de desligar ou ligar uma geração, entre outras capacidades que uma microrrede necessita apresentar para o seu funcionamento ininterrupto (RODRIGUES, 2017).

Então, como considerar que uma microrrede possa ser ao mesmo tempo inteligente, sustentável e resiliente? Para que uma microrrede apresente essas três características, é necessário que ela possua a garantia de fornecimento de energia a partir do uso lógico e racional para não esgotar as fontes nem causar impactos ao ambiente. Garantir que o sistema apresente autonomia operacional com a medição, armazenamento e publicação dos dados, além da tomada de decisão ao depender da situação observada. Por fim garantir que a infraestrutura do sistema e o próprio funcionamento do sistema seja capaz de responder a perturbações e em tempo hábil mantenha o fornecimento de energia elétrica.

Baseado nos fundamentos de sustentabilidade, inteligência e resiliência para microrredes de energia elétrica, identificaram-se os instrumentos e requisitos aplicados e aplicáveis a cada uma das tipificações de microrrede: *sustanaiblegrid*, *smartgrid* e *resilientgrid* para a construção de um ensaio que englobe todas as tipificações e conceitos, como apresentado na Figura 30.

Figura 30: Proposta do estudo.



Fonte: Autor.

5.2.3. Objetivo

Este capítulo tem por objetivo elaborar um conjunto de critérios para microrrede inteligente, sustentável e resiliente no Brasil por meio da síntese de requisitos já existentes e da implementação de novos.

5.3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os requisitos aplicados a microrredes que possuíssem as características de inteligente, sustentável e resiliente. A estes requisitos, foram aplicados alguns padrões de boas práticas referentes a GD e desenvolvimento sustentável para as usinas geradoras. Dos resultados obtidos de requisitos já existentes para microrredes e para a GD, foi realizada a união e adição de outros requisitos de padrões de boas práticas com foco na eficiência e qualidade da energia. Esses critérios foram elaborados com o intuito de possibilitar a sua aplicação a qualquer projeto de microrrede.

Os procedimentos realizados para a construção e avaliação do *conjunto de critérios* são apresentados no Quadro 9.

Quadro 9: Metodologia aplicada para a Elaboração dos Critérios para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente.

<ul style="list-style-type: none"> a. Pesquisa bibliográfica, identificação dos modelos de transmissão e distribuição aplicado no Brasil: <ul style="list-style-type: none"> i. Modelo Centralizado ii. Modelo de Geração Distribuída iii. Modelo de Microrrede b. Pesquisa bibliográfica, identificação dos conceitos definidos para microrredes: <ul style="list-style-type: none"> i. Sustentabilidade; ii. Inteligência; iii. Resiliência/Resistência; c. Mapeamento de requisitos e Elaboração do Conjunto de critérios: <ul style="list-style-type: none"> i. Pesquisa bibliográfica, identificação dos requisitos aplicados e aplicáveis à microrredes sobre os conceitos definidos; ii. Criação de estrutura do Conjunto de critérios: Pilares, Fases de implantação, Princípios, Critérios, Indicadores e Verificadores; d. Validação da ferramenta: <ul style="list-style-type: none"> i. Validação do Conjunto de critérios por especialistas ii. Realização de Oficina com os especialistas iii. Atualização do Conjunto de critérios
--

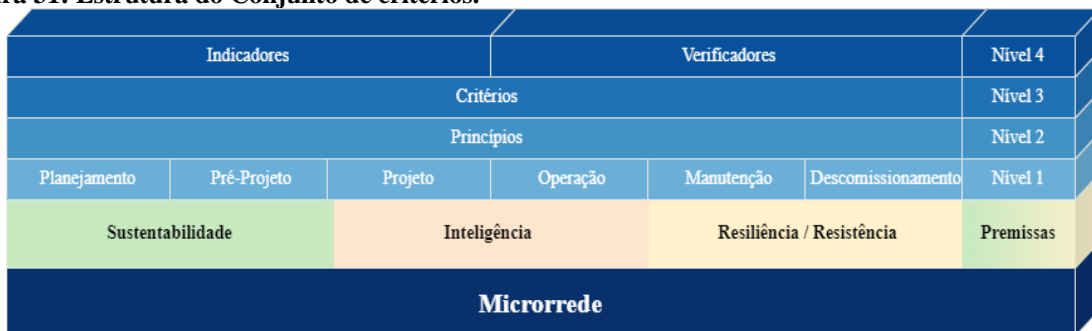
Fonte: Autor.

O conjunto de critérios foi elaborado a partir de conhecimentos adquiridos no PISAC durante o projeto “Estudos e Pesquisa em Arquitetura Penal junto ao DEPEN/MJSP” e a conhecimentos adquiridos durante o curso.

Para a estrutura do conjunto de critérios, foram definidos quatro níveis. O primeiro é a fase do ciclo de vida da microrrede, considerando as etapas: planejamento, pré-projeto, projeto, operação, manutenção e descomissionamento, que é a desativação completa da microrrede. Como a fase de descomissionamento pode ser entendida como o ligar ou desligar uma unidade, a última fase apresenta o fim da vida da microrrede, sendo então o total desligamento da microrrede, e não o desligamento de unidades. O segundo nível apresenta os princípios e critério

correspondentes, como exemplo: um princípio que expresse a escolha de materiais, tem como critérios todos os requisitos necessários para a definição dos materiais utilizados na microrrede. O terceiro nível são os próprios critérios, estes apresentam ações a serem realizadas, apresentadas ou seguidas para a microrrede. Como último nível tem-se os indicadores e os verificadores. Os indicadores são a forma de identificar as informações requeridas nos critérios. Os verificadores servem como um complemento, uma evidência dos dados apresentados. As evidências para verificação do cumprimento de um requisito podem ser documentais, entrevistas com os responsáveis e observação direta. Uma boa evidência pode combinar dois ou três tipos. A Figura 31 representa a estrutura adotada para o conjunto de critérios, com as três premissas definidas para a microrrede que estão representadas nos níveis.

Figura 31: Estrutura do Conjunto de critérios.



Fonte: Autor.

Para a avaliação externa foram convidados quatro pesquisadores do PISAC, que apresentassem visões diferentes, de forma que pudessem incluir a maior quantidade de áreas de interesse comum para a implantação de uma microrrede. Com este foco, as quatro áreas convidadas foram: engenharia de energia; engenharia elétrica; arquitetura e engenharia civil. O Quadro 10 apresenta uma breve descrição dos pesquisadores convidados.

Quadro 10: Informações dos pesquisadores convidados.

NOME	FORMAÇÃO	ÁREA DE ATUAÇÃO
LUCIANE CLEONICE DURANTE	Engenheira Civil, com especialização em engenharia de segurança, mestrado em educação e meio ambiente, doutorado em física ambiental.	Professora pela Universidade de Brasília; coordenadora do Programa de Pós-graduação em Propriedade intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação; Coordenadora do Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental; Vice Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental; membro do Grupo de Pesquisa em Dinâmica Ambiental e Tecnologia; coordenadora da rede de parceiros externos do PISAC.
LUIZ PEDRO DE MELO CÉSAR	Arquiteto, mestrado em arquitetura e doutorado em Desenvolvimento Sustentável	Professor pela Universidade de Brasília, com experiência na área de arquitetura e urbanismo com ênfase em arquitetura paisagística. Pesquisador do PISAC atuando nos temas de paisagismo, planejamento de edificações penais e <i>balanced score card</i> .
THAÍS OLIVEIRA CHAVES FONTES	Engenheira de Energia; Especialização em	Pesquisadora no Laboratório do Ambiente Construído Inclusão e Sustentabilidade; Membro do PISAC, Auxiliou no desenvolvimento de <i>scorecard</i> para o

THIAGO DE SOUZA TAVARES	Engenharia de Potência	projeto de Estudos e Pesquisa em Arquitetura Penal junto ao DEPEN/MJSP.
	Engenheiro eletricista, com mestrado em Arquitetura e Urbanismo	Pesquisador e assistente da Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos; Pesquisador na área de eficiência energética. Pesquisador no PISAC, e utilizou <i>scorecard</i> como ferramenta na dissertação de mestrado

Para todos os avaliadores externos foi enviado o *conjunto de critérios* construído para validação, com quatro perguntas para avaliação: O critério agrega valor? O critério é exequível? O critério é verificável? Possui coerência entre o princípio e o critério? Essas questões foram definidas para poder avaliar os critérios e a estrutura desenvolvida.

Após o envio dos critérios com as questões para os especialistas, foi realizada uma oficina para discutir os resultados. Essa oficina contou com um pequeno resumo do desenvolvimento do trabalho e discussões sobre cada um dos critérios, em que os avaliadores puderam apresentar suas dúvidas, correções e sugestões. O resultado dessa oficina foi utilizado para corrigir e atualizar o conjunto de critérios.

5.4. CRITÉRIOS

A partir dos critérios identificados para microrredes, e a referências bibliográficas, foi elaborado o primeiro *conjunto de critérios* apresentado no Apêndice III.

Foram elaborados ao total 18 princípios e 61 critérios apresentados de forma cronológica com as fases de implantação de uma microrrede.

É importante destacar alguns termos utilizados, como: setor, unidades e geração complementar, dada a sua conotação ter sido definida com base no modelo de uma microrrede. Esses termos foram adotados como:

- as edificações consumidoras ou produtoras dentro de uma microrrede serão denominadas de unidades;
- as seções de conexão de cabos elétricos entre nós, serão denominados de setores;
- a geração complementar é uma geração independente das edificações e deve apresentar uma fonte com possibilidade de estocagem, como exemplo um combustível, neste caso considera-se o hidrogênio verde.

5.4.1. Verificação com equipe de avaliação externa

Durante a oficina diversos pontos foram levantados e apresentados. Os pontos principais foram: estrutura; termos; falta de complementaridade; falta de conexão de uma fase com outra; critérios sem embasamento teórico. Sobre a aplicabilidade dos critérios um dos pontos cruciais

levantados pelos especialistas foi a falta de um critério econômico que possibilite o acompanhamento da viabilidade do projeto durante as fases.

Essas e outras observações foram adicionadas e realizado o melhoramento do conjunto de critérios apresenta 84 critérios e 28 princípios, apresentado no Quadro 11.

Quadro 11: Conjunto de Critérios

Fase do Ciclo		Princípio	Critério	Descrição	Indicadores	Verificadores	Referências
1	Planejamento	Levantamento de Requisitos	1.1.1. Levantamento de necessidades	Identificar as necessidades do Cliente e a identificação básica do local de implantação	Levantamento com as necessidades do cliente E Identificação de: unidades produtoras e consumidoras; rede elétrica da região; área de implantação E áreas impactadas	N/A	
			1.1.2. Levantamento de demanda e potencial energético	Identificar a demanda e potencial energético da microrrede	Identificação e levantamento da quantidade de energia demandada pelas unidades e pelo potencial de produção de energia		
			1.1.3. Identificar os Equipamentos Principais	Identificar os equipamentos principais para a realização de operação em modo ilhado e conectado, e Escolha do modo de controle: centralizado ou descentralizado.	Manual com a identificação de todos os equipamentos que realizam as atividades principais para a microrrede, como: geração, conversão, chaveamento, distribuição, manobras elétricas e proteção.		
		Cadeia Produtiva	1.2.1. Fornecedores	Identificar os principais possíveis fornecedores de materiais, elementos e componentes para a microrrede	Construir um cadastro com as empresas com capacidade de fornecer os equipamentos do item 1.1.3.		
			Requisitos Gerais para geração de Energia Elétrica	1.3.1. Geração de Energia Elétrica nas unidades	Descrever as unidades produtoras de energia elétrica capacitadas a realizar GD		
		1.3.2. Geração de energia elétrica complementar		Descrever a geração complementar ou o banco de baterias a ser utilizada na microrrede	Relatório contendo os levantamentos de produção OU de armazenamento de energia elétrica com aplicação dos itens: 1.1.3.; 1.2.; e da área de implantação		
		1.3.3. Geração com fontes sustentáveis		Definir as fontes renováveis de geração de energia. As fontes devem ser sustentáveis e renováveis	Relatório contendo as informações sobre potencial de produção energética, de maneira a comparar E qualificar a melhor para ser utilizada, utilizando dos critérios de sustentabilidade, inteligência, resiliência E compatibilidade de orçamento E estrutura de fornecimento da cadeia produtiva		
		Estrutura da Microrrede	1.4.1. Design da Microrrede	Definir a estrutura física e divisão por setores da microrrede	Relatório com o Levantamento da área que receberá os cabos de distribuição de energia, E desenho preliminar da distribuição a ser realizada		
			1.4.2. Sensores	Definir quais os sensores e as variáveis a serem observadas	Relatório com o levantamento de todas as variáveis que devem ser observadas e controladas e os possíveis sensores que façam a leitura e envio dos dados para o servidor		
			1.4.3. Unidades Prioritárias	Definir as unidades que em caso de operação ilhada, a microrrede não interrompa o abastecimento dessas unidades	No relatório do item 1.1.1. apresentar as unidades prioritárias da rede e seu possível consumo		

2	Pré-Projeto	1	Viabilidade	1.5.1.	Técnica	Levantar os equipamentos e a possibilidade de implementação de novas tecnologias	Relatório que une todos os equipamentos apresentados nos itens 1.1, 1.2, 1.3 e 1.4, descrevendo as tecnologias necessárias para a implantação, com preferência para utilização de tecnologias sustentáveis, resilientes e que apresentem maior quantidade de inteligência, controle de dados e proteção elétrica e física		
				1.5.2.	Econômica	Levantar os custos agregados para a implantação da microrrede	A partir do levantamento base realizado para a distribuição e implementação da microrrede, realizar o levantamento de custos inicial com previsão de playback.		
		1	Gestão	1.6.1.	Disciplinas	Dividir o projeto como um todo em disciplinas	Divisão nas disciplinas de: Orçamento, Elétrica, Infraestrutura, Avaliação do terreno, Diretoria, Gerência, BIM, Planejamento de energia.		
				1.6.2.	Elaboração do Planejamento	Elaboração do documento de pré-projeto	Elaboração do documento de pré-projeto com os itens elencados na fase 1.	Ata das oficinas	
	2	Escolha de Materiais	2.1.1.	2.1.1.	Sustentabilidade	Preferência pela seleção de materiais que possuam certificado de sustentabilidade	Memorial descritivo dos materiais utilizados E os respectivos certificados de sustentabilidade		
				2.1.2.	Sustentabilidade nos equipamentos utilizados	Preferência pela seleção de equipamentos que gerem baixo impacto ambiental	Apresentar no Memorial descritivo os possíveis impactos ambientais que são gerados pelos equipamentos utilizados, de maneira a ter a preferência de escolha para aqueles que apresentem baixo impacto ambiental		
				2.1.3.	Durabilidade	Preferência pela seleção de materiais que possuam maior durabilidade	Apresentar no Memorial descritivo as garantias apresentadas pelos fabricantes e em caso de escolha entre materiais, ter preferência por aquele que apresentar maior durabilidade		
				2.1.4.	Eficiência Energética	Preferência pela utilização de equipamentos que possuam selo de eficiência energética	Memorial descritivo dos equipamentos deve apresentar a eficiência energética dos equipamentos E o respectivo selo de eficiência		PROCEL, LEED
				2.1.5.	Adoção de equipamentos livres de substâncias perigosas	Preferência pela utilização de equipamentos com adoção da diretiva RoHS (Restriction of Hazardous Substances)	Memorial descritivo dos equipamentos deve apresentar se o equipamento não apresenta substâncias que estão incluídas na diretiva RoHS		RoHS
				2.2.1.	Geração de Energia Elétrica nas unidades	Definir a quantidade de energia gerada necessária para a microrrede	Relatório de pré-projeto deve conter o memorial de cálculos E a quantidade de energia necessária para o abastecimento da microrrede em modo conectado e ilhado.	Memorial de Cálculos	
2	Soluções para Geração de Energia Elétrica	2.2.2.	2.2.2.	Geração de energia elétrica complementar	Definir a quantidade de energia necessária para a utilização de uma geração complementar	Relatório de pré-projeto deve conter o memorial de cálculos E a quantidade de energia a ser gerada pela unidade complementar. Em caso de banco de baterias, deve-se acrescentar o potencial de armazenamento	Memorial de Cálculos		
			2.3.1.	Design da Microrrede	Desenvolver Pré-projeto de distribuição da microrrede com divisão por setores chaveados de maneira a considerar o funcionamento independente e interligado de toda a estrutura	Relatório de pré-projeto deve conter as plantas base civil E elétrica E arquitetônica como estrutura de distribuição da microrrede.	Plantas base Elétrica E civil E Arquitetônica		

			2. Escolha e localização dos Sensores	Definir os pontos de sensoriamento principais para monitoramento	Relatório de pré-projeto deve conter os pontos definidos na microrrede para o sensoriamento				
			2. Quantidade de energia para Unidades Prioritárias	Definir a quantidade de energia necessária para manter o abastecimento das unidades prioritárias	Relatório de pré-projeto deve apresentar o memorial de cálculos para o abastecimento das unidades prioritárias em operação de modo ilhado	Memorial de Cálculos	de		
			2. Sensoriamento da Geração	Definir os sensores que realizarão a medição remota da energia elétrica em cada uma das unidades	Memorial descritivo de pré-projeto deve conter a especificação de cada um dos sensores de medição de geração de energia elétrica nas unidades geradoras e na unidade complementar				
		2.4	Automação - Sensoriamento	2. Sensoriamento da Distribuição	Definir os sensores de medição remota da energia elétrica em cada um dos setores e das unidades e unidades prioritárias da microrrede	Memorial descritivo de pré-projeto deve conter a especificação de cada um dos sensores de medição utilizados na distribuição da microrrede			
				2. Equipamentos e Sensores de operação ilhada	Definir Sensores que em conjunto com equipamentos realizem o modo de operação ilhada em casos de desligamento com a concessionária	Memorial descritivo de pré-projeto deve conter as especificações dos sensores E controladores que realizam as operações de modo ilhado e conectado			
				2. Manobras da rede elétrica	Definir software capaz de realizar o comando dos equipamentos para as manobras de: Ilhamento, funcionamento conectado, desconexão com a rede da concessionária e de setores de distribuição e geração utilizados na microrrede	Memorial descritivo de pré-projeto deve conter o resumo do Relatório de Software e Eletrônica com a especificação dos sensores, seus limites de operação e integração software/eletrônica, E design do software E estrutura eletrônica			
		2.5	Automação - Softwares	2. Armazenamento de Dados	Definir software capaz de coletar e armazenar os dados utilizados nos sensores da microrrede				
				2. Visualização	Definir software capaz de visualizar todos os dados e as ações tomadas				
				2. Integração	Definir software capaz de integrar todos os itens 2.4.1. 2.4.2. e 2.4.3.				
		2.6	Viabilidade	2. Técnica	Definir os equipamentos e a tecnologia agregada	Memorial descritivo de pré-projeto deve conter a especificação de todos os equipamentos E da tecnologia empregada E levantamento de custos e orçamento do projeto, implantação, operação e manutenção			
				2. Econômica	Definir o orçamento prévio para a implantação da microrrede				
		2.7	Gestão	2. Elaboração do Pré-projeto	Elaboração do documento de projeto base	Documento de projeto base contendo todos os itens elencados na fase 2.			
				2. BIM	Utilizar o BIM para compatibilização de projetos	Memorial descritivo de pré-projeto deve conter um resumo do projeto de infraestrutura conectado com o elétrico e orçamento.			
		3	Projeto	3. Aprovação de Projeto	3. Geração das unidades	Apresentar Documentação necessária para a produção de energia elétrica nas edificações	Relatório de projeto deve conter a copia dos documentos de homologação da geração junto com a concessionária	Documento de Homologação	Resolução Normativa ANEEL, nº

	1		3.1.2.	Geração Complementar	Apresentar Documentação necessária para a produção de energia elétrica na unidade de geração complementar	Relatório de projeto deve conter a copia dos documentos de homologação da geração junto com a concessionária	Documento de Homologação	482/2012 e Normas Técnicas da Concessionária	
			3.1.3.	para compensação de energia	Aprovar documentação junto a concessionária para o sistema de compensação de energia	Relatório de projeto deve conter a copia dos documentos de homologação da geração junto com a concessionária	Documento de Homologação		
			3.1.4.	Documentação para Microrrede	Aprovar documentação junto a concessionara para a implantação de uma microrrede	Relatório de projeto deve conter a copia dos documentos de homologação da microrrede junto com a concessionária	Documento de Homologação		
	3	2	Proteção	3.2.1.	Física	Utilizar equipamentos e proteções que garantam a integridade dos materiais e da rede de distribuição	Relatório de projeto deve conter o memorial descritivo com as especificações dos equipamentos utilizados para a proteção dos cabos de transmissão E levantamento do terreno ao redor da área de implantação da rede de distribuição		NR-10, NR-5410 e REN 956
				3.2.2.	Elétrica para Geração	Utilizar componentes e equipamentos que garantam a segurança das instalações e redes elétricas para a geração	Relatório de projeto deve conter o memorial descritivo com os equipamentos utilizados para a proteção elétrica da microrrede com o memorial de cálculos	Memorial de Cálculos de Proteção Elétrica	
				3.2.3.	Elétrica para a Distribuição	utilizar componentes e equipamentos que garantam a segurança da rede contra surtos	Relatório de projeto deve conter o memorial descritivo com os equipamentos utilizados para a proteção elétrica da microrrede com o memorial de cálculos	Memorial de Cálculos de Proteção Elétrica	
	3	3	Automação - Sensoriamento	3.3.1.	Sensoriamento da Geração	utilizar sensores de medição remota da energia elétrica em cada uma das unidades	Relatório de projeto deve conter o manual descritivo dos sensores utilizados e as suas localizações		
				3.3.2.	Sensoriamento da Distribuição	utilizar sensores de medição remota da energia elétrica em cada um dos nós especificados no pré-projeto			
				3.3.3.	Equipamentos e Sensores de operação ilhada	Utilizar sensores que em conjunto com equipamentos que realizem a operação ilhada e conectada da rede, por modo centralizado ou descentralizado			
	3	4	Viabilidade	3.4.1.	Técnica	Utilizar os levantamentos realizados pela cadeia produtiva para identificar os melhores fornecedores dos equipamentos definidos	Relatório de projeto deve apresentar a identificação dos melhores possíveis fornecedores dos equipamentos especificados para a realização de compras		
				3.4.2.	Econômica	Apresentar e Acompanhar os condicionantes econômicos do projeto	Relatório de projeto deve apresentar os condicionantes econômicos com as variações e custos aplicados até o momento E expectativas de custos para fase de operação		
	3	5	Gestão	3.5.1.	Elaboração de Projeto	Elaboração do documento de projeto executivo	Documento de projeto executivo contendo todos os itens elencados na fase 3.		
3.5.2.				BIM	Realizar a união das disciplinas em um único software de projeto, e acompanhar a implantação do projeto	Relatório de projeto com as soluções desenvolvidas pelas equipes para o projeto			
4	Operação	4.1.1.	Medição e monitoramento	Geração nas unidades	Medir a energia elétrica gerada em cada uma das unidades	Medidores de geração com dados online	Medidores acessíveis fisicamente com		

	1		4.1.2.	Consumo	Medir a quantidade de energia elétrica consumida por cada unidade.	Medidores de consumo da unidade com dados online	mostradores dos dados parciais		
			4.1.3.	Distribuição	Medir a energia em função dos parâmetros definidos para a distribuição nos setores especificados	Medidores com disponibilização de dados online			
			4.1.4.	Rede conectada a concessionária	Medir a energia recebida e enviada para a rede da concessionária	Medidores com disponibilização de dados online			
	4	2	Automação - Armazenamento e coleta de dados	4.2.1.	Tabulação e visualização de dados	Alimentar e visualizar os dados referentes ao consumo, geração, distribuição e falhas da microrrede	Sistema de dados e informação online		
				4.2.2.	Importação de dados	Importar os dados dos sensores de maneira autônoma			
				4.2.3.	Armazenamento de dados	Armazenar os dados referentes à geração, consumo, distribuição e fornecimento de energia elétrica por no mínimo 5 (cinco) anos			
				4.2.4.	Descrição de Anormalidades	Informar as medições fora da anormalidade estabelecidas nos padrões de qualidade da energia elétrica			
				4.2.5.	Descrição de Falhas	Armazenar os dados que ultrapassem os padrões estabelecidos para a qualidade de energia elétrica e o setor que ocorrem			
				4.2.6.	Backup de informações	Realizar Backup diário dos dados para armazenamento			
				4.2.7.	Segurança dos Bancos de Dados	Apresentar modos de segurança contra invasões e perda de dados			
	4	3	Automação - Apresentação dos dados	4.3.1.	Apresentação das informações em tempo real para o operador	Apresentar os dados da geração, distribuição, consumo e falhas encontradas na Microrrede	Software de visualização da rede em tempo real		
				4.3.2.	Apresentação das informações em tempo real para os consumidores	Apresentar os dados de geração, distribuição e consumo da microrrede			
4.3.3.				Acesso aos dados	Acessar de forma remota o sistema de automação da microrrede				
4.3.4.				Identificação visual de falhas	Apresentar de forma simples a localização e o tipo de falha ocorrida coletada no item 4.2.4.				

			4.3.5.	Qualidade da Energia	Apresentar os dados para avaliar a qualidade da energia gerada e consumida nas unidades			
	4.4.	Automação - Identificação e Realização de manobras	4.4.1.	Identificação de Falha	Identificar uma falha na geração e/ou distribuição e/ou fornecimento de energia elétrica em tempo real e realizar a ligação ou desligamento de setores de maneira a prejudicar o mínimo possível o sistema	Software de visualização, identificação e manobra da rede em tempo real e programado		
	4.4.2.		Realização de manobras na rede elétrica	Sistema capaz de realizar os procedimentos de ilhamento, religação, ilhamento de setor, abertura e fechamento de chaves e contadores				
	4.4.3.		Predefinição de decisões	O sistema deve ser capaz de pré-programar manobras de maneira a auxiliar o menor impacto possível as unidades				
	4.5.	Gestão de Qualidade	4.5.1.	Qualidade de energia elétrica	Verificar indicadores da qualidade de energia gerada, consumida e despachada e realizar eventuais correções	Relatório de Manutenção e Qualidade da operação da Microrrede deve conter: o descritivo dos principais equipamentos definidos no item 1.1.3 apresentando: calibração; vida útil, necessidade de manutenção E descritivo dos equipamentos de proteção da microrrede com sua situação de conservação e necessidade de trocas E relatório das áreas ao redor da distribuição com o intuito de prevenir qualquer tipo de desastre		PRODIST - Módulo 8
	4.5.2.		Qualidade dos sensores	Calibrar dos sensores utilizados na microrrede de acordo com o tempo especificado pelos fabricantes e manter registros				
	4.5.3.		Qualidade dos equipamentos e instalações físicas	Realizar de forma programada a revisão dos equipamentos e instalações físicas da microrrede com objetivo de identificar falhas e possíveis modificações na área em que estão instaladas				
	4.5.4.		Qualidade da Proteção PDS (SPDA + MPS) da distribuição	Realizar a verificação das proteções contra efeitos ocasionados por equipamento e cabos			NBR-5.419/15	
	4.6.	Gerenciamento da microrrede	4.6.1.	Modo Conectado	Operar em modo conectado, fornecendo a quantidade extra de energia não utilizada para a concessionária	Termo de Referência e Manual de especificação dos equipamentos		
	4.6.2.		Modo Ilhado	Operar em modo ilhado de maneira a garantir o fornecimento para as unidades principais				
	4.6.3.		Interrupção	Interromper e religar a carga ou um setor da microrrede com a utilização de equipamentos inteligentes				
	4.6.4.		Desligamento de unidade	Revisar os parâmetros definidos em projeto da microrrede para que não se afete o funcionamento	Relatório de desligamento ou ligação de unidades na microrrede com a adequação de projeto e pré-projeto acrescentando e revendo os memoriais de cálculo e os requisitos da microrrede			
	4.6.5.		Ligação de Unidade	Revisar os parâmetros definidos em projeto da microrrede para que não se afete o funcionamento				
5.	Manutenção	5.	5.1.	Limpeza dos equipamentos de geração	Possuir sistemas autolimpantes e fácil acesso para limpeza e manutenção manual	Relatório de manutenção da microrrede, deve conter uma seção para cada item e apresentar as datas de limpeza definidas, as trocas e manutenções realizadas nos equipamentos e nas áreas ao redor E um		

		1	Distribuição	5.1.2.	Limpeza do terreno nas áreas de geração	Manter as áreas destinadas para geração livres eólica e solar livre de impedimentos que diminuam a eficiência da produção de energia	relatório de todo o terreno onde encontram-se as instalações de geração e a fiação da microrrede, com dados que apresentem a segurança física e elétrica da microrrede		
		5.2.1.		Limpeza e prevenção de terreno e das áreas da microrrede	Limpar, manter e realizar relatórios dos pontos principais de conexão da microrrede para prevenção de choques como desabamentos e outros				
		5.3.	Softwares, sensores e equipamentos	5.3.1.	Atualização de softwares	Realizar de maneira programada a atualização dos softwares utilizados na microrrede de maneira a não interromper a operação	Relatório de Atualização e Manutenção da Automação deve apresentar as datas das calibrações, trocas e manutenção de todos os equipamentos destinados à automação. Deve conter uma seção específica para os softwares do cliente e operador, com descrição de atualizações realizadas e programadas, com as modificações realizadas, falhas de conexão ou de qualquer outro tipo e segurança dos dados com os backups e sistema de segurança contra invasões.		
				5.3.2.	Calibração de sensores	Realizar de maneira programada definida por fabricante a troca e calibração dos sensores utilizados na microrrede sem interromper a operação			
5.3.3.	Troca de equipamentos			Troca preventiva de equipamentos de maneira a não interromper o funcionamento total da operação					
6.1.	Descomissionamento	Fim de Vida da Microrrede	6.1.1.	Materiais e Equipamentos	Realizar o descarte correto dos resíduos eletroeletrônicos adotando os requisitos definidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos	Memorial descritivo com o equipamento e destino dado a cada um dos itens principais utilizados para a geração ou distribuição das unidades na microrrede, ou da microrrede		Lei nº 12.305/10	

5.5. SINTESE ANALÍTICA

Com o passar do tempo várias definições, teorias e teoremas são construídos e aplicados à sociedade, um exemplo está no sistema de energia elétrica, que foi aprimorado com os anos e com a tecnologia por meio dessas definições, teorias e teoremas. Esse avanço trouxe diferentes formas de observar o mesmo objeto, de maneira em que foram construídos diversos critérios, em que, ao depender da época, e do foco aplicado, apresentam diferentes requisitos para o funcionamento do sistema. Esse trabalho apresentou a importância em unir diferentes instrumentos de gestão com diferentes temas e focos em uma ferramenta única, pois unifica a forma de observar o mesmo item e possibilita a aplicação de diversas áreas do conhecimento.

Os critérios elaborados abordaram a sustentabilidade, por meio da escolha das fontes de energia e dos materiais e equipamentos empregados, a inteligência, por meio da utilização da automação com sensores e softwares, e pôr fim a resiliência e resistência, com o uso de proteções elétricas e relatórios e ações de prevenção de desastres nas áreas em que a microrrede está instalada.

6. ENSAIO DE UMA MICRORREDE INTELIGENTE, SUSTENTÁVEL E RESILIENTE PARA O PISAC

6.1. RESUMO

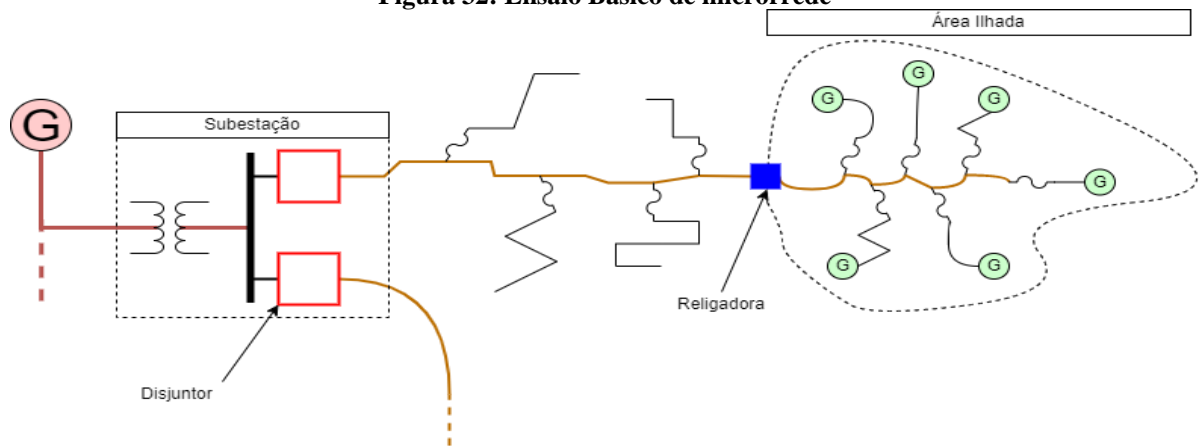
Este capítulo apresenta um ensaio de uma microrrede que atenda aos critérios desenvolvidos para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente com o objetivo futuro de que a partir deste ensaio seja possível a construção de diretrizes para a formulação de um modelo. Para a construção desse ensaio são definidas quatro fases: identificação do local de implantação, estrutura física, estrutura elétrica e estrutura inteligente. Esse ensaio foi realizado com base na área da Praça de Protótipos do Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído (PISAC). São realizadas as estimativas de potencial de geração fotovoltaica e eólica de eixo vertical, além da identificação do local com a categorização das unidades. Foi realizado também um diagrama unifilar assim como um ensaio para a distribuição e os pontos de inserção dos sensores e medidores. É construído um quadro apresentando quais critérios estão presentes no ensaio.

6.2. INTRODUÇÃO

Uma microrrede é um sistema elétrico que possui consumo e geração de pequeno porte e tem a capacidade de operar de operar conectado à rede de distribuição principal, ou de maneira ilhada. A operação conectada à rede é quando o sistema recebe e envia energia elétrica para a concessionária, já a operação ilhada compreende o desligamento do sistema da microrrede com o da distribuição da concessionária. O funcionamento ilhado da microrrede necessita então ou de uma fonte de geração ou de um banco de baterias, que seja capaz de proporcionar o funcionamento do sistema (ANEEL, 2021).

A figura 32 apresenta um ensaio básico de microrrede. É possível distinguir que o ensaio de distribuição utiliza de grandes gerações de energia elétrica, essa é transmitida por quilômetros até uma subestação, onde por mais alguns quilômetros é distribuída para os consumidores. A microrrede por outro lado apresenta geração e consumo locais, de maneira em que possibilita o seu funcionamento desconectado do sistema de distribuição.

Figura 32: Ensaio Básico de microrrede



Fonte: Autor, 2022

Devido as microrredes serem uma célula de um sistema de distribuição maior, como exemplo o sistema elétrico brasileiro, sua aplicabilidade torna-se latente para cidades, condomínios, entre outras várias aplicações.

As microrredes apresentam a capacidade de fornecer estabilidade de fornecimento de energia elétrica para os usuários, além de proporcionar um excedente de geração elétrica que pode ser utilizado pelas distribuidoras, no entanto, as microrredes apresentam os ônus de qualquer rede elétrica, como os fenômenos de regime permanente: variação de tensão em regime permanente; fator de potência; harmônicos; desequilíbrio de tensão; flutuação de tensão; e variação de frequência, e o fenômeno de regime transitório: variação de tensão de curta duração. benefício é referente a esses sistemas possuírem geração descentralizada do ensaio nacional, e proporcionar uma segunda fonte de energia elétrica (ANEEL, 2010).

O avanço da geração de energia elétrica advinda de fontes renováveis como a fotovoltaica, eólica, heliotérmica, entre outras. Devido a facilidade de implantação, baixo custo, pequena área e necessidade de equipamentos menores, essas fontes foram incrementadas ao ensaio de geração distribuída, e logo pelas microrredes, tornando-se praticamente um requisito (COELHO, 2013).

Pelas microrredes serem uma célula de um sistema com maiores proporções, ela herda os problemas relacionados ao controle, funcionamento e a qualidade da energia. Para garantir que esses problemas sejam detectados e resolvidos, a utilização de equipamentos com capacidade de ler dados, operar remotamente e detectar variações nos indicadores de qualidade da energia elétrica, aos poucos foram implementados as microrredes. Nesse ponto a internet das coisas (IOT) foi agregada à geração e distribuição de energia o que possibilitou o melhoramento das atividades realizadas por um sistema de energia elétrica em uma microrrede (ZHOU; GUO; MA, 2015).

Em 2010 durante a campanha mundial “Construindo Cidades Resilientes” a Organização das Nações Unidas (ONU) adaptou o objetivo 11, cidades e comunidades sustentáveis, para assegurar a inclusão, segurança, resiliência e sustentabilidade das cidades até 2030. A meta 11.b apresenta:

“Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis (ONU, 2022).”

Essa iniciativa parte dos desastres naturais observados em grandes cidades pelo mundo, onde em sua maioria, não havia formas de resiliência para o suporte e superação de desastres. O Marco de Sendai Japão, 2015, apresenta em suas prioridades, a preparação para desastres, na qual objetiva possibilitar uma resposta eficaz para “*Build Back Better*” (reconstruir melhor), em recuperação, reabilitação e reconstrução (ONU, 2015).

A integração da resiliência para as microrredes apresenta-se como uma inovação, dado a forma da distribuição da energia elétrica precisa estar preparada para desastres, de maneira a resistir e possibilitar uma reconstrução, recuperação ou reabilitação eficazes.

6.2.1. Objetivo

Este capítulo objetiva desenvolver um ensaio de uma microrrede que apresente os critérios definidos, de forma a atender os requisitos de inteligente, sustentável e resiliente. Para o ensaio, será utilizado o espaço da praça de protótipos do PISAC como exemplo de caso.

6.3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do ensaio proposto, a metodologia foi dividida em três seções: Física; Elétrica e Inteligente. Essas seções apresentam uma forma básica para um ensaio de microrrede, na qual foi utilizado a área do PISAC como exemplo.

É realizada primeiramente a identificação e caracterização da área da Praça de Protótipos do PISAC, onde foi apresentada com uma análise básica dos potenciais de geração fotovoltaica e eólica. Para o potencial fotovoltaico foram levantados os valores de irradiação global horizontal e vertical, enquanto para o potencial eólico foi realizada a distribuição de Weibull e a frequência das velocidades dos ventos.

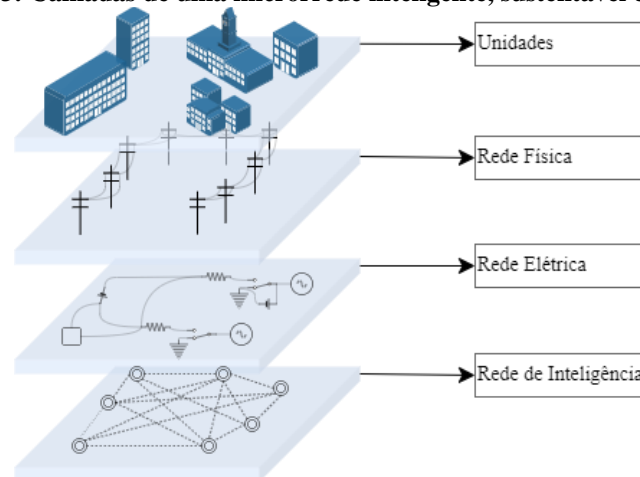
A primeira seção aborda a estrutura física da microrrede, na qual foi considerado a posição dos equipamentos principais e dos nós e setores básicos elétricos. Para a definição da do ensaio, foram utilizados os requisitos apresentados no Marco de Sendai sobre resiliência e aplicadas soluções para garantir a resistência da rede e dos materiais que a compõem. Para essa seção foi construído um esquema básico demonstrando as conexões e localizações de todas as unidades com geração ou apenas consumo, além dos caminhos definidos para as linhas da distribuição.

A segunda seção aborda a estrutura básica elétrica que foi modelada de acordo com a estrutura física definida. Foi construído um diagrama unifilar que apresenta a estrutura definida na primeira seção e define alguns pontos para a realização de manobras de operação da microrrede elétrica.

A terceira e última seção é a estrutura de inteligência. Para isso, uma camada que apresenta os pontos principais para os equipamentos básicos que realizarão as atividades que envolvem a inteligência da microrrede foi aplicada sobre as camadas anteriores.

Para a exemplificação do ensaio para a microrrede do PISAC são apresentadas as camadas na Figura 33.

Figura 33: Camadas de uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente.



Fonte: Autor, 2022

6.4. O PISAC

O Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído (PISAC), demonstrado na Figura 34 é um projeto resultado da parceria entre o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), o Building Research Establishment (BRE/UK), e a Universidade de Brasília (UnB) (PISAC, 2021).

Figura 34: O Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído PISAC.



Fonte: PISAC, 2021.

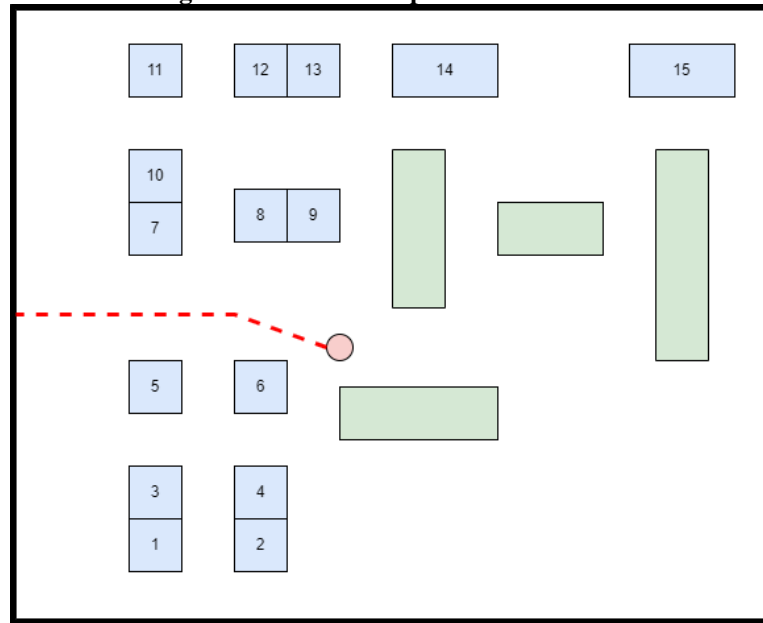
O PISAC é uma plataforma de inovação tecnológica do Parque de Ciência e Tecnologia da UnB (PCTec) que apresenta um ambiente de ensino e aprendizado de maneira a promover a integração entre os setores e agentes. Sua visão é ser referência no desenvolvimento do futuro sustentável do ambiente construído no Brasil. Apresenta foco na Cadeia Produtiva (CP) do ambiente construído de maneira a considerar: a quarta revolução industrial, os espaços, a produção, e os produtos ao longo do ciclo de vida das edificações (PISAC, 2021).

O PISAC conta com uma área aproximada de 23.000 m² e compreende 15 (quinze) áreas destinadas para protótipos e quatro edificações do PISAC. A área definida para os protótipos é denominada de Praça de Protótipos, e no escopo deste trabalho, todas as edificações serão denominadas de unidades.

Foi considerado que a área avaliada possuirá um medidor bidirecional de energia elétrica para cada um dos protótipos, e para o restante das edificações será considerado um único. Além dos medidores das unidades, o PISAC possuirá um medidor geral para toda a área. Outra especificação adotada foi a do cabeamento, que é realizado todo sob a superfície.

A Figura 35 apresenta um desenho da distribuição das unidades enumeradas de 1 a 15 (azul), e das edificações que são unidas por um único medidor (verde). Em vermelho está localizado o quadro geral com o medidor de energia geral que recebe a energia da concessionária, indicado por uma linha vermelha tracejada.

Figura 35: Ensaio Simplificado do PISAC

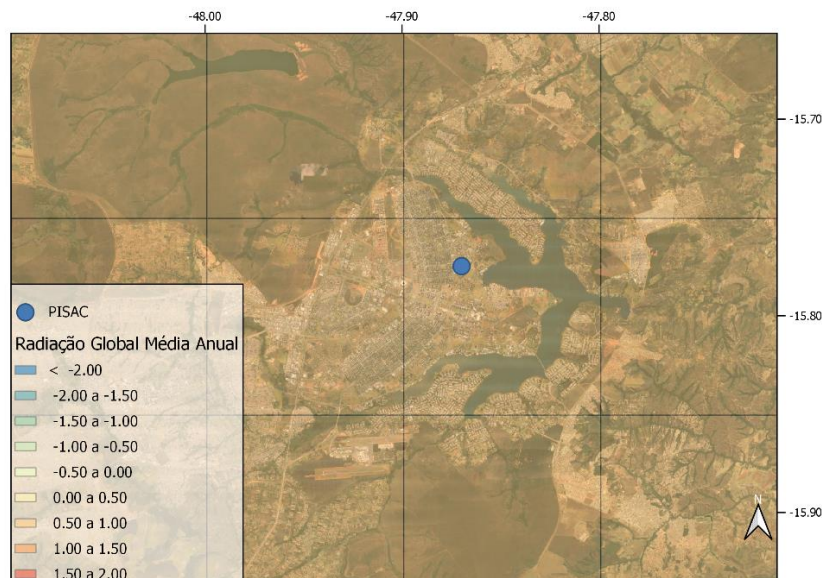


Fonte: Autor, 2022

6.4.1. Estimativa de Potencial Fotovoltaico para o PISAC

O PISAC apresenta sua localização geográfica de $-15,77^{\circ}\text{S}$ e $-47,87^{\circ}\text{W}$ e apresenta suas maiores construções com estruturas dispostas em posicionamento Norte/Sul. A altitude da localização é de 1046 m e apresenta algumas estruturas que podem sem o cuidado e manutenção gerar sombreamento em algumas unidades.

Figura 36: Dados da Radiação direta média anual para Brasília



Fonte: Autor, 2022

A Tabela 3 apresenta os valores para a irradiação horizontal para a área do PISAC. O mês de agosto apresenta o maior valor, e pela Figura 36 é possível identificar que pela média anual com desvio padrão adotado, o valor apresentado está entre 1,00 e 1,50.

Tabela 3: Irradiação Global Horizontal Média para o PISAC

VARIÁVEL	VALOR	
Radiação (Kj/M ²)	892,83	
Irradiação Global Horizontal Média	Anual (Média)	5278
	Janeiro	5421
	Fevereiro	5741
	Março	5054
	Abril	5059
	Maio	4833
	Junho	4697
	Julho	4945
	Agosto	5774
	Setembro	5696
	Outubro	5591
	Novembro	5079
Dezembro	5441	

Fonte: INPE, 2017.

6.4.2. Estimativa de Potencial Eólico para o PISAC

Ao considerar a região, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) possui a estação A001 localizada entre os bairros do cruzeiro e sudoeste a 7 km de distância em linha reta do PISAC. É importante considerar que a região da estação apresenta edifícios, e está próxima a uma pista com grande trânsito de carros e com diversas árvores próxima a estação, de forma em que embora sejam adotados os dados para a análise, considera-se importante a coleta de dados no próprio local de implantação. A Tabela 4 apresenta os dados principais coletados na estação para o ano de 2020 e 2021.

Tabela 4: Dados da estação A001.

VARIÁVEL	VALOR	
Direção Predominante	102°	
Rajada De Vento Máxima (M/S)	18,90	
Velocidade Do Vento (M/S)	Máxima	7,30
	Média	2,21
	Mínima	0,00 - 0,10

Fonte: INMET, 2022.

Como apresentado na Tabela 4, a direção predominante dos ventos com maior velocidade nos anos de 2020 e 2021 se deu predominantemente para o leste e sul, como apresentado na rosa dos ventos no Gráfico XX, com as velocidades dos ventos em metros por segundo.

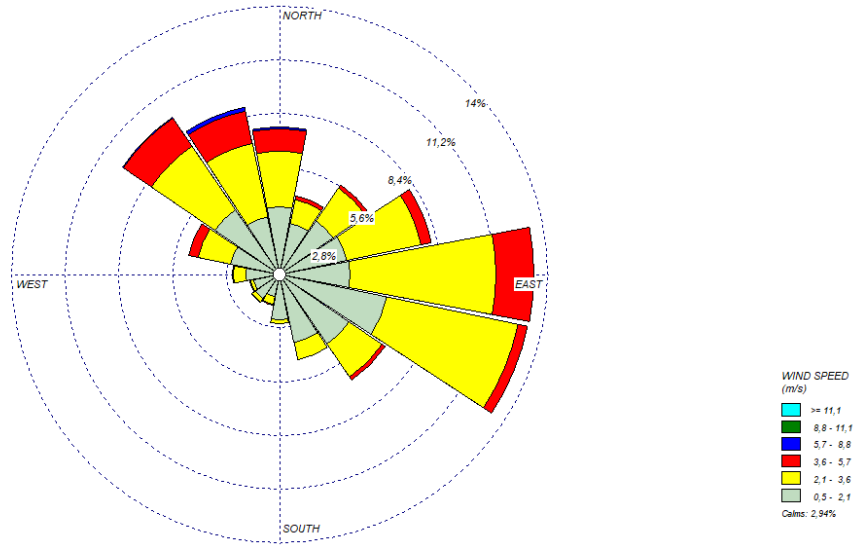


Gráfico 8: Rosa dos Ventos
 Fonte: Autor, 2022

Para a distribuição Weibull para os dados coletados no ano de 2020 e 2021 na estação A001 foi identificou que 48,9% dos ventos estão entre 0,5 e 2,1 m/s, e sua distribuição é apresentada no Gráfico 09.

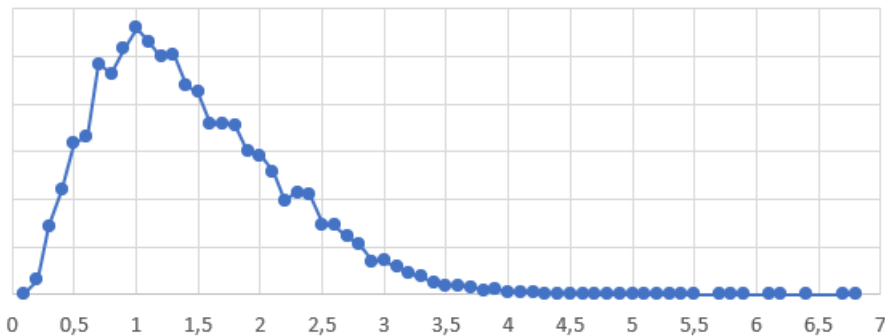


Gráfico 9: Distribuição Weibull para a estação A001.
 Fonte: Autor, 2022

Dessa forma, ao somar os valores de velocidade do vento que estão representados de 2,1 a 5,7 m/s (Gráfico XX), temos que 47,8% estará em velocidades que podem ser aproveitadas por turbinas eólicas de eixo vertical, pois sua velocidade inicial de trabalho varia ao depender do modelo, de 3,0 m/s a 4,5 m/s, e podem chegar até 6,0 m/s (MARIN, 2016).

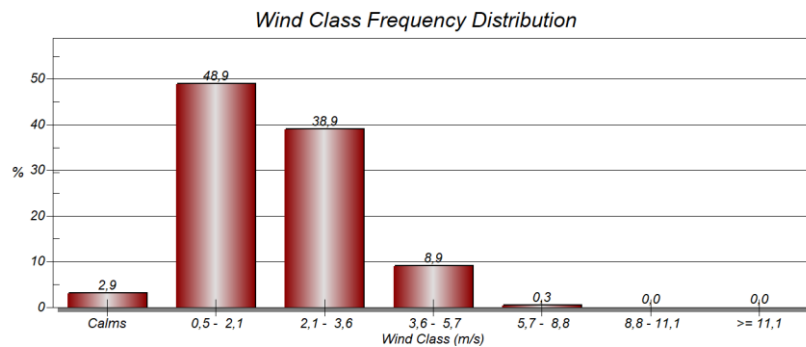
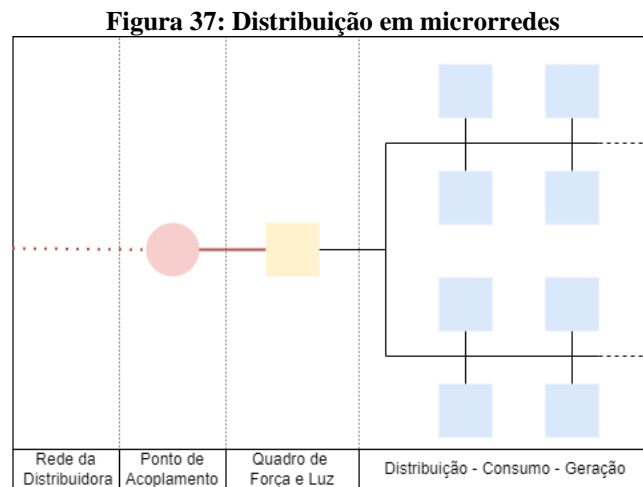


Gráfico 10: Distribuição de frequência das Classes de Ventos em percentual.

Fonte: Autor, 2022

6.5. ESTRUTURA FÍSICA DA MICRORREDE PARA O PISAC

A estrutura física de uma microrrede é composta de cabos, postes, tubulações, transformadores, geradores e todos os equipamentos utilizados para a distribuição, proteção, geração e conversão da energia, no qual podemos dividir por funções: distribuição; geração; e proteção. A distribuição da energia em microrredes é realizada como apresenta a Figura 37, no qual apresenta um ponto de acoplamento com a rede da distribuidora, e assim realiza a sua distribuição.

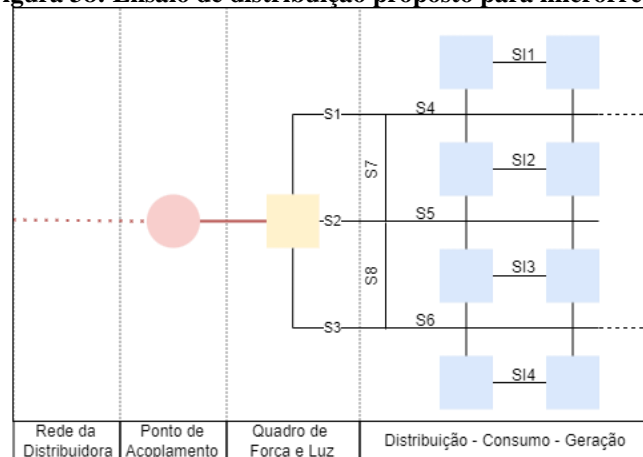


Fonte: Autor, 2022

Essa distribuição interna da microrrede se assemelha à distribuição realizada pela concessionária, de maneira que existem poucos pontos de resistência contra uma ruptura dos cabos.

Ao considerar a resiliência e resistência, propõe-se a aplicação de uma analogia a uma teia de aranha, no qual apresenta um centro resistente e seus radiais com capacidade de reconstrução sem interromper a sua função. Dessa forma a distribuição pode ser identificada por setores de cabeamento. A Figura 38 apresenta a diferença da distribuição com a utilização da analogia, são identificados por “s” (setor) e “si” (setor interno) os locais para passagem do cabeamento.

Figura 38: Ensaio de distribuição proposto para microrredes

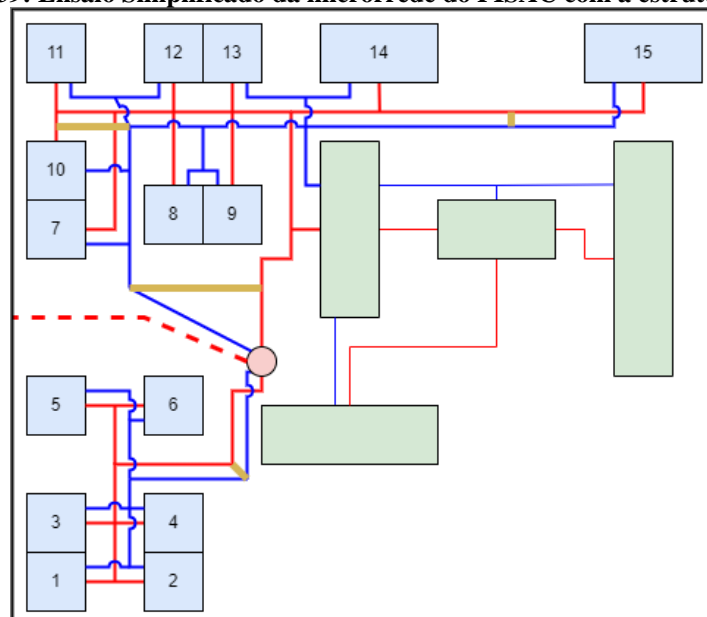


Fonte: Autor, 2022

É importante ressaltar que existe a necessidade de haver um controle contra curto-circuito na rede. Esse controle é requisitado pois com uma maior conexão e duplicação, existe a preocupação com curtos dentro da microrrede. Para a solução desse problema é necessário que existam equipamentos com a capacidade de manter aberto, ou fechar a conexão com outro setor definido da microrrede.

Para demonstrar esse ensaio aplicado, a Figura 39 apresenta a distribuição definida para o PISAC. As linhas em vermelho contínuo representam a distribuição comum e é considerada em setores divididos a cada nó. Em azul são representadas as conexões radiais, que interligam as diferentes unidades de maneira separada da distribuição comum, ela também é dividida a cada nó e é denominada “setor interno”. Cada unidade identificada possui um medidor único, com exceção das unidades em verde, que terão um único para as quatro unidades. Por fim é identificado por amarelo as conexões realizadas entre os setores interno e externo.

Figura 39: Ensaio Simplificado da microrrede do PISAC com a estrutura física.



Fonte: Autor, 2022

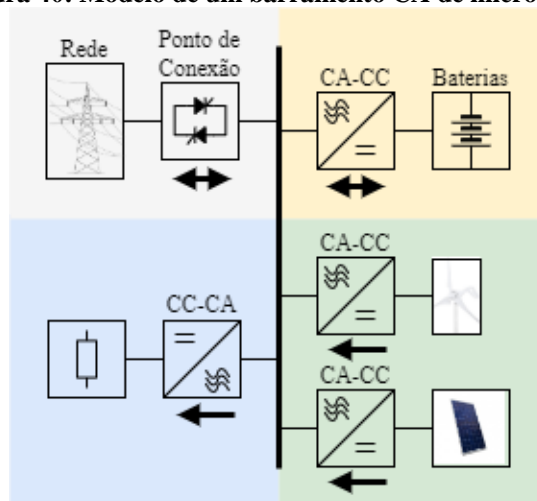
É importante que a microrrede possua uma quantidade adequada de conexões externa/interna dos setores, pois em casos de manutenção, ou desastres ambientais, os setores que não tenham sido atingidos, possam operar substituindo aqueles que foram afetados. Para a escolha adequada, deve-se seguir os critérios definidos para microrredes, por meio de um relatório das instalações físicas e ao redor das áreas em que estão instaladas, com o intuito de identificar possíveis anomalias como assoreamento, trincas, rachaduras nos dutos ou outro fator que possa causar a interrupção.

6.6. ESTRUTURA ELÉTRICA DA MICRORREDE PARA O PISAC

A estrutura elétrica de uma microrrede apresenta pontos importantes para o funcionamento, como a amplitude e frequência da tensão no barramento, além das potências ativas e reativas. Seja qual for a estrutura da microrrede estes fatores impactam o seu funcionamento e segurança da operação, dessa forma a aplicação de critérios para a qualidade da energia são obrigatórios.

A Figura 40 apresenta um modelo de estrutura elétrica para uma microrrede em Corrente Alternada (CA). Em verde estão representadas as fontes renováveis, que abastecem a microrrede em conjunto com a rede da concessionária identificada por cinza. Em amarelo é representado os sistemas de armazenamento e em azul as cargas que podem ser em Corrente Contínua (CC) ou em CA.

Figura 40: Modelo de um barramento CA de microrrede.



Fonte: Adaptado de CEZAR, 2017:15.

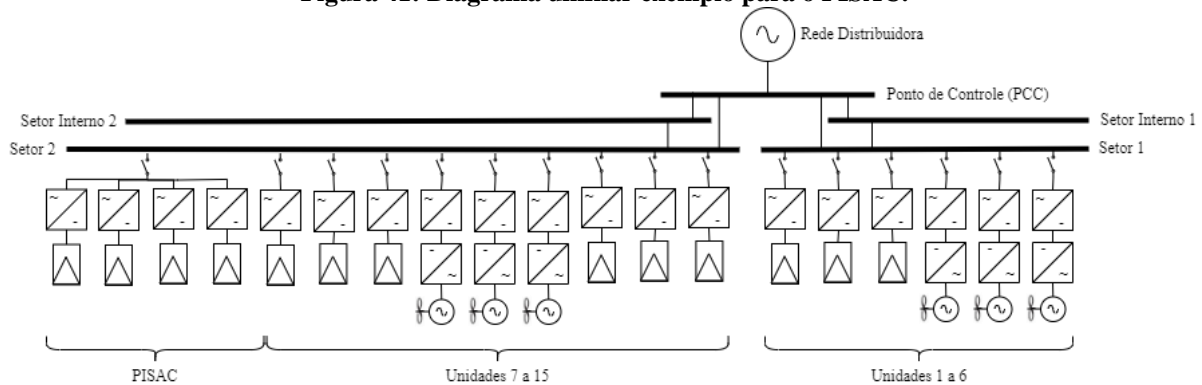
Ao considerar a estrutura elétrica, deve-se observar a estratégia de controle aplicada à rede, sejam essas o modo centralizado ou descentralizado. O modo centralizado funciona com um conversor que opera como fonte de tensão, enquanto os outros conversores operam como fontes de corrente, e apenas o conversor que opera como fonte de tensão é responsável pela tensão de saída.

O modo descentralizado, porém, usa todas as fontes como fontes de tensão em paralelo e nesse caso a corrente de saída é uma variável a ser controlada. Outro fator a ser considerado é a modo de operação das fontes renováveis, em que a microrrede é controlada pelo *microgrid central controller* (MGCC), mas as fontes devem ser controladas por *maximum power point tracking* (MPPT) (CEZAR, 2017).

O modo de operação é uma das definições a serem realizadas já na fase de planejamento e pré-projeto da microrrede, de maneira a configurar as necessidades do projeto, e sua especificação define outras etapas para o projeto da microrrede.

Para o exemplo do PISAC, a Figura 41 apresenta um esquemático do diagrama unifilar da microrrede. Neste ensaio são apresentadas as fontes fotovoltaica e eólica, no entanto é apenas uma representação, da qual podem ser alteradas a depender do termo de referência e das unidades.

Figura 41: Diagrama unifilar exemplo para o PISAC.



Fonte: Autor, 2022

Uma das diferenças de uma microrrede convencional para o aplicado neste ensaio, é a não utilização inicial de um banco de baterias, e sim de uma geração complementar. Essa geração consiste em uma fonte renovável que utilize de combustível, como exemplo biomassa ou o hidrogênio verde que ainda está em desenvolvimento técnico no Brasil, mas já aplicado em outros países como no Japão (IRENA, 2022). Essa geração complementar pode ser substituída por um banco de baterias, desde que siga os critérios para uma microrrede sustentável. A função da geração complementar está na manobra de operação de ilhamento, quando a microrrede se desconecta da rede da distribuidora, onde é responsável por manter a rede em funcionamento com uma energia extra, além das utilizadas nas unidades, que embora sejam renováveis, são fontes de energia que possuem uma intermitência na geração, e o banco de baterias ou a geração complementar estão para auxiliar.

É importante que para o funcionamento da microrrede em modo ilhado, que sejam definidas as unidades principais, ou seja, aquelas que devem ter o abastecimento de energia elétrica mantido em qualquer situação. Essas unidades devem ser identificadas e calculado a

quantidade de carga necessária para abastecer e manter as unidades em funcionamento com a utilização da geração complementar.

6.7. ESTRUTURA INTELIGENTE DA MICRORREDE PARA O PISAC

A estrutura inteligente é composta por todos os equipamentos que realizam o controle das operações da microrrede, assim como os sensores que realizam a leitura dos dados e os softwares que são responsáveis por apresentar os dados para o controlador.

Quanto aos equipamentos, é necessário que seja realizada a escolha de conversores, medidores e outros equipamentos que sejam capazes de informar em tempo real a quantidade e qualidade da energia que está sendo gerada, consumida e distribuída na microrrede.

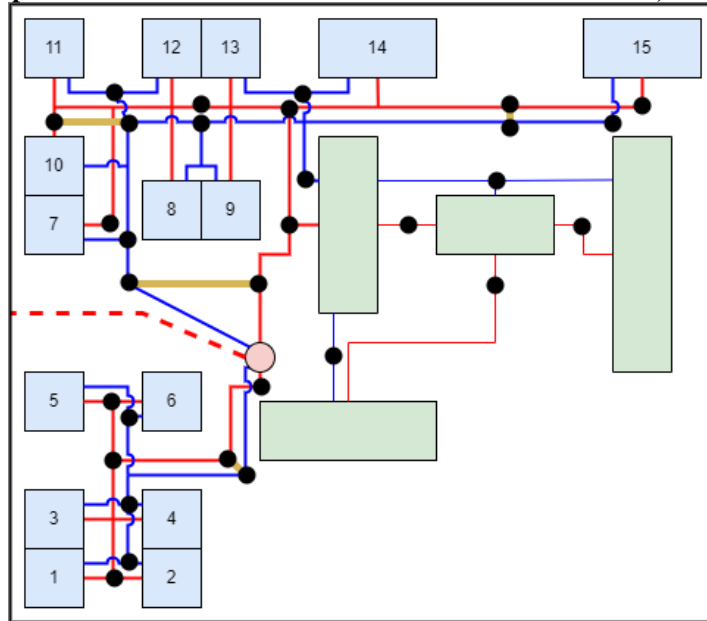
Os sensores devem ser colocados preferencialmente no início e fim dos setores definidos. Essa preferência é para a identificação de falhas e problemas em cada setor, de maneira a facilitar a identificação de onde foi encontrada a falha. Também é indicado que sensores sejam colocados nas unidades principais, dado a necessidade estabelecida no termo de referência de manter sempre elas com o abastecimento de energia definido.

Os equipamentos em geral que sejam utilizados para realizar manobras elétricas, como o fechamento/abertura de chaves e as operações conectada e ilhada, devem ter a capacidade de interagir com o software, de maneira a realizar a ação de maneira remota ou física.

Para integrar todos estes dados, é necessário o uso de um software que tenha a capacidade de coletar, armazenar, apresentar e salvar as informações dos sensores e equipamentos. Essas informações devem ser apresentadas em uma tela para o controlador responsável, além de possibilitar uma visualização mais simplificada para os usuários da microrrede.

Para o PISAC, a Figura 42 apresenta os pontos principais definidos para a colocação de sensores. É importante ressaltar que em cada unidade existe um conversor que também irá realizar a inteligência da rede, assim como o ponto de conexão e controle que é responsável por realizar o desligamento com a rede e o início da operação em modo ilhado.

Figura 42: Ensaio Simplificado da microrrede do PISAC com a estrutura física, elétrica e de inteligência.



Fonte: Autor, 2022

6.8. SINTESE ANALÍTICA

O ensaio demonstrado de uma microrrede que possua os critérios de inteligente, sustentável e resiliente foram apresentados e demonstrados com uma aplicação ao PISAC. É importante ressaltar que este é apenas um ensaio, que seja capaz de demonstrar na prática a utilização de alguns dos critérios definidos para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente com o intuito de definir diretrizes para a construção de um modelo.

Dos 35 critérios para as duas primeiras fases, planejamento e pré-projeto, 10 (dez) foram atendidos, sendo que três deles de forma parcial e 25 (vinte e cinco) critérios não foram aplicados por necessitarem de mais informações, especificações e tempo para a implementação como apresentado no Quadro 12.

Quadro 12: Critérios implementados no ensaio

Fase do Ciclo de Vida	Princípio	Critério	Implementado	Não Implementado	Observações
Planejamento	Levantamento de requisitos	Levantamento de necessidades de	O	!	Realizada a identificação básica do local de implantação, não foram levantadas as necessidades do cliente
		Levantamento de demanda e potencial energético	X	O	Não foi levantado o consumo de cada unidade
		identificar Equipamentos Principais	O	!	Foram levantados os equipamentos principais, no entanto não foi escolhido o modo de controle da microrrede
	Cadeia Produtiva	Fornecedores	O	X	Identificados os principais fornecedores e a sua localização
	Requisitos Gerais para geração de energia elétrica	Geração de Energia Elétrica nas unidades	O	X	TODAS as unidades foram consideradas geradoras
		Geração de energia elétrica complementar	X	O	Preferiu-se deixar a geração complementar como ponto a ser acrescentado
	Estrutura da microrrede	Geração com fontes sustentáveis	O	X	Foi definido a geração por fotovoltaica e eólica de eixo vertical
	Design da Microrrede	O	X	Foi definida a estrutura física e a divisão por setores internos e externos	

		Sensores	O	X	Foi definido que os sensores e medidores farão a análise das variáveis relacionadas a qualidade da energia elétrica
		Unidades Prioritárias	!	X	Não foi definidas as unidades prioritárias, pois representam uma das necessidades do cliente, como definido no critério 1.1.1.
	Viabilidade	Técnica	O	X	O levantamento resultou em equipamentos que ainda estão em desenvolvimento industrial para venda.
		Econômica	X	O	
	Gestão	Disciplinas	X	O	
Elaboração do Planejamento		X	O		
Pré-projeto	Escolha de Materiais	Sustentabilidade	X	O	
		Sustentabilidade nos equipamentos utilizados	X	O	
		Durabilidade	X	O	
		Eficiência Energética	X	O	
		Adoção de equipamentos livres de substâncias perigosas	X	O	
	Soluções para Geração de Energia Elétrica	Geração de Energia Elétrica nas unidades	X	O	
		Geração de energia elétrica complementar	X	O	
	Estrutura da Microrrede	Design da Microrrede	O	X	Foram definidos e apresentados a divisão dos setores, porém sem nomeá-los
		Escolha e localização dos Sensores	O	X	Foram definidos os pontos principais de medição e sensoriamento da microrrede, cada um dos pontos definidos seguiu cada uma das unidades e cada um dos nós entre a rede externa e interna e nos nós de distribuição para as unidades
		Quantidade de energia para Unidades Prioritárias	X	O	
	Automação - Sensoriamento	Sensoriamento da Geração	X	O	
		Sensoriamento da Distribuição	X	O	
		Equipamentos e Sensores de operação ilhada	X	O	
	Automação - Softwares	Manobras da rede elétrica	X	O	
		Armazenamento de Dados	X	O	
		Visualização	X	O	
		Integração	X	O	
	Viabilidade	Técnica	X	O	
		Econômica	X	O	
	Gestão	Elaboração do Pré-projeto	X	O	
		BIM	X	O	

Fonte: Autor, 2022

Para a identificação e caracterização da área do PISAC, foram apresentados dados da estação A001 coletados em 2020 e 2021 e do atlas solarimétrico que apresentam um bom potencial para a produção de energia fotovoltaica e eólica, com a ressalva da necessidade de realizar a coleta de dados e um histórico sobre ventos na região específica, dado que a estação de análise se encontra a 7 km de distância em linha reta.

Ao considerar a estrutura física, é apresentada a necessidade de um monitoramento contínuo que apresente a situação dos equipamentos, rede e das áreas ao redor das instalações, com o intuito de identificar de forma prévia possíveis falhas ou troca de itens.

Um fator identificado que apresenta grande importância em ser descrito durante toda a implantação da microrrede é sobre os custos agregados da implantação. Os equipamentos existentes no mercado que possuem características inteligentes ainda são uma tecnologia nova, o que pode encarecer o valor final do projeto, como identificado na cadeia produtiva da geração de energia elétrica (CPGEE).

Por fim, é importante ressaltar que para a realização de um projeto de microrrede, várias áreas de conhecimento precisam atuar de maneira conjunta no planejamento, pré-projeto, projeto e operação. A necessidade de áreas como: arquitetura, para o desenvolvimento do projeto, especificações, memoriais e termo de referência; engenharia civil, para cálculos estruturais e definição de pontos de vulnerabilidade estrutural; engenharia elétrica, para a definição dos nós e variáveis elétricas como frequência, corrente, tensão entre outros; engenharia de energia, para as especificação e planejamento das fontes, equipamentos, homologação junto a concessionária ou ANEEL, assim como atuar como controlador do sistema e realizar o monitoramento do sistema como um todo.

7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo geral deste trabalho foi elaborar um conjunto critérios para uma microrrede que possua os atributos de inteligente, sustentável e resiliente e apresentar um ensaio realizado na Praça de Protótipos do PISAC. Acredita-se que ele foi cumprido, e com intuito de descrever, os feitos serão apresentados.

Como primeiro objetivo específico, esse trabalho apresentou a fundamentação teórica dos termos: inteligente, sustentável e resiliente dos quais apresentam diversas conotações e evolução como os termos sustentabilidade e resiliência, que ainda apresenta discussões, dado o termo resiliência ter seu berço na sustentabilidade. Outro ponto identificado é dado que o termo resiliência apresenta conotação para o sistema e para a infraestrutura, de forma em que ainda não é bem definido. Dessa forma foi elaborado o quadro de fundamentação, no entanto apresenta-se essa dificuldade de se definir um termo que ainda é novo para a aplicação na área da engenharia.

Para trabalhos futuros indica-se a melhor definição do conceito de resiliência agregando a resiliência de um sistema de energia elétrica e a resiliência dos equipamentos e infraestrutura do sistema de energia elétrica.

O segundo objetivo específico é a identificação e caracterização da cadeia produtiva dos equipamentos de distribuição com inteligência e das fontes de geração fotovoltaica e eólica de eixo vertical. foi possível identificar que o Brasil possui empresas que podem suprir as necessidades. No entanto, constatou-se que maioria dos equipamentos que possuem inteligência agregada ainda estão em fase de desenvolvimento industrial, assim poucos são apresentados no mercado. Ao considerar as duas fontes de geração, tanto a cadeia produtiva da fotovoltaica como a da eólica apresentaram poucos fabricantes no Brasil, mas sim várias montadoras ou revendedoras dos painéis ou das turbinas.

Para trabalhos futuros indica-se que por ter sido realizado apenas o levantamento de duas fontes, essa CP possui outras diversas fontes consideradas sustentáveis que podem ser incluídas no estudo para apresentar um panorama com melhor visão do todo. O banco de dados estudado apresentou como ponto principal as atividades classificadas pelo IBGE, no entanto estas abordam atividades secundárias, como exemplo os serviços de engenharia, que engloba de instalação elétrica a cálculo estrutural. Para trabalhos futuros, a realização de uma pesquisa amostral com os dados levantados pode gerar um erro estatístico que diminua a generalização aplicada. Por falta de dados que façam a conexão de CEP com latitude e longitude, o banco apresenta apenas a localização referente ao município em que a empresa reside. Ao considerar esta generalização, indica-se um estudo refinado que apresente as localidades exatas das

empresas assim a possibilitar uma análise mais precisa dos caminhos de deslocamento de materiais, componentes, elementos e serviços.

O terceiro objetivo específico foi a elaboração do conjunto de critérios para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente. Os critérios foram elaborados baseado em outros requisitos e em aprendizagens obtidas durante a atuação como pesquisador Jr. E nas disciplinas ofertadas pelo curso. O conjunto foi elaborado e avaliado por especialistas na elaboração de *scorecard*, no entanto enxerga-se a necessidade de novas rodadas de avaliação e teste, devido ao tempo exíguo não foi possível realizar mais rodadas.

Para trabalhos futuros, indica a consolidação dos critérios desenvolvidos, indica-se uma aplicação em campo com teste de todos os critérios além de outras rodadas com especialistas de diversas áreas para a avaliação e validação dos critérios como uma ferramenta de implantação.

O quarto objetivo específico foi a elaboração de um ensaio onde foram aplicados o conjunto de critérios. O ensaio, no entanto, pode avaliar apenas as duas primeiras fases do ciclo de vida da microrrede, o planejamento e pré-projeto. Embora o ensaio apresente uma estimativa otimista, é importante realizar os levantamentos de potencial no local de implantação, assim como aplicar os critérios até a fase de operação, para uma melhor validação.

Para trabalhos futuros, indica-se a elaboração de diretrizes a partir do ensaio realizado, para a construção de um modelo, que possa ser reproduzido.

De modo geral o objetivo geral apresentado de elaborar critérios par uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente foi atendido, de maneira em que foram identificados como dificuldades:

- o tempo;
- definir o termo resiliência;
- os equipamentos de dizem apresentar inteligência, mas na verdade fazem apenas a medição e envio dos dados,
- maturação dos critérios;
- e a construção de um modelo de aplicação;

Indica-se para trabalhos futuros a realização de todos os cálculos e aplicações necessárias para a produção real de uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente e a análise da viabilidade econômica da microrrede, onde para esta indica-se a verificação tanto da cadeia produtiva como o tipo de tecnologia que se deseja ser aplicada. Também se indica a

realização de um fórum com a cadeia produtiva, para uma melhor visão do mercado e dos produtos oferecidos.

De modo geral, pode-se concluir que o objetivo de desenvolver uma ferramenta com critérios para uma microrrede inteligente, sustentável e resiliente foi alcançado, e o ensaio desenvolvido para o PISAC apresenta a possibilidade de implantação deste projeto.

8. BIBLIOGRAFIA

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cidades Inteligentes: Oportunidades e Desafios para o Estímulo ao Setor no Brasil**. Relatório Técnico, Brasília, DF, n. 5, p. 1-48, 2018.

ABDI. home: **Sobre**. 3 jun. 2021. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/sobre>. Acesso em: 14 set. 2021.

ABEEOLICA. home: **Atuação**. 3 jun. 2021. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/atuacao/>. Acesso em: 14 set. 2021.

ABIMAQ. home: **A ABIMAQ**. 3 jun. 2021. Disponível em: <http://abimaq.org.br/a-abimaq>. Acesso em: 14 set. 2021.

ABNT. NBR 13.531: **Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira De Normas, 1995.

ABNT. NBR 13.532: **Elaboração de Projetos de Edificações – Arquitetura**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira De Normas, 1995 (2).

ABNT. NBR ISO 37.123: **Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades resilientes**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira De Normas, 2019.

ABSOLAR. home: **Quem Somos**. 3 jun. 2021. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/quem-somos/>. Acesso em: 14 set. 2021.

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. **Distributed generation: a definition**. Revista, Electric power systems research, v. 57, n. 3, p. 195-204, 2001.

ACKOFF, Russell L. **Creating de Corporate Future: Plan or be Planned for**. Revista, John Willey & Sons, Nova York 1981.

ALBERTI, M.; MARZLUFF, J. M.; SHULENBERGER, E.; BRADLEY, G.; RYAN, C.; ZUMBRUNNEN, C. **Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems**. Revista, Bioscience, v. 53, n. 12, p. 1169-1179, 2003.

ALBRECHT, C. M.; BACKHAUS, C.; GURZKI, H.; WOISETSCHLÄGER, D. M. **Value Creation for Luxury Brands through Brand Extensions¹**. Revista, Luxusmarkenmanagement Springer Fachmedien Wiesbaden, v. 35, n. 2, p. 261-283, 2017.

ALLWINKLE, S.; CRUICKSHANK, P. **Creating smart-er cities: an overview**. Revista, Urban Technology, v. 18, n. 2, p. 1-16, 2011.

AMARANTE, O.A.C.; ZACK, B.; ZACK, J.; SÁ, A.L. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. 2001.

ANEEL, **Resolução Normativa nº 674** de 11 de agosto de 2015. Estabelece os requisitos e procedimentos necessários à obtenção de outorga de autorização para exploração e à alteração da capacidade instalada de centrais geradoras Eólicas, Fotovoltaicas, Termelétricas e outras fontes alternativas e à comunicação de implantação de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida. DOU, s. 1, p. 46, 2020.

ANEEL, **Resolução Normativa nº 876** de 18 de agosto de 2020. Aprova a revisão do Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico - MCPSE, a ser utilizado por concessionárias, permissionárias e autorizadas de energia elétrica, e revoga, a partir de 01.01.2016, as Resoluções Normativas ANEEL 367, de 02.06.2009 e a 474, de 07.02.2012. DOU, s. 1, p. 82, 2015.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 956, de 7 de Dezembro de 2021**. Estabelece os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, revoga as Resoluções Normativas nº 395, de 15 de dezembro de 2009; nº 424, de 17 de dezembro de 2010; nº 432, de 5 de abril de 2011 e dá outras providências. Brasil, 2021.

ANEEL. Procedimentos de Distribuição. **Módulo 8–qualidade da energia elétrica**. Agência Nacional de Energia Elétrica–ANEEL, 2010.

BATALHA, M.O. **Gestão Agroindustrial**. Vol I. Editora Atlas: São Paulo, 2001

BEER, Ferdinand Pierre; JOHNSTON, Elwood Russell. **Resistência dos materiais**. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.

BERMAN. Marshall. **Tudo que é sólido desmancha no ar: a aventura da modernidade**. Tradução: Carlos Felipe Moisés, Ana Maria L. Ioriatti. Edição de bolso. São Paulo: Cia das Letras, 2007.

BERTALANFFY, Von L. **General System Theory Foundations, Development, Applications**. Nova York: George Braziller. 9. Nova York. 1968. ISBN 978-0807604533.

BIBRI S.E.; KROGSTIE J. **A Novel Model for Data-Driven Smart Sustainable Cities of the Future: A Strategic Roadmap to Transformational Change in the Era of Big Data**. Revista, Future Cities and Environment, v. 7, n. 1, 2021.

BLUMENSCHNEIN, R.N. **A Sustentabilidade Na Cadeia Produtiva Da Indústria Da Construção**, UnB, CDS, Doutorado Em Política E Gestão Ambiental, Brasília, 2004.

BOWMAN, D. et al. **Fire in the Earth System**. Revista, Science, v. 324, n. 24, 2009.

BRASIL, CASA CIVIL. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM. Acesso em: 6 set. 2021.

BRASIL, CASA CIVIL. **Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009**. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nos 4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória no 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11977.htm. Acesso em: 6 ago. 2021.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira: Oferta e Demanda de Energia Instalações Energéticas Energia no Mundo**. Ed 9, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/ResenhaEnergeticaExercicio2020final.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021

BRASIL, RECEITA FEDERAL BRASILEIRA. **Instrução Normativa nº 1.863, de 27 de Dezembro de 2018**. Dispõe sobre o Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ), [S. I.], 28 dez. 2018. Disponível em: <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/instrucao-normativa-rfb-1863-2018.htm>. Acesso em: 6 jun. 2021.

BRASIL. Constituição Federal. **Da organização do estado: Da organização político-administrativa**. Brasília, 1988.

BRASIL. DOU nº 21, de 6 de novembro de 2013. **Imposto sobre a Renda de Pessoa Jurídica - IRPJ**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 37. 2013.

BRASIL. **Resolução nº 15, de abril de 2021 do CNPE.** Determina a realização de estudos para proposição de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio. Brasília: DOU Diário Oficial da União. Publicado no DOU de 17 de maio de 2021.

BRASIL. **Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006.** Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte; altera dispositivos das Leis no 8.212 e 8.213, ambas de 24 de julho de 1991, da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1º de maio de 1943, da Lei no 10.189, de 14 de fevereiro de 2001, da Lei Complementar no 63, de 11 de janeiro de 1990; e revoga as Leis no 9.317, de 5 de dezembro de 1996, e 9.841, de 5 de outubro de 1999. [S. 1.], 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp123.htm. Acesso em: 6 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996.** Regulamento Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. [S. 1.], 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19427cons.htm. Acesso em: 18 set. 2021.

CÂMARA, G; CARVALHO, M.S. **Análise Espacial De Eventos.** In: Análise espacial de dados geográficos. DRUCKS, S et al. Brasília, EMBRAPA, 2004.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. **Smart cities in Europe.** Research Memoranda Series 0048 VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics. Revista Urban Technol, v. 18, 2009.

CARVALHO, J.F. **Energia e Sociedade.** Revista, Estudos avançados, v. 28, n. 82, 2014

CASTRO, R.M.G. **Introdução à energia fotovoltaica.** DEEC/Seção de Energia Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico, 2002.

CAVALCANTE, Z.V.; SIQUEIRA, M.L.S. **A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia.** VII Encontro Internacional de Produção Científica. 25 a 28 de Outubro de 2011.

CESAR, Eduardo Lenz. **Modelagem e Análise da Dinâmica de Microrredes de Distribuição de Energia Elétrica.** 2017. Doutorado em Engenharia de Automação e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

CHENG, Z.; WEN, T.R; ONG, M.C.; Wang, K. **Power performance and dynamic responses of a combined floating vertical axis wind turbine and wave energy converter concept.** Revista, Energy, v. 171, p. 190-204, 2019.

CHICHILNISKY, G. **An axiomatic approach to sustainable development.** Revista, Social Choice and Welfare, v. 13, n. 2, p. 231-257, 1996.

CIPOLLA, C. M. **The economic history of world population.** s. l.: Pelican Books, 1964.

COELHO, Roberto Francisco et al. **Concepção, análise e implementação de uma microrrede interligada à rede elétrica para alimentação ininterrupta de cargas CC a partir de fontes renováveis.** 2013.

COELHO, T. A. S; FERREIRA, M. C. **Densidade Kernel E Análise Espacial Das Áreas Com Risco De Alagamento No Município De São Paulo.** VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, n. IV, p. 24-30, 20 set. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Ferreira-19/publication/335589948_densidade_kernel_e_analise_espacial_das_areas_com_risco_de_alagamento_no_municipio_de_sao_paulo/links/5d6ed083299bf16522f30d27/densidade-kernel-e-analise-espacial-das-areas-com-risco-de-alagamento-no-municipio-de-sao-paulo.pdf. Acesso em: 6 jun. 2021.

- CONCLA, Comissão Nacional De Classificação. **Divisão politico-administrativa e regional**. Sítio, IBGE Cidades. 2021. Disponível em: Divisão politico-administrativa e regional. Acesso em: 23 jun. 2021.
- CRESESB. **Energia Solar: Princípios e Aplicações**. CRESESB, Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf. Acesso em: 3 jun. 2021.
- DAWLEY, S.; PIKE, A.; TOMANEY, J. **Towards the Resilient Region?** Revista, Local Economy, v. 25, n. 8, p. 650-667, 2010.
- DÓREA, C.R.D. **A arquitetura escolar como objeto de pesquisa em História da Educação**. Revista, Educar em Revista, n. 49, p. 161-181, 2013.
- DOVERS, S.R.; HANDMER, J.W. **Uncertainty, sustainability and change**. Revista, Global Environmental Change, v. 2, n. 4, p. 262-276, 1992.
- DUTTA, S. **The Global Innovation Index 2011: accelerating growth and development**. Institut européen d'administration des affaires. Fontainebleau, Paris, 2011.
- ELKINGTON, J. **Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development**. Revista, California Management Review, v. 36, n. 2, p. 90-100, 1994.
- EMMERICH, S.J.; PERSILY, A.K. **Analysis of US commercial building envelope air leakage database to support sustainable building design**. Revista, International Journal of Ventilation, v. 12, n. 4, p. 331-344, 2014.
- FAERMAN, H.; FREIRE, W. **Brasil pode ser hub de exportação de hidrogênio**. Canal Energia, 2020. Disponível em: <https://canalenergia.com.br/especiais/53146389/brasil-pode-ser-hub-de-exportacao-dehidrogenio>. Acesso em: 08 de setembro de 2021.
- FARINA, E.M.M.Q. **Cadeia produtiva do leite: Situação atual e perspectivas do mercado**. In: Assis, Airdem Gonçalves de; Novaes, Luciano Patto; Brito, José Renaldi Feitosa; Oliveira, Jackson Silva e; Santos, Carlos Alberto dos; Gomes, Sebastiao Teixeira (eds.). Simposio Internacional o Futuro dos Sistemas de Produção de Leite no Brasil (1996, Juiz de Fora, Brasil). Anais. 1996.
- FERIGATO, Evandro; DA SILVA, Djalma Donizetti C. **Os Modais De Transporte De Carga No Brasil**. RECIMA21. Revista Científica Multidisciplinar. v. 2, n. 2, p. 278-298, 2021. ISSN 2675-6218.
- GAGLIANO, A.; NOCERA, F.; TINA, G. **Performances and economic analysis of small photovoltaic–electricity energy storage system for residential applications**. Revista, Energy & Environment, v. 31, n. 1, p. 155-175, 2020.
- GIFFINGER, R.; FERTNER, C.; KRAMAR, H.; KALASEK, R.; PICHLER-MILANOVIC, N.; MEIJERS, E. **Smart cities-ranking of european medium-sized cities**. Relatório Técnico, Vienna University of Technology. 2007.
- GIL, António Carlos. **Métodos E Técnicas De Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- GÓES, R. **Manual Prático da Arquitetura Hospitalar**. São Paulo. Editora, Edgar Blucher, 2004.
- GOLDBERG, R.A. **Agribusiness coordination: a systems approach to the wheat, soybean and Florida orange economies**. Division of research. Graduate School of Business Administration. Boston, Harvard University, 1968.

GONÇALVES, C. **Regiões, cidades e comunidades resilientes: novos princípios de desenvolvimento**. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 9, p. 371-385, 2017.

GSC. home: **Who we are**. 3 jun. 2021. Disponível em: <https://www.globalsolarcouncil.org/pages/who-we-are/>. Acesso em: 14 set. 2021.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. **Bibliometria**: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. Encontro Nacional De Ciência Da Informação, Salvador, v. 6, n. 1, p. 1-18, 2005.

GUIMARÃES, R.D. **A Geração Distribuída no Brasil e seus Impactos sobre o Setor de Distribuição**. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio De Janeiro, 2020.

HAUBER, AMARO E OLIVEIRA. **O Pensamento Sistêmico E Complexo**. [Online] 2016. http://www.sbdg.org.br/web/site/wp-content/uploads/2016/09/Pensamento-Sistemico-e-Complexo_19012017.pdf .

HÉMERY, D.; DEBEIR, J.C.; DÉLEAGE, J.P. **Uma história da energia**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1991

HENRI, L. **The Production of Space, trans**. Traduzido por, Donald Nicholson Smith. Oxford: Basil Blackwell, v. 199, p. 33, 1991.

HOBBSAWM, Eric J. **A era das revoluções: 1789-1848**. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2010.

HOLLING, C.S. **Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems**. Revista, Ecosystems, v. 4, n. 5, p. 390-405, 2001.

HUTCHINS, D.A.; BRULAND, K.W. **Iron-limited diatom growth and Si: N uptake ratios in a coastal upwelling regime**. Revista, Nature, v. 393, n. 6685, p. 561-564, 1998.

IBGE. **Atlas Geográfico Brasileiro**. IBGE, Rio de Janeiro, ed. 4, 2007.

IBGE. Censo Demográfico. **Tabela 185 – Domicílios particulares permanentes por situação e número de moradores**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. ISBN 9786587201399. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101776>.

INPE. LABREN, Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Ed. 2, São Paulo, 2017.

IRENA, International Renewable Energy Agency. **Enabling Measures Roadmap for Green Hydrogen**. Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2021/Nov/Enabling_Measures_Roadmap_for_Green_H2_Jan22_Vf.pdf?la=en&hash=C7E5B7C0D63A0A68C704A019CE81D1B6AA5FBD75 Acesso em: maio, 2022.

JACOMY, B. **Une histoire des techniques**. Paris: Seuil, 1990

KARAGIANNIS, Georgios Marios et al. **Power grid recovery after natural hazard impact**. Joint Research Center: European Union, 2017.

KUNSTLER, J. H. **La fin du pétrole – Le vrai défi du XXIe siècle**. Paris: Plon, 2005

KWIATKOWSKI, J. **New generation, new needs—the resilient city versus the sustainable city**. Revista, Global Change IGBP, p. 31-43-31-43, 2018.

- LASSETER, R.; PAIGI, P. **Microgrid: a conceptual solution**. In: Annual Power Electronics Specialists Conference – PES, 35., 2004, Aachen, Germany. Proceedings... New York: IEEE, 2004. v. 6, p. 4285-4290.
- LAVEDAN, P. **Qu'est-ce que l'urbanisme?** Paris: Laurens. 1926.
- LAVEZZO, C.A.L. **Fontes de Energia**. Revista, Revista Eletrônica Gestão em Foco, UNIFIA. Amparo, SP. 2016.
- LAVEZZO, César A. L. **Fontes De Energia**. Gestão em Foco, Amparo, SP, p. 1-50, 20 set. 2021. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/012_fontes_energia.pdf. Acesso em: 23 jul. 2021.
- LESNE, A. **Robustness: confronting lessons from physics and biology**. Revista, Biological Reviews, v. 83, n. 4, p. 509-532, 2008.
- LIU, M.; JOHNSTON, M.B.; SNAITH, H.J. **Efficient planar heterojunction perovskite solar cells by vapour deposition**. Revista, Nature, v. 501, n. 7467, p. 395-398, 2013.
- LOTKA, A. J. **The frequency distribution of scientific productivity**. Revista, Washington Academy of Sciences, v. 16, n. 12, 1926.
- MAHIZHNAN, A. **Smart cities: the Singapore case**. Revista, Cities, v. 16, n. 1, p. 13-18, 1999.
- MAKINO, H. **Japan, the new Hydrogen nation**. Reportagem, Switzerland Global Enterprise, 2020.
- MALHEIROS, M.A.; HÖFLER, C.E.; PATIAS, J. **Cadeia Produtiva da Ovinocultura: uma Análise sob a Ótica dos Produtores**. Revista, Agronegócio e Meio Ambiente, v. 10, n. 2, p. 371-394, 2017.
- MAREI, M.I.; SOLIMAN, M.H. **A coordinated voltage and frequency control of inverter based distributed generation and distributed energy storage system for autonomous microgrids**. Revista, Electric Power Components and Systems, v. 41, n. 4, p. 383-400, 2013.
- MARIANO, A. M.; AMORAS, R. C.; MALTA, M. S.; ROCHA, M.; BORGES, S. **10 anos de Logística e Transporte: Aplicação da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR. 2017
- MARIN, Luiz G. **Análise Integral de Rotores Eólicos Verticais Através da Modelagem por Tubos de Corrente**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016
- MARTINS, Joberto; CALHAU, Flávio; NASCIMENTO, Flávia; MARTINS DA SILVA BEZERRA, Romildo. **Smart Grids: Características, Requisitos e Perspectivas**. 2014.
- MELO, N. B. de et al. **Indícios de incentivos ao income shifting por meio de transfer price nas empresas da zona franca de manaus**. Revista Ambiente Contábil-Universidade Federal do Rio Grande do Norte-ISSN 2176-9036, v. 10, n. 2, p. 44-67, 2018.
- MENDONÇA, Lucas Paulis. **Introdução às Microrredes e seus Desafios**. Monografia em Engenharia Elétrica – Colegiado do Curso de Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- MORVAN, Y. **Foudements d'economie industrielle**. Revista, Economica. Paris, 1988.
- NAM, T.; PARDO, T.A. **Smart city as urban innovation: Focusing on management, policy, and context**. Conferência internacional, Proceedings of the 5th international conference on theory and practice of electronic governance, p. 185-194. 2011.

- NARCISO, C.A.F. **Espaço Público**: ação política e práticas de apropriação. Conceito e procedência. Revista, Estudos e Pesquisas em Psicologia, UERJ, RJ, 265-291, 2009.
- NOORI, N.; HOPPE, T.; DE JONG, M. **Classifying pathways for smart city development**: comparing design, governance and implementation in Amsterdam, Barcelona, Dubai, and Abu Dhabi. Revista, Sustainability, v. 12, n. 10, p. 4030, 2020.
- O'REGAN, B.; GRÄTZEL, M. **A Low-Cost, High-Efficiency Solar Cell Based on Dye-Sensitized Colloidal TiO₂ Films**. Revista, Renewable Energy. Routledge, p. 208-213, 2018.
- ONU. Cidades e comunidades sustentáveis: Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. In: **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 27 abr. 2022.
- ONU. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030**. Sendai, Japão. 2015.
- PASSOS, E. A. S.; FRAGOSO, M. R. **Estudo Da Viabilidade Econômica De Uma Usina Heliotérmica Com Armazenamento De Energia**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], 2020. Disponível em: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Acesso em: 5 jun. 2021.
- PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; POUT, C. **A review on buildings energy consumption information**. Revista, Energy and buildings, v. 40, n. 3, p. 394-398, 2008.
- PICKETT, S.T.A.; CADENASSO, M.L.; GROVE, J.M. **Resilient cities**: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. Revista, Landscape and urban planning, v. 69, n. 4, p. 369-384, 2004.
- POMILIO, José A.; OTA, João I.Y.; AMEZQUITA, Juan C.L.; FERREIRA, Danúsia A.; QUADROS, Rodolfo. **Projeto Merge: Microrredes Eficientes, Resilientes e Sustentáveis**. In: Campus Sustentável: Um modelo de inovação em gestão energética para a América Latine e o Caribe. UNICAMP, 2021.
- RAMOS, C. et al. **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. SEBRAE, Brasília, DF, p. 364, 2018.
- RAMOS, Camila et al. **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Sebrae: Brazilian, Brazil, p. 364, 2018. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/estudo%20energia%20fotovoltaica%20-%20baixa.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2021.
- RATES, B. et al. **Cadeia de Valor da Energia Eólica no Brasil**. SEBRAE, Brasília, DF. p. 206, 2017
- RIBEIRO, Nívea dos Santos Bezerra. **Energia solar fotovoltaica: organização atual do mercado mundial**. 2018. 31 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Relações Internacionais) Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- RODRIGUES, Israel Resende Alves. **Estudo de Proteção Elétrica de uma Microrrede Baseada na Rede de 34 barras do IEEE**. 2017.
- ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. **Cidades para um pequeno planeta**. 1 ed. 6ª reimpressão. São Paulo: G. Gili, 2013
- ROUSSEAU, B.; ROUSSEAU, R. **Percolation as a model for informetric distributions: fragment size distribution characterized by Bradford curves"**. Revista, Scientometrics, v. 47, p. 195- 206, 2000.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Editora Garamond, 2000.

SEBRAE. **Cadeia de Valor da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil, Projeto Plataforma**. Brasília DF, 2018. <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/estudo%20energia%20fotovoltaica%20-%20baixa.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2021.

SENHORAS, Elói M.; MOREIRA, Fabiano; VITTE, C. de C. S. **A agenda exploratória de recursos naturais na América do Sul**: da empiria à teorização geoestratégica de assimetrias nas relações internacionais. Encontro Internacional De Geógrafos De América Latina, v. 12, 2009. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geopolitica/16.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2021.

SILVA, J.H.; ARAÚJO, C.M.; MARTINS, P.C.; TERRON, S.L. **Divisão político-administrativa**: o município como célula básica de controle da informação territorial. Simpósio, III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju, SE, p. 1-4, 2006.

SILVA, M.M.F. **Tentativa de Classificação das Cidades Brasileiras**. Revista, Revista Brasileira de Geografia. IBGE, n. 3, p. 283-316, 1946. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201946%20v8_n3.pdf, Acesso em: 3 jun 2021.

SILVEIRA, D.T.; CORDOVA, F.P.; BUENO, A.L.M. **Tecnologias de informação e comunicação**. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 91-96, 2009.

SORDI, A.O.; MANFRO, G.G.; HAUCK, S. **O conceito de resiliência**: diferentes olhares. Revista brasileira de psicoterapia. Porto Alegre. Vol. 13, n. 2, p. 115-132, 2011.

SORDI, A.O.; MANFRO, G.G.; HAUCK, S. **O conceito de resiliência**: diferentes olhares. Revista brasileira de psicoterapia. Porto Alegre. Vol. 13, n. 2, p. 115-132, 2011.

SOUZA, Andréa de; GUERRA, Jorge Carlos Correa; KRUGER, Eduardo Leite. **Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico**. Revista Tecnologia e Sociedade, 2011.

TAVEIROS, F.E.V. **Sistema de Conversão de Energia Eólica Baseado no Gerador de Indução Duplamente Alimentado**: Análise e Contribuição ao Controle da Máquina. Orientador: Prof. Dr. Flávio Bezerra Costa. 2014. 120 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2014.

TURIN, D. A. **What Do We Mean By Building?** London: Aula Inaugural, University College London, 14th February 1966. Acesso em 01 jun. 2020.

WEISMAN, M.L.; KLEMP, J.B. **The dependence of numerically simulated convective storms on vertical wind shear and buoyancy**. Revista, Monthly Weather Review, v. 110, n. 6, p. 504-520, 1982.

WIRTH, L. O urbanismo como modo de vida. In VELHO, O.G. **O fenômeno urbano**. Rio de Janeiro: Guanabara. 1987.

YU, E.; KIM, J. **The relationship between self-city brand connection, city brand experience, and city brand ambassadors**. Revista, Sustainability, v. 12, n. 3, p. 982, 2020.

ZHOU, X; GUO, T; MA, Y. **An overview on microgrid technology**, 2015 - IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), 2015.

ZYLBERGSZTAJN, D. **Conceitos gerais, evolução e apresentação do sistema agroindustrial**. Revista, Economia & gestão dos negócios agroalimentares. São Paulo: Pioneira, 2000.

APÊNDICE

APÊNDICE I: Itens presentes em uma cidade inteligente.

Caracterização dos Itens presentes em uma Cidade Inteligente		
<p>1. Telecentros;</p> <p>2. Página Internet Interativa</p> <p>3. Rede de Fibra Ótica Interligando Prédios Públicos;</p> <p>4. Sistema Integrado de Gerenciamento de Projetos;</p> <p>5. Sistema de Suporte ao Planejamento Estratégico;</p> <p>6. Prédios Públicos com acesso Internet WIFI;</p> <p>7. Sistema de informações para Cidadãos;</p> <p>8. Sistema de informação para Empresários;</p> <p>9. Sistema de informação para Turistas;</p> <p>10. Sistema de informação para Organizações Sociais;</p> <p>11. Acesso internet em espaços Públicos;</p> <p>12. Sistema de Gestão da Educação;</p> <p>13. Sistema de Gestão de Ativos;</p> <p>14. Sistema de Gestão da Saúde;</p> <p>15. Sistema integrado de gestão de águas e esgotos;</p> <p>16. Sistema integrado de gestão de resíduos e rejeitos;</p> <p>17. Sistema de zeladoria interativo;</p>	<p>18. Informatização das Escolas Públicas;</p> <p>19. Reserva e acompanhamento de matrícula Escolar;</p> <p>20. Agendamento de Consultas e Exames;</p> <p>21. Sistema de Educação à Distância;</p> <p>22. Conteúdo de informação técnica e profissional;</p> <p>23. Sistema de Gestão da Educação integrado à gestão da Saúde;</p> <p>24. Sistema de Telemedicina;</p> <p>25. Sistema de Georreferenciamento;</p> <p>26. Rede de sensores de áreas e locais públicos;</p> <p>27. Rede de sensores meteorológicos;</p> <p>28. Câmeras digitais de vigilância;</p> <p>29. Monitoramento de vias públicas e semáforos inteligentes;</p> <p>30. Monitoramento de localizações e deslocamento de viaturas;</p> <p>31. Cercamento eletrônico;</p> <p>32. Centro integrado de operação e controle;</p> <p>33. Serviço internet para cidadãos e organizações;</p> <p>34. Presença informativa nas redes sociais;</p>	<p>35. Presença interativa nas redes sociais;</p> <p>36. Presença interativa nas redes sociais;</p> <p>37. Comunicação com a comunidade por chat;</p> <p>38. Prédios sensorizados e gerenciados (Smart Buildings);</p> <p>39. Gestão de Energia (Smart Grid);</p> <p>40. Computação em Nuvem;</p> <p>41. Sistema de colaboração e gestão do conhecimento;</p> <p>42. Sistemas analíticos e de inteligência artificial;</p> <p>43. Fornecimento de aplicações para equipamentos móveis;</p> <p>44. Biblioteca de aplicações desenvolvidas pela comunidade;</p> <p>45. Plataforma de computação para cidades vizinhas;</p> <p>46. Abertura de dados na internet (Big Data);</p> <p>47. Sistemas analíticos de grandes volumes de dados;</p> <p>48. Internet das Coisas (Públicas);</p>

APÊNDICE II: Conjunto de critérios desenvolvido antes da avaliação com os especialistas

Fase do Ciclo	Princípio	Critério	Descrição	Indicadores	Verificados	Referências
1. Planejamento	1.1. Levantamento de Requisitos	1.1.1 Levantamento de necessidades	Identificar os documentos e dos dados necessários para o projeto, da entrada de energia até a geração nas edificações	Termo de Referência	N/A	
		1.1.2. Levantamento de demanda e potencial energético	Identificar os valores relacionados à demanda e potencial energético da microrrede	Termo de Referência		
		1.1.3. Levantamento de manobras a serem realizadas	Identificar dos equipamentos e das principais maneira de funcionamento ilhado e conectado	Termo de Referência		
2. Pré-Projeto	2.1. Escolha de Materiais	2.1.1. Sustentabilidade	Preferência pela utilização de materiais que possuam certificado de sustentabilidade	Memorial descritivo		
		2.1.2. Sustentabilidade nos equipamentos utilizados	Preferência por utilização de equipamentos que gerem baixo impacto ambiental	Memorial descritivo		
		2.1.3. Durabilidade	Preferência por utilização de materiais que possuam maior durabilidade	Memorial descritivo		
		2.1.4. Eficiência Energética	Preferência pela utilização de equipamentos que possuam selo de eficiência energética	Memorial descritivo		PROCEL
	2.2. Estrutura da Microrrede	2.2.1. Design da Microrrede	Desenvolver Pré-projeto de distribuição da microrrede com divisão por setores chaveados de maneira a considerar o funcionamento independente e interligado de toda a estrutura	Memorial descritivo		
		2.2.2. Escolha e localização dos Sensores	Definir quais os equipamentos e os pontos de sensoriamento baseado no Termo de Referência e nos itens 1.1.; 2.1.; e 2.2.1.	Memorial descritivo		
		2.2.3. Áreas de interesse	Definir áreas de importância e interesse de fornecimento contínuo de energia elétrica	Memorial descritivo		
2.3. Requisitos para geração	2.3.1. Geração de Energia Elétrica nas unidades	Identificar as unidades produtoras de energia elétrica capacitadas a realizar GD, e definir a quantidade de energia gerada necessária para a microrrede	Termo de Referência, Documentação			

	de Energia Elétrica	2.3.2. Geração de energia elétrica complementar	Definir a quantidade de energia necessária para a utilização de uma geração complementar com a das unidades restantes para que em horários de pico seja atendido em conjunto com as outras gerações ao mínimo 70% do total do consumo	Probatória e Memória descritivo dos equipamentos		
		2.3.4. Geração com fontes sustentáveis	Definir as fontes renováveis de geração de energia. As fontes devem ser sustentáveis e renováveis	Termo de Referência		
	2.4. Automação - softwares e inteligência	2.4.1. Manobras da rede elétrica	Definir software capaz de realizar o comando dos equipamentos para as manobras de: Ilhamento, funcionamento conectado, desconexão com a rede da concessionária e de setores de distribuição e geração utilizados na microrrede	Termo de Referência e Memorial descritivo dos equipamentos		
		2.4.2. Armazenamento de Dados	Definir software capaz de coletar e armazenar os dados utilizados nos sensores da microrrede	Termo de Referência e Memorial descritivo dos equipamentos		
		2.4.3. Visualização	Definir software capaz de visualizar todos os dados e as ações tomadas	Termo de Referência e Memorial descritivo dos equipamentos		
		2.4.4. Integração	Definir software capaz de integrar todos os itens 2.4.1. 2.4.2. e 2.4.3.	Termo de Referência e Memorial descritivo dos equipamentos		
	3. Projeto	3.1. Documentação	3.1.1. Geração das unidades	Documentação necessária para a produção de energia elétrica nas edificações	Cópia do Documento de aprovação da concessionária	Resolução Normativa ANEEL, nº 482/2012 e Normas Técnicas da Concessionária
			3.1.2. Geração Complementar	Documentação necessária para a produção de energia elétrica na unidade de geração complementar		
3.1.3. para compensação de energia			Aprovar documentação junto a concessionária para o sistema de compensação de energia			
3.1.4. Documentação para Microrrede			Aprovar documentação junto a concessionária para a implantação de uma microrrede			
3.2. Proteção		3.2.1. Física	Utilização de equipamentos e proteções que garantam a integridade dos materiais e da rede de distribuição	Termo de Referência e Memorial descritivo de materiais	NR-10 , NR-5410 e REN 956	
		3.2.2. Elétrica para Geração	Utilização de elementos e equipamentos que garantam a segurança das instalações e redes elétricas para a geração	Memorial descritivo de equipamentos		

		3.2.3. Elétrica para a Distribuição	Utilização de elementos e equipamentos que garantam a segurança da rede contra surtos	Memorial descritivo de equipamentos		
	3.3. Automação - Sensoriamento	3.3.1. Sensoriamento da Geração	Utilização de sensores de medição remota da energia elétrica em cada uma das unidades	Memorial descritivo das instalações elétricas, Memorial Descritivo de equipamentos e Memorial Descritivo de dados e informações		
		3.3.2. Sensoriamento da Distribuição	Utilização de sensores de medição remota da energia elétrica em cada um dos nós especificados no pré-projeto			
		3.3.3. Equipamentos e Sensores de manobra	Sensores em conjunto com equipamentos que realizem a manobras elétricas			
4. Operação	4.1. Medição e monitoramento	4.1.1. Geração nas unidades	Monitorar a quantidade de energia elétrica gerada em cada uma das unidades	Medidores de geração com dados online	Medidores acessíveis com mostradores dos dados parciais	
		4.1.2. Consumo	Monitorar a quantidade de energia elétrica consumida por cada unidade.	Medidores de consumo da unidade com dados online		
		4.1.3. Distribuição	Monitorar a qualidade em função dos parâmetros definidos para a distribuição nos setores especificados	Medidores com disponibilização de dados online		
		4.1.4. Rede conectada a concessionária	Monitorar a qualidade recebida e enviada para a rede da concessionária			
	4.2. Automação - Armazenamento e coleta de dados	4.2.1. Tabulação e visualização de dados	Acrescentar e visualizar os dados referentes ao consumo, geração, distribuição e falhas da microrrede	Sistema de dados e informação online		
		4.2.2. Importação de dados	Importar os dados dos sensores de maneira autônoma			
		4.2.3. Armazenamento de dados	Armazenar os dados referentes à geração, consumo, distribuição e fornecimento de energia elétrica por no mínimo 5 (cinco) anos			
		4.2.4. Descrição de falhas	identificar e informar a medição fora da anormalidade e o setor da microrrede que está em falha			
		4.2.5. Backup de informações	Realizar Backup diário dos dados para armazenamento			
	4.3. Automação - Visualização dos dados	4.3.1. Apresentação das informações em tempo real	Apresentar os dados da geração, distribuição, consumo e falhas encontradas na Microrrede	Software de visualização da rede em tempo real		
		4.3.2. Acesso aos dados	Acessar de forma remota o sistema de automação da microrrede			
		4.3.3. Identificação visual de falhas	Apresentar de forma simples a localização e o tipo de falha ocorrida coletada no item 4.2.4.			

		4.3.4. Qualidade da Energia	Apresentar os dados para avaliar a qualidade da energia gerada e consumida nas unidades			
4.4. Automação - Identificação e Realização de manobras da Microrrede	4.4.1. Identificação de Falha	Identificar uma falha na geração e/ou distribuição e/ou fornecimento de energia elétrica em tempo real e realizar a ligação ou desligamento de setores de maneira a prejudicar o mínimo possível o sistema	Software de visualização, identificação e manobra da rede em tempo real e programado			
	4.4.2. Realização de manobras na rede elétrica	Sistema capaz de realizar os procedimentos de ilhamento, religação, ilhamento de setor, abertura e fechamento de chaves e contatores				
	4.4.3. Predefinição de decisões	O sistema deve ser capaz de pré-programar manobras de maneira a auxiliar o menor impacto possível as unidades				
4.5. Gerenciamento da microrrede	4.5.1. Modo Conectado	Operar em modo conectado, fornecendo a quantidade extra de energia não utilizada para a concessionária	Termo de Referência e Manual de especificação dos equipamentos			
	4.5.2. Modo Ilhado	Operar em modo ilhado de maneira a garantir o fornecimento mínimo de 70% da capacidade total de energia elétrica em horários de pico	Termo de Referência e Manual de especificação dos equipamentos			
	4.5.3. Interrupção	Interromper e religar a carga ou um setor da microrrede com a utilização de equipamentos inteligentes	Termo de Referência e Manual de especificação dos equipamentos			

APÊNDICE III: Principais instrumentos de Gestão para microrredes

Instrumento		Título	Descrição
Norma Técnica	IEC TS 62898-1:2017	<i>Microgrids - Part 1: Guidelines for microgrid projects planning and specification</i>	* Diretrizes para o planejamento de microrredes. Abrange operação ilhada e conectada, análise de recursos e previsão de geração e carga, Planejamento de DER e do sistema de energia da microrrede, requisitos técnicos e avaliação de projetos.
Norma Técnica	IEC TS 62898-2:2018	<i>Microgrids - Part 2: Guidelines for operation</i>	* Diretrizes para a operação da microrrede. Abrange o sistema de gestão de energia e controle de microrredes, procedimentos de comunicação e monitoramento, armazenamento de energia, operações de sincronização, religamento, ilhamento e avaliação de qualidade de energia.
Norma Técnica	IEC TS 62898-3-1:2020	<i>Microgrids - Part 3-1: Technical requirements - Protection and dynamic control</i>	* Diretrizes para especificação de proteção contra falhas e controle dinâmico em microrredes.
Norma Técnica	ISO 17800:2017	<i>Facility smart grid information model</i>	* Define um conjunto de objetos, dados e ações para o gerenciamento de aplicativos de energia e interações de provedores de serviços elétricos incluindo: geração no local; armazenamento elétrico; gerenciamento de demanda de pico; estimativa de uso direto de energia; estimativa de capacidade de corte de carga; monitoramento de carga final; qualidade de energia; histórico de dados; controle direto de carga.
Norma Técnica	ISO/IEC 30101:2014	<i>Information technology — Sensor networks: Sensor network and its interfaces for smart grid system</i>	* Diretrizes e requisitos para aplicação de sensores para redes de energia inteligentes. Abrange as interfaces entre a rede de sensores e a rede de inteligência do sistema, a arquitetura da rede de sensores para suporte dos sistemas; interface entre rede de sensores com sistemas inteligentes e aplicativos e serviços emergentes baseados em rede de sensores para suporte de sistemas de rede inteligente
Norma Técnica	ISO/IEC 27019:2017	<i>Information technology — Security techniques — Information security controls for the energy utility industry</i>	* Requisitos para os sistemas de controle de processos usados para controlar e monitorar a produção, geração transmissão, armazenamento e distribuição de energia elétrica, gás, óleo e calor.
Norma Técnica	IEEE 2030.8-2018	<i>IEEE Standard for the Testing of Microgrid Controllers</i>	* Conjunto de procedimentos de teste que permite a verificação, quantificação do desempenho e comparação do desempenho, incluindo as diferentes funções do controle exigidas para uma microrrede.
Norma Técnica	IEEE 2030.9-2019	<i>IEEE Recommended Practice for the Planning and Design of the Microgrid</i>	* Recomenda um conjunto de padrões de boas práticas a serem considerados no planejamento e projeto, como a configuração do sistema, projeto do sistema elétrico, segurança, monitoramento e controle da qualidade de energia, medição de energia elétrica e avaliação do sistema.
Norma Técnica	IEEE 2030.7-2017	<i>IEEE Standard for the Specification of Microgrid Controllers</i>	* Diretrizes para controle de microrredes de maneira a gerenciar a si mesmo e operar de forma autônoma conectada ou não a rede de distribuição principal.
Norma Técnica	IEEE 2030.10-2021	<i>IEEE Standards for DC Microgrids for Rural and Remote Electricity Access Applications</i>	* Diretrizes para projetos e operação de microrredes em CC para aplicações rurais ou remotas.
Resolução Normativa	REN ANEEL - 956/2021	Resolução Normativa ANEEL, nº 956, de 7 de dezembro de 2021	Estabelece os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.
Resolução Normativa	REN ANEEL - 482/2012	Resolução Normativa ANEEL, nº 482, de 17 de abril de 2012	Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.
Lei	Lei nº 14.300	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.

* Tradução Livre

Fonte: Auto

