

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

ROBERTA CARVALHO MARQUES

**DETECÇÃO DE DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO EM MICRORREDES
UTILIZANDO REDES NEURAIIS PERCEPTRON**

Ilha Solteira

2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ROBERTA CARVALHO MARQUES

‘

**DETECÇÃO DE DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO EM MICRORREDES
UTILIZANDO REDES NEURAS PERCEPTRON**

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à
Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Ilha
Solteira como parte dos requisitos para obtenção de
título de Mestre em Engenharia Elétrica

Orientador: **Prof. Dr. Dionízio Paschoareli Júnior**

Ilha Solteira

2022

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M357d Marques, Roberta Carvalho.
Detecção de desequilíbrio de tensão em redes neurais perceptron /
Roberta Carvalho Marques. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
124 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2022

Orientador: Dionízio Paschoarelli Junior
Inclui bibliografia

1. Microrredes. 2. Inteligência artificial. 3. Qualidade de energia elétrica.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DETECÇÃO DE DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO EM MICRORREDES
UTILIZANDO REDES NEURAIS PERCEPTRON**

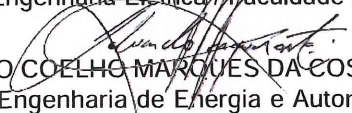
AUTORA: ROBERTA CARVALHO MARQUES

ORIENTADOR: DIONIZIO PASCHOARELI JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ENGENHARIA ELÉTRICA, área: Automação pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. DIONIZIO PASCHOARELI JUNIOR (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof.ª Dr.ª ANNA DIVA PLASENCIA LOTUFO (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. EDUARDO COELHO MARQUES DA COSTA (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica / Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP

Ilha Solteira, 02 de maio de 2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida: meus pais, Roberto e Margarete, minhas irmãs Caroline e Izadora e meu noivo Rafael.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas de que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

À Deus, que me permitiu viver tudo isso e toda a espiritualidade amiga que se fez presente nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus pais Roberto e Margarete e minhas irmãs Caroline e Izadora pelo infinito amor e apoio nos mais diversos momentos de minha vida, jamais questionando minha capacidade de perseguir aquilo que acredito. Sou imensamente grata pelo estímulo aos estudos desde a infância, pelo amor, carinho, paciência e por sempre me apoiarem em todas minhas decisões.

Agradeço ao meu noivo e melhor amigo, Rafael Meister, por toda a ajuda, carinho, compreensão e amor incondicional. Obrigada meu amor.

Ao Prof. Dr. Dionízio Paschoareli que acreditou em minha capacidade ao desenvolver este trabalho, me apoiou nos momentos difíceis e sempre esteve disposto a dividir seus conhecimentos.

À Profa. Dra. Mara Lúcia Martins Lopes que me socorreu em momentos que precisei como professora e como amiga.

Aos professores da UNESP - FEIS pelo respeito por nosso trabalho, dedicação, paciência, amizade e por me dar a certeza que posso contar com eles.

A CAPES pelo apoio financeiro.

À vida por me permitir vivê-la.

“A vida não é curta, ela é eterna! O que muda são as fases/dimensões que nos encontramos... Da morte fugimos inúmeras vezes, mas da vida ninguém foge”.

Chico Xavier

RESUMO

As microrredes podem ser consideradas pequenos conjuntos de cargas e geradores distribuídos, que operam como um único sistema controlável, fornecendo energia e calor para sua área local. Para as concessionárias, as microrredes podem ser consideradas como unidades controladas do sistema de energia. Para o consumidor, as microrredes podem ser projetadas para atender às suas necessidades especiais. Esses sistemas se caracterizam pelo uso extenso de tecnologias da informação, comunicação e automação, permitindo atender a demanda de forma eficiente e otimizada. Os geradores que são utilizados em uma microrrede são geralmente microfontes de energia renovável. Da perspectiva operacional, os geradores devem ser equipados com controles para fornecer a flexibilidade necessária para assegurar que a microrrede opere como um único sistema coletivo e mantenha a Qualidade de Energia Elétrica (QEE) especificadas. Em uma rede de energia elétrica convencional existem geradores síncronos, que são normalmente responsáveis pelo controle de tensão e frequência dos sistemas, o que não se encontra com facilidade em uma microrrede. Quando ocorre o isolamento de uma microrrede, principalmente por causa de eventos não planejados, existe grande probabilidade de ocorrer distúrbios de Qualidade de Energia Elétrica. Com essa exposição e o aumento de instalações de microrredes dá-se a necessidade de metodologias que detectam os problemas de QEE. Considerando a visão das técnicas de detecção de distúrbios de QEE, esta dissertação retrata uma estratégia baseada em Redes Neurais Artificiais *perceptron* multicamadas em conjunto com simulações do software OpenDSS. Os testes foram realizados em uma microrrede teste adaptada da rede IEEE 13 barras. Os resultados demonstraram-se satisfatórios e efizazes para a detecção dos desequilíbrios de tensão e afundamento e elevação de tensão.

Palavras chave: qualidade de energia elétrica; microrredes; OpenDSS; redes neurais artificiais.

ABSTRACT

Microgrids are a mix of loads and micro generators that are distributed and operate as a single controllable system, providing energy and heat to its local area. For the dealerships, the microgrid can be considered as a controlled unity of the power system. For the consumer, microgrids can be projected to attend its special needs. The generators that are used in a microgrid are usually micro sources of renewable energy. From the operational perspective, generators must be equipped with controls to provide necessary flexibility to assure that the microgrid operates as a single collective system and keep the specific electrical power quality (EPQ). In a conventional electric power network, there are synchronous generators, that are usually responsible for controlling the tension and frequency of the systems, which is not easily found in a microgrid. When microgrid islanding occurs, mainly because of unplanned events, there is a high probability of voltage imbalance. With this exposed and the increase of microgrids installations, there is a need of methodologies that detect the EPQ problems, especially the voltage imbalance, in the microgrids. Considering the vision of the techniques for detecting EPQ disturbances, this dissertation portrays a methodology based on Artificial Neural Networks, multilayer perceptron combined with OpenDSS software simulation. The tests were performed in a test microgrid adapted from the IEEE 13 bars, with two simulation modes, being one connected to the network (ongrid) and other, disconnected to the general distribution network (offgrid). The results proved to be satisfactory and that they worked effectively for the detection of voltage imbalances.

Key words: voltage imbalance; electric power quality; microgrids; OpenDSS; artificial neural networks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura básica de uma microrrede.....	23
Figura 2 - Gráfico do estado de geração de energia elétrica no Brasil.....	26
Figura 3 - Geração distribuída.....	28
Figura 4 - Faixas de tensão em relação à da referência.....	33
Figura 5 - Série de Fourier de uma forma de onda distorcida.....	35
Figura 6 - Exemplo da flutuação de tensão causada por um forno elétrico.....	37
Figura 7 - Diagrama unifilar da microrrede teste.....	46
Figura 8 - (a) Configuração do ID dos postes das linhas aéreas. (b) Configuração do ID das linhas subterrâneas.....	48
Figura 9 - Curvas de carga (a) 1 (b) 2 (c) 3.....	52
Figura 10 - Diagrama de blocos do modelo do sistema fotovoltaico.....	54
Figura 11 - Interação entre o ambiente OpenDSS e a linguagem de programação python.....	58
Figura 12 - Exemplo do neurônio artificial de McCulloch e Pitts.....	59
Figura 13 - Exemplo de estrutura da RNA perceptron de multicamadas.....	60
Figura 14 - Função sigmóide.....	63
Figura 15 - Fluxograma da metodologia.....	64
Figura 16- Exemplo de proporcionalidade do Teorema de Tales.....	65
Figura 17 - Gráfico do módulo das tensões na Barra 611.....	69
Figura 18 - Resultados da estratégia na Barra 652.....	71
Figura 19 - Gráfico do módulo das tensões na barra 671.....	72
Figura 20 - Gráfico do módulo das tensões na barra 675.....	74
Figura 21 - Gráfico do módulo das tensões na barra 681.....	75
Figura 22 - Gráfico do módulo das tensões na barra 684.....	77
Figura 23 - Gráfico do módulo das tensões na barra 692.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites das distorções harmônicas totais (em % da tensão nominal)	36
Tabela 2 - Limites para a flutuação de tensão	37
Tabela 3 - Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração.....	39
Tabela 4 - Arranjo das linhas aéreas.....	47
Tabela 5 - Arranjo das linhas subterrâneas.....	47
Tabela 6 - Características das linhas da microrrede.	50
Tabela 7 - Tabela de características dos transformadores.	51
Tabela 8 - Cargas concentradas da microrrede.....	53
Tabela 9 - Características dos geradores distribuídos da microrrede.	53
Tabela 10 - Características dos sistemas fotovoltaicos da microrrede.	55
Tabela 11 - Tabela das topologias candidatas	66
Tabela 12 - Resultados da estratégia na Barra 611.....	68
Tabela 13 - Resultados da estratégia na Barra 652.....	70
Tabela 14 - Resultados da estratégia na Barra 671.....	71
Tabela 15 - Resultados da estratégia na Barra 675.....	73
Tabela 16 - Resultados da estratégia na Barra 681.....	74
Tabela 17 - Resultados da estratégia na Barra 684.....	76
Tabela 18 - Resultados da estratégia na Barra 692.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BT	Baixa Tensão
CERTS	Consórcio para Soluções de Tecnologia de Confiabilidade Elétrica
DERS	<i>Distributed Energy Resources</i>
DL	<i>Dumpload</i>
EPRI	<i>Electric Power Research Institute</i>
GC	Geração Centralizada
GD	Geração Distribuída
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
INER	<i>Institute of Nuclear Energy Research</i>
RD	Recursos Distribuídos
RNA	Redes Neurais Artificiais
SDAT	Sistemas de Distribuição de Alta Tensão
SDBT	Sistemas Distribuição de Baixa Tensão
SDMT	Sistemas de Distribuição de Média Tensão
SEP	Sistema Elétrico de Potência
VTCD	Variação de Tensão de Curta Duração

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	16
1.2	ESTADO DA ARTE	17
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	19
2	CONCEITO DE MICRORREDES	21
2.1	DEFINIÇÃO DE MICRORREDES	22
2.1.1	ARQUITETURA BÁSICA DE UMA MICRORREDE.....	23
2.1.2	TIPOS DE MICRORREDES	24
2.2	MICRORREDES E OS RECURSOS DISTRIBUÍDOS DE ENERGIA ELÉTRICA	25
2.2.1	SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	26
2.3	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	28
3	MICRORREDES E A QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA.....	30
3.1	TENSÃO EM REGIME PERMANENTE	32
3.2	FATOR DE POTÊNCIA	33
3.3	DISTORÇÕES HARMÔNICAS	34
3.4	FLUTUAÇÃO DE TENSÃO	36
3.5	VARIAÇÃO DE FREQUÊNCIA.....	38
3.6	VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO – VTCD.....	38
3.7	DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO	39
3.8	PROBLEMA DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA NAS MICRORREDES	40
3.8.1	A importância da detecção do desequilíbrio de tensão	42
3.9	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	44
4	MODELAGEM DA MICRORREDE TESTE.....	45
4.1	MICRORREDE DE TESTE	45
4.1.1	Linhas	46

4.1.2	Transformadores	50
4.1.3	Cargas	51
4.1.4	Geradores distribuídos	53
4.1.5	Armazenadores de energia	55
4.2	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	56
5	ESTRATÉGIA DE DETECÇÃO DE DISTÚRBIOS DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA	57
5.1	A FERRAMENTA COMPUTACIONAL – OPENDSS	57
5.2	REDE NEURAL ARTIFICIAL	58
5.2.1	RNA Perceptron Multicamadas	60
5.2.2	Algoritmo de retropropagação do erro	61
5.3	FUNCIONAMENTO DA METODOLOGIA PROPOSTA	64
5.3.1	Fase 1	64
5.3.2	Fase 2	67
5.4	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	67
6	RESULTADOS	68
6.1	RELATÓRIOS GERADOS PELA ESTRATÉGIA	68
6.1.1	Barra 611	68
6.1.2	Barra 652	69
6.1.3	Barra 671	71
6.1.4	Barra 675	72
6.1.5	Barra 681	74
6.1.6	Barra 684	75
6.1.7	Barra 692	77
6.2	ARMAZENADORES DE ENERGIA ELÉTRICA	79
6.3	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	79
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

7.1	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
-----	---------------------------------------	----

REFERÊNCIAS.....	84
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A sociedade é cada vez mais dependente de um fornecimento de energia elétrica seguro, confiável e nos altos padrões de qualidade estabelecidos nas normas reguladoras. Neste contexto, tais requisitos devem ser guardados as devidas distinções técnicas, estendidos para as microrredes de energia elétrica. As microrredes têm sido indicadas como alternativas para o fornecimento de energia em localidades isoladas ou mesmo como condição operacional transitória em situação de contingência.

O isolamento de parte do sistema interligado que tenha a possibilidade de operar como uma microrrede reduz a duração dos desligamentos para uma parcela dos consumidores. As microrredes são normalmente compostas de recursos energéticos distribuídos (DERs – *distributed energy resources*), que incluem geradores e armazenadores de energia, e de cargas diversas, monofásicas ou trifásicas. Tipicamente, estes sistemas possuem controle inteligente para o adequado compartilhamento da energia armazenada ou gerada a partir de diversas fontes (de pequena potência e baixa tensão) e para compatibilidade entre a geração disponível e a carga demandada (BURKE; GRIFFITH; WARD, 1990).

Em uma rede elétrica ideal, o consumidor percebe o suprimento de eletricidade como uma fonte de tensão ideal, de tensão constante. Porém, em condições reais, a tensão no local de consumo varia de acordo com o carregamento e de distúrbios ocorridos no sistema. Desta forma, qualidade de energia elétrica (QEE) pode ser definida como o desvio entre ideal e real (BOLLEN, 2003) devido a distúrbios na tensão ou na corrente. Até a década de noventa, a maioria dos consumidores de energia elétrica tinham cargas predominantemente lineares e pouco sensíveis às variações de tensão e corrente. Entretanto, com a presença na rede de equipamentos sensíveis a distúrbios de tensão e corrente, como computadores e cargas que utilizam controladores eletrônicos baseados no cruzamento da tensão ou corrente por zero, simultaneamente ao aumento de cargas não lineares, principalmente as compostas de fontes chaveadas, aumentaram também as pesquisas e estudos em QEE (BURKE; GRIFFITH; WARD, 1990).

Ao passar das décadas foram ocorrendo mudanças na tecnologia, nos valores da sociedade, no meio ambiente e na economia, que exigiram adaptações do setor elétrico. A estratégia de controle dos sistemas elétricos de potência (SEP) centralizados, onde as centrais geradoras fornecem energia elétrica para os consumidores com o fluxo energético

unidirecional, de montante (centrais produtoras) para jusante (cargas elétricas), têm evoluído para uma estratégia de controle em um sistema cada vez mais descentralizado. Com o consumo de energia elétrica aumentando em nível mundial, existe uma crescente necessidade de se projetar cuidadosamente as futuras infraestruturas e redes energéticas, de modo a diminuir custos de investimento e aumentar a confiabilidade e a segurança (VIEIRA, 2012). O conceito de redes elétricas inteligentes (*smart grids*) busca integrar as ações dos usuários conectados a ela e emprega produtos e serviços inovadores, juntamente com tecnologias avançadas de monitoramento, controle, comunicação e autocorreção (BERNADON *et al.*, 2015; HATZIARGYRIOU, 2014), utilizando inclusive o princípio da geração distribuída.

O aumento da disponibilidade de geradores de pequeno porte e armazenadores de energia distribuídos pelo sistema elétrico associado a controlabilidade destes equipamentos de forma inteligente, resulta na possibilidade de se operar parte do sistema de maneira autônoma, isolada da rede principal, ou ainda em regiões isoladas, não conectada à rede elétrica, com a implantação das chamadas microrredes.

As microrredes são redes elétricas compostas de fontes distribuídas de energia elétrica (microturbinas, células combustíveis, sistemas fotovoltaicos, etc.), armazenadores de energia e cargas, cuja operação é controlada através do uso da eletrônica de potência. Para que a microrrede possa operar de maneira autônoma e estável, deve-se observar e mitigar possíveis falhas e distúrbios, através do conceito de QEE (DIALYNAS; HATZIARGYRIOU, 2007).

Os sistemas que utilizam geração distribuída podem apresentar problemas operacionais tais como alteração dos níveis de curto-circuito, segurança e proteção devido a fluxos bidirecionais de energia, aumento da distorção harmônica, além de variações de tensão devido a intermitência de determinadas fontes, como por exemplo, eólica e fotovoltaica (ANEEL, 2011).

A ocorrência dos distúrbios de QEE pode ter consequências desde a queima de componentes eletrônicos, inoperância de equipamentos, perda do torque conjugado de motores, redução do fator de potência, aquecimento de condutores, queima de fusíveis, entre outras (BOLLEN; GU, 2006). Devido a estas consequências, é importante a detecção desses distúrbios de forma rápida e precisa. Deste modo, muitas técnicas de detecção de distúrbios de QEE vem sendo desenvolvidas, tendo como objetivo a redução de esforços computacionais para o monitoramento do sistema em tempo real.

De acordo com Bollen e Gu (2006), os sistemas de detecção dos distúrbios de QEE possuem duas etapas: 1) a extração de parâmetros, que se estabelece na transformação dos dados para um novo espaço onde as diferenças entre os distúrbios e os sinais nominais são

destacados e; 2) a aplicação de um algoritmo que realize a detecção do distúrbio a partir dos parâmetros extraídos.

Seguindo estes princípios, vários sistemas de detecção de distúrbios vêm sendo propostos. Desses sistemas podem ser destacados aqueles com diferentes ferramentas para extração de parâmetros, como a Transformada de *Wavelets*, as estatísticas de ordem superior (HOS), a análise de componentes independentes (ICA), e aquelas com diferentes técnicas de detecção, como Máquinas de Vetor de Suporte (SVM), árvores de decisão, classificadores Bayesianos e redes neurais artificiais (RNA) (MAHELA; SHAIK; GUPTA, 2015).

As redes neurais artificiais (RNA) são eficientes no reconhecimento de padrões, classificação, aproximação de funções, otimização e agrupamento de dados e, por esse motivo, são bastante utilizadas na detecção de distúrbios de QEE (GHOSH; LUBKEMAN, 1995).

Neste trabalho é proposta uma estratégia para detecção dos distúrbios de QEE em microrredes utilizando a interface COM do software OpenDSS e rede neural artificial *Perceptron* multicamadas.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Devido ao aumento do uso de GDs nos sistemas elétricos de distribuição, torna-se um grande desafio manter os níveis de tensão dentro de uma faixa operacional apropriada, uma vez que se trata de gerações dinâmicas e dimensões distintas. Adicionalmente, os sistemas de distribuição, ao contrário dos sistemas de transmissão, são sistemas mais sujeitos a desequilíbrios devido à presença de cargas desequilibradas e linhas trifásicas com espaçamento desigual entre os condutores. Assim, a motivação deste estudo é a detecção rápida e eficaz de distúrbios de QEE nas microrredes através de métodos apropriados para tomada de decisões que possam mitigar esses distúrbios.

Para o estudo proposto neste trabalho é importante o conhecimento de softwares de simulação em redes de baixa tensão (BT) (POCHACKER, SOBE e ELMENREICH, 2013). O presente trabalho utiliza a interface COM do software OpenDSS com a linguagem de programação Python. Projetado e desenvolvido pela Electric Power Research Institute (EPRI), o OpenDSS é um dos softwares mais completos e multifuncionais usados para simular sistemas de distribuição. Para simular o ciclo de trabalho na frequência necessária: anual, semanal ou diária. Esta opção o torna uma ferramenta poderosa para analisar redes com recursos renováveis, não convencionais, sistemas de armazenamento de energia e veículos

elétricos, cujo comportamento é difícil de prever sem considerar seu comportamento dinâmico. (SILVA; GUERRA, 2018).

1.2 ESTADO DA ARTE

Li, Gao, Xu, Wang e Yang (2016) propõem um método para detecção de distúrbios de qualidade de energia elétrica fundamentado na combinação de dois modos da transformada de Hilbert-Huang (HHT - *Hilbert-Huang transform*): a original e uma aprimorada com extensão de correspondência de forma de onda adaptativa. O objetivo do trabalho não é só analisar sinais harmônicos e inter-harmônicos, mas também sinais não lineares e não estacionários. A HHT é um método de análise de frequência de tempo adaptativo que pode lidar com análises de sinais não lineares e não estacionários. A HHT que é proposta no trabalho é com uma extensão adaptativa de forma de onda que considera a profundidade da forma de onda e o tempo de subida e descida da forma de onda. Foram feitas simulações e experimentos para validar o método que se mostrou eficaz em vários distúrbios de qualidade de energia elétrica. Além disso, fornece uma base teórica para a aplicação mais ampla de HHT na análise de qualidade de energia. O método HHT melhorado proposto pode ser usado para detectar variações repentinas de diferentes índices de qualidade de energia de uma microrrede e para fornecer informações corretas ao sistema de gerenciamento de energia a fim de determinar os modos de trabalho apropriados (conectado à rede ou isolado).

Chakravorti, Patnaik e Dash (2018) apresentam técnicas de filtro de gradiente morfológico multi-escala, do inglês *multi-scale morphological gradient filter* (MSMGF), e transformada de Hilbert modificada de curto tempo, do inglês *short-time modified Hilbert transform* (STMHT), respectivamente, para detectar e classificar distúrbios de qualidade de energia elétrica no sistema de potência em um ambiente de microrrede baseado em geração distribuída (DG). A finalidade do trabalho foi de trazer métodos mais rápidos e eficientes para a detecção de distúrbios de qualidade de energia elétrica através dos sinais de tensão e corrente. O método escolhido pelos autores foram duas técnicas de processamento de sinais: o STMHT e o MSMGF. As amostras de sinal de tensão e corrente nos terminais das GDs alvo de um modelo de microrrede IEC padrão modelada em MATLAB/Simulink são coletadas para uma série de condições operacionais, que são processadas através das técnicas propostas de MSMGF e STMHT, respectivamente, a fim de detectar a ocorrência dos eventos. São mais simples na formulação, reduzida a complexidade computacional, mais rápida na resposta e assim por diante, são algumas das vantagens das técnicas STMHT e MSMGF propostas, respectivamente, que são muito significativas em comparação com técnicas de processamento

de sinais convencionais. Além disso, a robustez das técnicas de detecção e classificação híbridas propostas foram implementadas e validadas em ambiente de hardware-in-loop em tempo real, onde as saídas mostradas são satisfatórias e, consequentemente, justificam os algoritmos propostos como candidatos potenciais para aplicações em tempo real.

O trabalho de Albuquerque *et al.* (2020) apresenta a avaliação da qualidade do suprimento de energia elétrica na interconexão de duas microrredes isoladas experimentais pertencentes ao Laboratório de Sistemas Híbridos e Microrredes do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) da Universidade Federal do Pará. O trabalho tem por objetivo analisar a qualidade da energia elétrica, em conformidade com o Módulo 8 do PRODIST. Para os ensaios foram utilizados dois sistemas de condicionamento de potência conectados em cascata. Para coletar os dados necessários à avaliação dos fenômenos de qualidade de energia elétrica em regime transitório e permanente, foram utilizados três equipamentos portáteis e dados extraídos do sistema de monitoramento dos sistemas de condicionamento, o período de avaliação foi de 13 dias. Conforme os resultados, os distúrbios encontrados diferentes dos limites aceitáveis foram os seguintes: variação de frequência, fator de potência e as distorções harmônicas. A conclusão do trabalho foi de que o sistema elétrico implementado no laboratório tem a capacidade de operar sem prejuízos causados pela má qualidade da energia elétrica.

O estudo de Alkahtani *et al.* (2020) retrata uma visão geral comparativa sobre os problemas, soluções e normativas da qualidade de energia elétrica nas microrredes. O propósito da pesquisa é apresentar uma revisão atualizada de GCs (grid codes), regras, padrões e regulamentos internacionais com relação a questões de qualidade de energia elétrica nas microrredes. Além disso, foi conduzida uma análise aprofundada em termos de problemas e métodos de mitigação de problemas de qualidade de energia elétrica, que já são aplicados para alcançar alta qualidade de potência de saída em microrredes. Ademais, as supra harmônicas são investigadas em termos de características, causas, consequências e medidas como um novo fenômeno que necessita de muita atenção devido à existência de interfaces eletrônicas de potência em sistemas microrredes. Por fim, são apresentadas as possíveis recomendações para pesquisas futuras relacionadas aos problemas de qualidade de energia em microrredes, incluindo supra harmônicas. As conclusões da pesquisa trazem um resumo completo e cheio de informações importantes sobre a qualidade de energia elétrica dentro das microrredes, destacando a informação de que embora alguns problemas de QEE sejam regulamentados por GCs e padrões, não existem padrões para supra harmônicas, cujos efeitos podem ser perigosos se não forem levados a sério.

O artigo de Dash, Satapathy, Nayak e Sahani (2020) apresenta a detecção e classificação de distúrbios de isolamento e de qualidade de energia elétrica para uma geração distribuída múltipla com base no uso de uma decomposição de modo variacional cruzado adaptativo (XVMD - *cross variational mode decomposition*), com regressão *kernel ridge* reduzida (RKRR - *reduced kernel ridge regression*). Com o cenário de isolamento de uma microrrede, a preocupação com problemas de qualidade de energia elétrica aumenta, essa situação apresenta sérios desafios e, portanto, a detecção precisa de atenção para evitar instabilidade e queima de equipamentos. O objetivo dos autores é propor um método rápido e eficaz para detecção e classificação dos distúrbios de qualidade de energia elétrica. Neste trabalho, um XVMD-RKRR adaptativo é aplicado para monitoramento de distúrbios QEE. São calculadas diferentes funções de modo intrínseco de banda limitada (BLIMFs - *band limited intrinsic mode functions*) por meio do XVMD. Além disso, as BLIMFs, ideais e outros parâmetros XVMD são selecionados por meio de um algoritmo de vaga-lume e nomeados como *Adaptive XVMD*. No algoritmo de vaga-lume, a função objetivo considerada é um índice de curtose ponderado para fornecer o melhor modo entre todos os BLIMFs calculados, e isso torna o algoritmo adaptativo, escolhendo os parâmetros ótimos através do processo de otimização. Em seguida, os recursos necessários são calculados a partir dos BLIMFs selecionados. Após o cálculo das características, a técnica RKRR é aplicada para observar diferentes distúrbios de QEE. Diferentes sinais de tensão e corrente da microrrede são considerados para fins de monitoramento. Os sinais verificados são tanto com dados sintéticos quanto com os dados gerados pelo MATLAB. A eficácia do adaptativo XVMD-RKRR é comprovada para uma ampla gama de distúrbios de qualidade de energia elétrica onde XVMD produz excelente monitoramento para distúrbios de QEE.

O presente trabalho apresenta um método de detecção de distúrbios de QEE focado em desequilíbrios de tensão. Devido ao fato de o desequilíbrio de tensão ser um dos distúrbios mais presentes nas microrredes de energia elétrica justifica-se a importância na detecção do mesmo. Utilizou-se rede neural artificial *perceptron* multicamadas como a IA do método. E como extrator de parâmetros foi utilizado o *software* OpenDSS.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está dividido em sete capítulos, incluindo o Capítulo 1, introdutório. No Capítulo 2 é realizada uma revisão relacionada às microrredes, contemplando as características de regulação de tensão com a inserção de GDs na rede, cenário atual onde as

microrredes estão inseridas e expõe a importância de se estudar a qualidade de energia dentro de uma microrrede.

No Capítulo 3 são discutidos os fenômenos relacionados à qualidade de energia elétrica. Sendo assim, é apresentado sucintamente cada um dos fenômenos estabelecidos pelo módulo 8 do PRODIST, além de explicar como as distribuidoras de energia avaliam tais fenômenos. Logo após, é descrito os mesmos fenômenos do ponto de vista das microrredes.

No Capítulo 4 é apresentada a modelagem da microrrede teste. A microrrede escolhida foi adaptada da rede teste IEEE de 13 barras. A microrrede e os processos de modelagem serão demonstrados nas seções a seguir. Para modelar a microrrede foi escolhido o software OpenDSS, visto que ele tem a possibilidade de ser controlado por meio de outros programas. A linguagem de programação Python é escolhida e utilizada para esse controle.

No Capítulo 5 é apresentada a metodologia do trabalho para detecção de distúrbios de qualidade de energia em microrredes. Considerando a visão das técnicas de detecção de distúrbios de QEE, esta dissertação retrata uma metodologia baseada em Redes Neurais Artificiais *perceptron* multicamadas, em conjunto com simulações do software OpenDSS. No OpenDSS é modelada toda a microrrede e realizado todos os cálculos de fluxo de potência. O OpenDSS se comunica com a linguagem de programação Python, utilizando a interface *Component Object Model* (COM). A RNA utiliza os resultados do fluxo para detectar os distúrbios de QEE através de uma RNA *perceptron* multicamadas.

No Capítulo 6 são apresentados os resultados de simulação da metodologia proposta na microrrede modelada no Capítulo 4.

E no Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais do trabalho bem como as sugestões para trabalhos futuros.

2 CONCEITO DE MICRORREDES

A sociedade atual depende de um fornecimento seguro, confiável e de qualidade de energia elétrica. Com a presente estrutura do sistema elétrico de potência aumenta uma preocupação com a QEE que é entregue, onde as redes elétricas precisam acompanhar as mudanças na tecnologia, no meio ambiente e na economia. Neste cenário, os países em geral precisam incentivar a utilização de geração distribuída (HATZIARGYRIOU, 2014). Com o surgimento de sistemas de geração menores, surgiram novas oportunidades para geração de energia local. Com isso é introduzido o conceito de **microrredes** em que consiste em um sistema controlável de distribuição de baixa tensão com GDs, bem como dispositivos de armazenamento e cargas flexíveis.

Segundo Lasseter (2002), microrredes são uma combinação de cargas e microgeradores, que operam como um único sistema controlável, fornecendo energia e calor para sua área local. Para as concessionárias, a microrrede pode ser considerada como uma unidade controlada do sistema de energia. Para o consumidor, as microrredes podem ser projetadas para atender às suas necessidades especiais. O conceito do CERTS (Consórcio para Soluções de Tecnologia de Confiabilidade Elétrica) traz que a maioria das fontes de micro-alimentação deve ser baseada em dispositivos eletrônicos de energia para fornecer a flexibilidade de controle. Barnes *et al.* (2007) apresentou uma variedade de hardwares e opções de controle para operação das microrredes, além de fazer uma revisão da literatura. Chowdhury, Chowdhury e Crossley (2009) apresentaram a rede de distribuição com fontes de geração distribuída e diferentes cargas em baixa tensão. Os geradores que são utilizados em uma microrrede são geralmente microfontes de energia renovável. Da perspectiva operacional, os geradores devem ser equipados com controles para fornecer a flexibilidade necessária para assegurar que a microrrede opere como um único sistema coletivo e mantenha a QEE especificada.

Hayden (2013) propôs a inserção das microrredes no mercado de energia elétrica, ressaltando os benefícios econômicos de uma microrrede.

Hatziargyriou (2014) apresenta microrredes como rede de distribuição operando de modo ativo e se tornando redes inteligentes (Smart Grids). Nesse contexto, uma microrrede é “um bloco de construção das redes inteligentes”. A organização das microrredes é baseada nas capacidades de controle sobre a operação de rede oferecida pela crescente penetração de geradores distribuídos, juntamente com dispositivos de armazenamento no nível de distribuição. Essa capacidade de controle permite que as redes de distribuição, em sua maioria

interligadas à rede de distribuição a montante, também operem isoladas da rede principal, em caso de falhas ou outras perturbações externas ou desastres, aumentando assim a qualidade do fornecimento. A publicação de Hatziaargyriou explora aspectos relacionados ao controle e à proteção das microrredes, que devem responder tanto ao sistema da rede elétrica quanto às falhas da microrrede, o gerenciamento de redes de distribuição com maior penetração de microrredes, levando ao conceito de multi-microrredes, além de avaliar uma série de microrredes reais em operação onde se pode refletir na prática os benefícios e desafios das microrredes.

Leme (2019) avalia aspectos como: políticas públicas e econômicas. Considerando a operação real de microrredes, são apresentados estudos sobre a deficiência das tecnologias relacionadas às microrredes para detecção e correção de seus problemas, principalmente da qualidade de energia elétrica.

2.1 DEFINIÇÃO DE MICRORREDES

No padrão da IEEE 1547-4 (IEEE, 2011), uma microrrede é definida como uma parte de um sistema elétrico que tem geradores distribuídos e cargas que possuem a capacidade de se desconectar do sistema elétrico de potência e funcionar em paralelo. Essas funções de controle permitem que a microrrede opere isoladamente da rede principal no caso de falhas ou outra interferência externa. Para o desenvolvimento de um sistema que possa operar em modo ilhado, alguns fatores devem ser considerados, a saber (IEEE 1547-4, 2011):

- Modificações de direção e magnitude do fluxo de potência;
- Controle de tensão frequência e qualidade de energia elétrica;
- Capacidade de possibilidade de pontos de conexão;
- Modificação nos esquemas de proteção;
- Monitoramento, troca de informação e controle;
- Características de carga na área local do SEP que será ilhado;
- Características e funcionalidades das GDS;
- Condições de regime permanente e transitórios;
- Interação entre as fontes de energia elétrica;
- Captação de baixa carga.

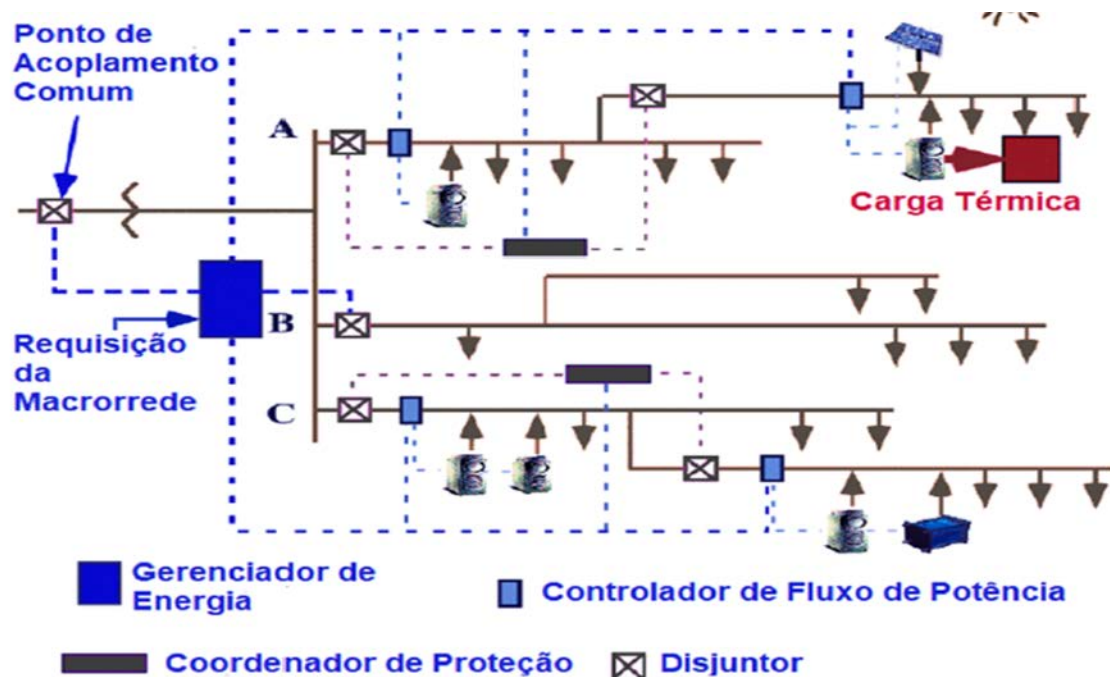
A aplicação da microrrede no Sistema Elétrico de Potência (SEP) pode envolver a utilização de um conjunto de geradores com diferentes características, como eólica, células a combustível, painéis solares, microturbinas, entre outras micro fontes. Esse conjunto de

geradores pode servir a um certo conjunto de cargas locais que podem ser por exemplo: um bairro, escolas, universidades, hospitais e indústrias.

2.1.1 Arquitetura básica de uma microrrede

O esquema estrutural da arquitetura básica de uma microrrede é observado na Figura 1. Essa arquitetura é formada por cargas e micro fontes de alimentação conectadas através de uma rede de distribuição de média tensão ou baixa tensão operando como um único sistema. Essas redes são equipadas com interfaces de eletrônica de potência para ter as funções de controle, medição e proteção em modo de operação ilhado ou conectado à rede. No exemplo da Figura 1, o sistema conta com três alimentadores A, B e C e uma coleção de cargas. Tem um controlador central de fluxo de potência próximo à carga de calor no alimentador A. Este controlador regula o fluxo de potência do alimentador e se comunica com os controladores locais e os sistemas de proteção (LASSETER, 2002).

Figura 1 - Arquitetura básica de uma microrrede



Fonte: Adaptado de Lasseter (2002).

O controlador de micro fonte é uma parte importante da microrrede. O controlador responde em milissegundos e usa informações locais para controlar a micro fonte. As entradas

básicas do controlador de estado estacionário são o ponto de ajuste de energia P e a tensão do barramento local V (LASSETER, 2002).

A otimização do sistema é fornecida pelo Gerenciador de Energia que utiliza informações sobre as necessidades locais de eletricidade e calor, requisitos de qualidade de energia, custos de eletricidade e gás, necessidades de serviço de atacado/varejo, necessidades especiais de rede, solicitações de gerenciamento do lado da demanda, níveis de congestionamento etc. para determinar a quantidade de energia que o microrrede deve retirar do sistema de distribuição (LASSETER, 2002).

A proteção deve responder às falhas do sistema e da microrrede. Se a falha ocorrer na rede elétrica, a resposta necessária pode ser isolar a microrrede da rede principal o mais rápido possível para proteger a carga interna. A velocidade de isolamento depende do cliente específico. Em alguns casos, a compensação de queda de tensão pode ser realizada sem ser separada do sistema de distribuição de energia para proteger as cargas críticas. Se a falha ocorrer dentro da microrrede, o coordenador de proteção isolará o menor ponto de alimentação radial possível para eliminar a falha. A proteção de distribuição mais tradicional é baseada na detecção remota de curto-circuito (LASSETER, 2002).

2.1.2 Tipos de microrredes

Segundo Hayden (2013), os tipos gerais de microrredes são:

- Microrredes institucionais: O objetivo das é acrescentar geração de energia elétrica em locais com várias cargas que estão localizadas em algum ambiente institucional (como um campus de universidade), as quais podem ser facilmente gerenciadas. A escala de potência instalada varia de 4 MW a mais de 40 MW (HAYDEN, 2013);
- Microrredes remotas: São as microrredes que funcionam de forma isolada e nunca se conectam à rede principal de alimentação de energia elétrica, por razões econômicas ou geográficas. Esse tipo de microrrede costuma ser instalada em áreas distantes de qualquer ponto de transmissão ou de qualquer infraestrutura de distribuição de energia integrada, tornando impossível ou difícil a manutenção da conexão com a rede geral de distribuição (HAYDEN, 2013);
- Microrredes militares: O foco deste tipo de rede é melhorar o nível de segurança das instalações militares e aumentar a capacidade do sistema de se recuperar quando a rede principal falhar (HAYDEN, 2013);
- Microrredes remotas: Esse tipo de microrrede está se tornando uma escolha comum em países da América do Norte e em países da Ásia, porque fornece maior

resiliência de rede local e maior segurança, como backup para a rede principal e a capacidade de controlar o uso em determinados horários do dia. No entanto, esse tipo de uso ainda carece de supervisão e disseminação do conhecimento quanto aos padrões de segurança e uso (HAYDEN, 2013).

2.2 MICRORREDES E OS RECURSOS DISTRIBUÍDOS DE ENERGIA ELÉTRICA

As microrredes de energia elétrica são caracterizadas pelo uso de recursos distribuídos de energia elétrica (Distributed Energy Resources - DERs). Os DERs são tecnologias de pequeno porte, normalmente conectados em redes de distribuição, geralmente compostos por fontes renováveis de energia como geração fotovoltaica, eólica, aproveitamento de biogás, células de combustíveis e dispositivos de armazenamento de energia elétrica (HATZIARGYRIOUA *et al.*, 2007).

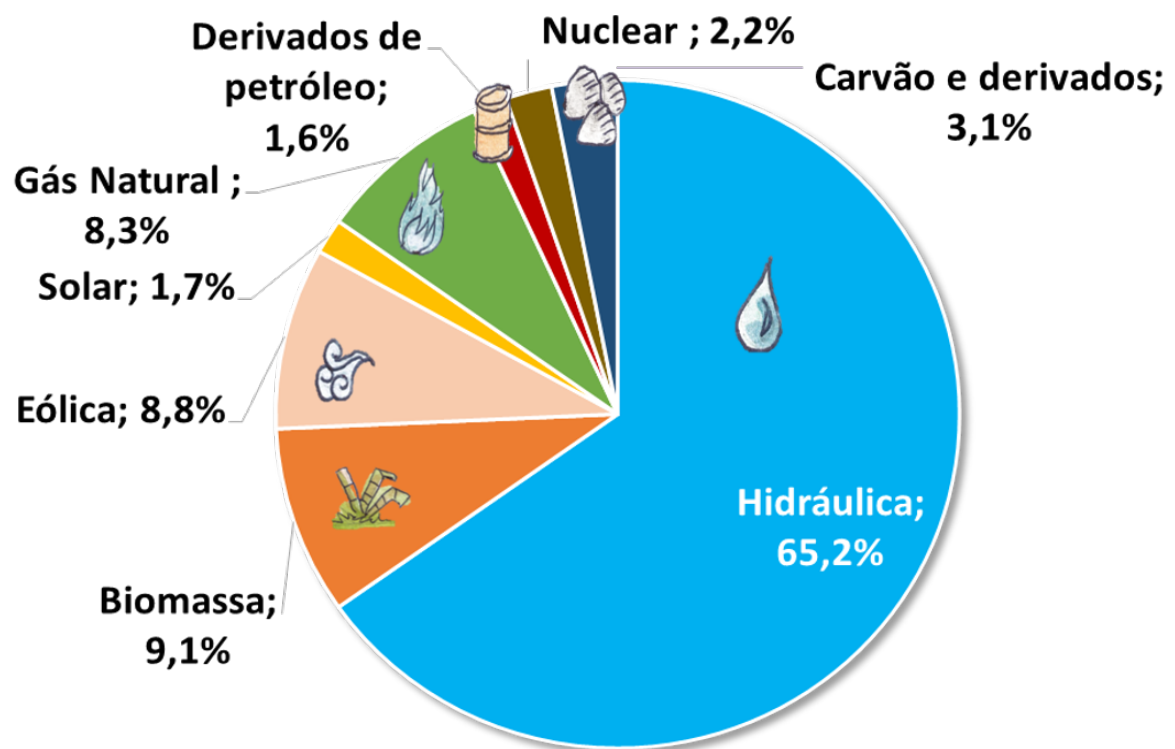
Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) a definição geral de Geração Distribuída (GD) é a geração elétrica produzida próxima ao local de consumo e tem as seguintes características (INEE, 2004):

- Proceder de diversas fontes primárias de energia podendo ser de energia renovável ou não;
- Não se associa a uma tecnologia específica;
- Não implica em propriedade: os equipamentos geradores junto ao consumidor podem ser, ou não, de sua propriedade;
- Não implica em dimensões de geração máxima ou mínima.

De acordo com o CIGRÉ, geração distribuída é a geração que não é planejada de modo centralizado, nem despachada de forma centralizada, sem a presença de um órgão que comande as ações das unidades de geradores distribuídos. Para o IEEE, uma GD é uma central de geração pequena o suficiente para estar conectada à rede de distribuição e próxima do consumidor (DIAS *et al.*, 2005). O módulo 1 do PRODIST descreve GD como sendo geração de energia elétrica, de qualquer potência, conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada e despachadas ou não (ANEEL, 2018). Neste trabalho, é adotada a definição do INEE, o qual apresenta que o conceito envolve uma geração mais próxima dos consumidores com um sistema que deixa de funcionar com poucas gerações centralizadas e passa a contar com outros tipos de gerações.

Atualmente, o Brasil tem como principal fonte de geração de energia elétrica as gerações centralizadas, segundo dados retirados do Balanço Energético Nacional Interativo (BEM) (Figura 2) 65,2% da geração de energia elétrica do país é de usinas hidroelétricas, 9,1% é de biomassa, 8,8% eólica, 1,7% solar, 8,3% gás natural, 1,65 petróleo e derivados, 2,2% nuclear e 3,1% carvão e derivados (ENERGÉTICA, 2021).

Figura 2 - Gráfico do estado de geração de energia elétrica no Brasil



Fonte: Energética (2021).

Embora o Brasil tenha sua maior parte de geração de energia elétrica centralizada, a diversificação com o uso de GD mostra-se importante, pois o impacto ambiental, a necessidade para alternativas em períodos de seca e o custo com a manutenção e construção de linhas de transmissão e centrais geradoras são fatores que justificam a descentralização (CORREA, 2006).

2.2.1 Sistemas de armazenamento de energia elétrica.

Sistemas de armazenamento de energia elétrica são sistemas que convertem energia elétrica em outra forma de energia armazenável (química, mecânica, térmica etc.) durante o

processo de carregamento e a converte de volta em energia elétrica durante o processo de descarga. Existem muitas tecnologias de armazenamento disponíveis em diferentes estágios de maturidade, desde pesquisas até aplicações comerciais (BUENO *et al.*, 2016).

As fontes de GD são normalmente de pequena capacidade de geração e a maioria requer inversores para converter a saída de energia elétrica. As conexões desse tipo de fonte podem ser consideradas sistemas com baixa ou sem inércia (SOULTANIS *et al.*, 2006). Este sistema livre de inércia não pode usar a inércia da máquina comum em sistemas em massa para responder à potência inicial ou de pico ou incompatibilidades de energia. Portanto, a microrrede precisa de um sistema de armazenamento de energia para resolver o problema de incompatibilidade (DELL *et al.*, 2001). Alguns trabalhos como o de Hall e Bain (2008) já previam sistemas versáteis de armazenamento de energia elétrica que ofereciam amplas faixas de densidade de potência e densidade de energia. Tais sistemas devem se comportar com controle ótimo para gerar à microrrede a estabilidade necessária para uma operação segura.

Os recursos distribuídos de energia elétrica transformam a topologia do sistema elétrico de distribuição que, normalmente, funciona de forma radial, ou seja, a energia elétrica é gerada apenas por uma extremidade do sistema. Após a inserção massiva de GD e de novas tecnologias, o sistema passa a ter a topologia em anel, conforme apresentado na Figura 3. O sistema elétrico passa a funcionar com o conceito rede inteligente (*smart grid*). A principal mudança destas redes é a ampla utilização da medição digital com comunicação bidirecional, dando maior autonomia para a rede através de controladores e atuadores em tempo real, além da maior interação com o usuário da energia. Outra grande mudança é a capacidade do usuário não só consumir energia elétrica, mas também produzir com o uso de geradores distribuídos em suas residências (LOPES *et al.*, 2012).

Figura 3 - Geração distribuída



Fonte: Lopes et. al. (2012).

Os recursos distribuídos podem ser trifásicos ou monofásicos e permitem que os consumidores reduzam custos com a energia (VIEIRA, 2012). A produção de energia elétrica descentralizada proporciona, em algumas situações, redução do investimento em infraestrutura necessária para o SEP adequar a demanda de energia elétrica e incentiva à expansão do mercado da energia elétrica (SANTOS *et al.*, 2016).

2.3 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Este capítulo abordou os principais conceitos e definições sobre as microrredes.

Uma microrrede é composta basicamente por cargas, geradores e armazenadores de energia distribuídos, onde o usuário pode ser tanto consumidor e tanto gerador. As microrredes podem ser caracterizadas como institucionais, remotas, militares, industriais ou comerciais. As microrredes apresentam vários benefícios para o sistema elétrico, pois diminuem o custo com construções e manutenções de linhas de transmissão, facilitam o acesso de energia elétrica a áreas remotas e podem fazer parte do sistema geral de distribuição tendo a capacidade de “ilhamento” em casos de faltas e falhas no sistema.

O foco deste trabalho são as microrredes remotas ou isoladas, pois elas desempenham um papel importante nos projetos de eletrificação de áreas remotas em todo o mundo. Para

esses sistemas funcionarem de maneira adequada, é necessária especial atenção para a qualidade de energia elétrica. O próximo capítulo tratará da qualidade de energia elétrica no contexto das microrredes.

3 MICRORREDES E A QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

A crescente utilização de equipamentos eletrônicos e geração distribuída tem aumentado a necessidade de uma maior atenção à qualidade de energia elétrica, inclusive com alterações nas terminologias dos distúrbios elétricos. Atualmente, a Norma IEC classifica os fenômenos eletromagnéticos nos seguintes grupos (DUGAN, 2012):

- Fenômenos de baixa frequência conduzidos: harmônicas, inter-harmônicas, sistemas de sinal, flutuações de tensão (oscilações), quedas e interrupções de tensão, desequilíbrio de tensão, variações de frequência, tensões de baixa frequência induzidas;
- Fenômenos de baixa frequência irradiados: campos magnéticos e campos elétricos;
- Fenômenos de alta frequência conduzidos: tensões ou correntes de onda contínua induzida, transientes unidirecionais, transientes oscilatórios;
- Fenômenos de alta frequência irradiados: campos magnéticos, campos elétricos, campos eletromagnéticos, ondas contínuas e transientes;
- Fenômenos de descarga eletrostática;
- Pulso eletromagnético nuclear.

Na norma IEC, os parâmetros utilizados para a medição de fenômenos de estado estacionário são: amplitude, frequência, espectro, modulação, impedância da fonte. Para os fenômenos de estado não estacionário tem-se os seguintes parâmetros utilizados para medição: taxa de aumento, amplitude, duração, espectro, frequência, taxa de ocorrência, potencial energético e impedância da fonte (DUGAN, 2012).

A qualidade de energia elétrica (QEE) se refere às condições de atendimento do consumidor a partir de determinados padrões de qualidade. Estes padrões identificam certos parâmetros que devem ser atingidos para que se possa garantir a confiabilidade e segurança da operação, transmissão e distribuição do sistema. A QEE remete a uma ampla diversidade de fenômenos eletromagnéticos que exprimem a tensão e corrente em um determinado instante e ponto no sistema de energia (IEEE, 2009).

Em Dugan (2020), são descritas quatro razões principais para o crescente interesse na QEE: 1. equipamentos com controle baseados em microprocessadores que são mais sensíveis às variações de QEE; 2. a crescente ênfase da eficiência geral do sistema de energia elétrica que resulta na utilização de equipamentos modernos que proporcionam o aumento dos níveis harmônicos no sistema de energia; 3. a maior informação e preocupação do consumidor final

e; 4. o fato de muitas coisas estarem conectadas em apenas uma rede que a falha de qualquer componente pode ter consequências muito mais importantes.

Ibrahim e Morcos (2002) apresentam outras razões para se atentar à QEE:

- Os processos industriais mais complexos e automatizados, o que resulta em uma perda financeira caso algum equipamentos pare de funcionar;
- A utilização em massa de computadores;
- O uso de equipamentos eletrônicos de potência muito mais sofisticados, que são usados para melhorar a estabilidade, operação e eficiência do sistema (esses dispositivos são uma importante fonte de má qualidade de energia e são vulneráveis a essa qualidade de energia);
- O cliente com a possibilidade de exigir das empresas fornecedoras de energia maior qualidade de energia;
- A interconexão de sistemas, resultando em consequências mais graves caso algum equipamento falhe;
- O uso de geração distribuída.

Acompanhando a evolução do setor de energia elétrica mundial, a ANEEL formulou um grupo de diretrizes chamado “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST” o qual normatiza e padroniza as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica e é composto por onze módulos que abrangem as macros áreas de ações técnicas dos agentes de distribuição. O módulo 8 do PRODIST estabelece os procedimentos relativos à QEE, abordando a qualidade do produto, qualidade do serviço e qualidade do tratamento de reclamações (ANEEL, 2018).

Para trabalhar com a QEE, deve-se tratar de vários problemas que afetam a população no geral. Tais problemas vão desde, incômodos visuais causados pela variação luminosa devido à má regulação da tensão até a interferência em equipamentos eletrônicos, provocadas por interrupções no fornecimento de energia elétrica (DECKMANN *et al.*, 2018). São vários os distúrbios que afetam a QEE e eles são divididos em dois tipos transitórios que são pequenas variações das características de tensão ou corrente de seu valor nominal ou ideal; E permanentes são eventos maiores que ocorrem ocasionalmente (BOLLEN, 2003). Segundo o módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2018) para analisar distúrbios transitórios deve-se cuidar das Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD).

E para análise de distúrbios de regime permanente deve-se cuidar:

- Tensão em regime permanente;

- Fator de potência;
- Harmônicos;
- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de tensão;
- Variação da frequência.

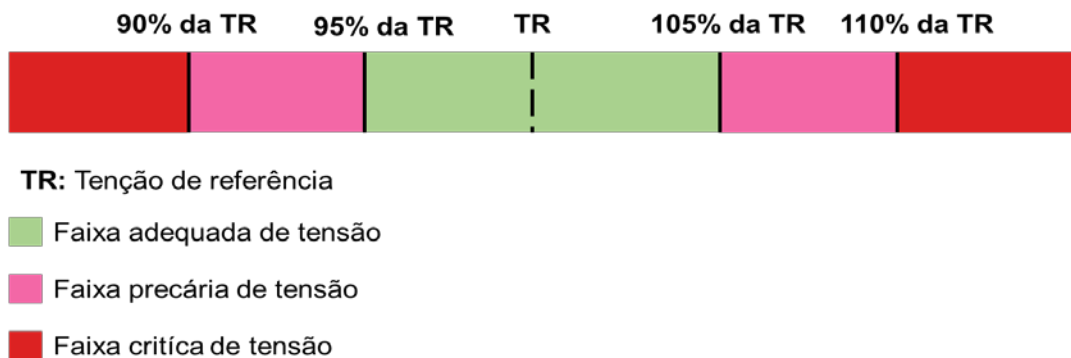
Dentro de cada uma desses parâmetros se conecta os distúrbios de QEE

O estudo da QEE exige um nível alto de conhecimento de várias áreas da engenharia elétrica, o que torna os problemas de QEE muitas vezes complexos e necessitam de formas mais automatizadas para identificação e solução. Com o novo cenário emergente das microrredes, a QEE se torna também um assunto importante a ser tratado em microrredes. Com a capacidade de funcionar em modo ilhado, a microrrede deve possuir recursos próprios para detectar e manter a QEE, principalmente com valores nominais de tensão e frequência (SERBAN *et al.*, 2008).

3.1 TENSÃO EM REGIME PERMANENTE

A variação de tensão em regime permanente é um indicador dos níveis de tensão e é calculado pelo percentual da amplitude da senóide da tensão por um tempo maior que três minutos, esses valores podem abranger tanto sobre tensão quanto subtensão (DUGAN *et. al.*, 2004). Conforme o Módulo 8 do PRODIST os valores de tensão obtidos por medição devem ser comparados a tensão de referência, a qual deve ser a tensão nominal ou a contratada. Para cada tensão de referência as leituras classificam-se em três níveis: adequadas, precárias ou críticas conforme é visto na Figura 4. O Módulo 8 do PRODIST estabelece também os indicadores individuais e coletivos que visam informar a conformidade da tensão elétrica, os critérios de medição e de registro e os prazos para compensação ao consumidor, caso as medições de tensão excedam os limites desses indicadores (ANEEL, 2018).

Figura 4 - Faixas de tensão em relação à da referência



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

O afundamento da tensão acontece quando o valor eficaz da tensão é 10% menor que o valor nominal da tensão. A norma IEC 61000-4-30 especifica que o valor eficaz de tensão para reconhecimento do afundamento de tensão pode ser entre 85% a 90 % do valor da tensão de referência já o Módulo 8 do PRODIST define em 90%. Os afundamentos de tensão são o resultado de eventos como ligar ou desligar banco de capacitores ou circuitos sobrecarregados.

Já a elevação da tensão é quando o valor eficaz da tensão é 10% maior que o valor nominal da tensão. Para a elevação de tensão o evento começa quando pelo menos uma fase apresenta o valor eficaz da tensão maior 110% do valor da tensão de referência e termina quando a última fase passar pelo valor tanto na norma IEC 61000-4-30 como no Módulo 8 do PRODIST. As elevações de tensão podem ser a consequência da troca de carga ou de variações na compensação reativa no sistema (IEEE Std. 1159-2009; 2009).

3.2 FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência é a razão entre a potência ativa (W) e a potência aparente (VA). Algumas cargas consomem energia reativa indutiva, como os motores, fornos de indução, entre outros. Estas cargas indutivas necessitam de um campo eletromagnético para que seu funcionamento aconteça, desta forma, são precisas duas potências, a ativa e a reativa.

A potência ativa é a potência que é consumida pela carga, enquanto a reativa além de não gerar trabalho, impacta no dimensionamento do sistema elétrico, seja no equipamento ou na linha da concessionária. Assim, o fator de potência é utilizado para definição da eficiência do uso da energia. Quanto mais próximo do valor unitário, melhor é o fator de potência e menos potência reativa o equipamento está gerando para o SEP.

O processo de introduzir elementos reativos para levar o fator de potência a um valor mais próximo da unidade é chamado de correção do fator de potência. Como em geral as cargas são indutivas, o processo normalmente envolve a introdução de elementos capacitivos (BOYLESTAD, 2010).

Segundo Boylestad (2010) com a correção do fator de potência o resultado é uma fonte cuja intensidade é igual à parte real da corrente na carga, que pode ser considerado menor que a intensidade de corrente na carga.

Pelo PRODIST, o controle do fator de potência deve ser efetuado por medição permanente e obrigatória a no caso de unidades consumidoras atendidas em Sistemas de Distribuição de Média Tensão (SDMT) e Sistemas de Distribuição de Alta Tensão (SDAT) e nas conexões entre distribuidoras, ou por medição individual permanente e facultativa nos casos de unidades consumidoras do Grupo B com instalações conectadas pelo Sistemas de Distribuição de Baixa Tensão (SDBT), observando do disposto em regulamentação Para unidade consumidora ou conexão entre distribuidoras com tensão inferior a 230 kV, o fator de potência no ponto de conexão deve estar compreendido entre 0,92 (noventa e dois centésimos) e 1,00 (um) indutivo ou 1,00 (um) e 0,92 (noventa e dois centésimos) capacitivo, de acordo com regulamentação vigente (ANEEL, 2018).

3.3 DISTORÇÕES HARMÔNICAS

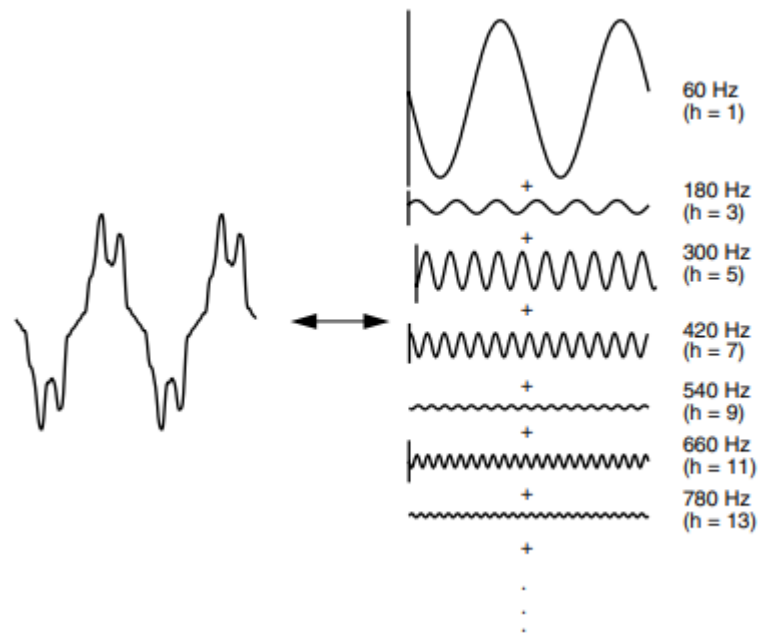
Harmônicos são tensões ou correntes senoidais com frequências que são múltiplos inteiros da frequência na qual o sistema foi projetado para operar (IEEE Std. 1159-2009; 2009). Por meio dos harmônicos é possível identificar e diagnosticar distúrbios na rede. Um dos principais efeitos dos harmônicos é o aumento da corrente, o que causa um desbalanceamento do sistema (ARAÚJO, 2015). As cargas industriais são mais afetadas com tais distorções, visto que possuem um maquinário como drives de velocidade, fornos de arco, de indução que são mais propícios a problemas decorrentes de distorção harmônica, diferente do consumidor final doméstico (DUGAN, 2012).

A Figura 5 ilustra que qualquer forma de onda periódica pode ser expressa como sendo a soma de senóides. Fourier demonstrou que qualquer função periódica pode ser expressa como a soma de funções seno e cosseno.

Quando ambos os semiciclos positivos e negativos de uma forma de onda têm formas idênticas, fala-se que a série de Fourier contém harmônicos ímpares. Quando aparece

harmônicos pares, a certeza de que existe algo errado é muito grande, com exceção nos retificadores de meia onda e fornos a arco, pois os arcos são aleatórios (DUGAN,2012)

Figura 5 - Série de Fourier de uma forma de onda distorcida



Fonte: Dugan (2012).

O Módulo 8 do PRODIST especifica os harmônicos da mesma forma que a norma IEC 61000-4-30 que é através da norma IEC 61000-4-7 que é uma normatização específica para a medição de harmônicos na rede elétrica. A Tabela 1 expõe os limites de distorções harmônicas totais que correspondem ao máximo valor desejável a ser observado no sistema de distribuição.

Tabela 1 - Limites das distorções harmônicas totais (em % da tensão nominal)

Indicador	Tensão Nominal		
	$V_n \leq 1,0 \text{ kV}$	$1,0 \text{ kV} < V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 203 \text{ kV}$
DTT95%	10%	8%	5%
DTT _p 95%	2,5%	2%	1%
DTT _i 95%	7,5%	6%	4%
DTT ₃ 95%	6,5%	5%	3%

Fonte: ANEEL (2018).

Onde:

- DTT% é a distorção harmônica total de tensão;
- DTT_p% é a distorção harmônica total da tensão para as componentes pares não múltiplas de 3;
- DTT_i% é a distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de três;
- DTT₃% é a distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3.

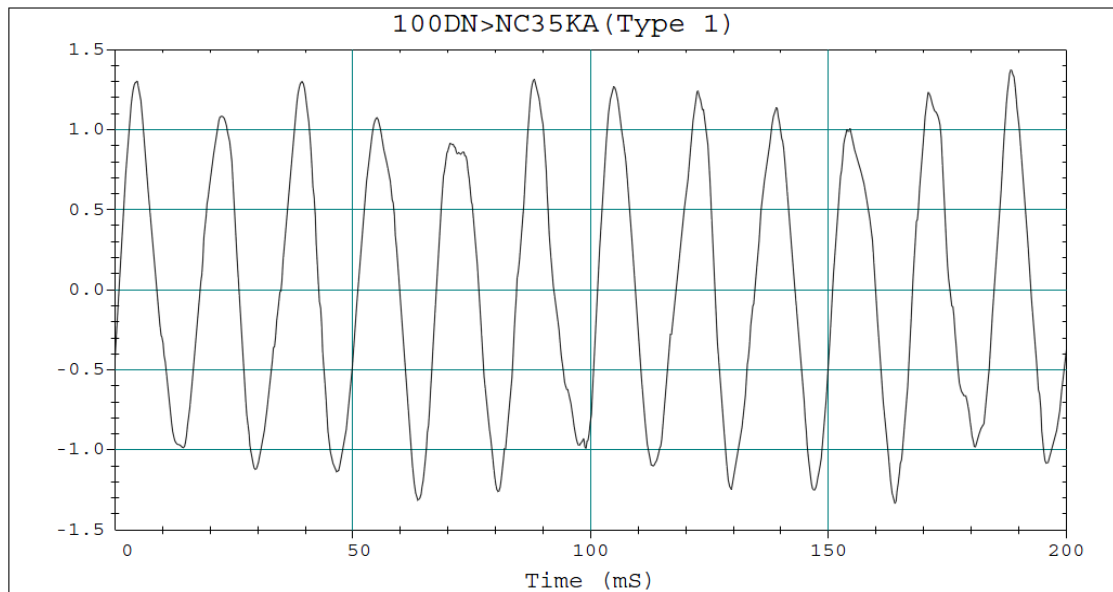
3.4 FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

A flutuação de tensão ou cintilação, pode ser definida como variações do valor eficaz da tensão. Pelo Módulo 8 do PRODIST, a determinação da qualidade da tensão quanto a flutuação de tensão tem por finalidade avaliar o incômodo provocado pelo efeito das variações luminosas no consumidor.

O termo flutuação de tensão é utilizado para se referir quando um ser humano nota uma mudança que ocorre na intensidade de iluminação das fontes de luz. O termo torna-se complexo de se avaliar, visto que depende do fator humano para sua definição. Do ponto de vista elétrico, a cintilação é uma flutuação de tensão com uma amplitude geralmente menor do que o limite do equipamento. Com isso, fala-se que o efeito das flutuações rápidas de tensão são as oscilações (BAGGINI,2008).

As variações da corrente podem provocar o efeito de cintilação pela mesma rede. Cargas que variam ciclicamente, cuja frequência de operação produz uma modulação na magnitude da tensão de 0 a 30 Hz é a principal causa da flutuação de tensão (ARAÚJO, 2015). Na Figura 6 é exposto um exemplo da flutuação de tensão em lâmpada devido a um forno elétrico.

Figura 6 - Exemplo da flutuação de tensão causada por um forno elétrico



Fonte: IEEE Std. 1159-2009 (2009).

Tanto o Módulo 8 do PRODIST quanto a norma IEC 61000-4-30 se baseiam na norma IEC 61000-4-15 que define os indicadores

- Plt (severidade de flutuação de tensão de longa duração): 2 horas;
- Pst (severidade de flutuação de tensão de curta duração): 10 minutos.

Além disso, a norma também define o valor diário (PstD95%), semanal (PstS95%) e o fator de transferência, que corresponde à relação entre o PstD95% do barramento de distribuição e o PstS95% do barramento do sistema secundário de baixa tensão de distribuição.

A Tabela 2 fornece os limites a serem utilizados para a avaliação do desempenho do sistema de distribuição referente a flutuação de tensão.

Tabela 2 - Limites para a flutuação de tensão

Indicador	Tensão nominal		
	$V_n \leq 1,0 \text{ kV}$	$1,0 \text{ kV} < V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
Pst 95%	1,0 pu	1,5 pu	2,0 pu

Fonte: ANEEL (2018).

Os limites correspondem ao máximo valor desejado a ser observado no sistema de distribuição.

3.5 VARIAÇÃO DE FREQUÊNCIA

O sistema de distribuição e as instalações de geração conectadas ao mesmo devem, em condições normais de operação e em regime permanente, operar dentro dos limites de frequência situados entre 59,9 Hz e 60,1 Hz (ANEEL, 2018).

Variações de frequência que saem fora dos limites aceitos para o normal de operação em estado estacionário do sistema de energia, podem ser causadas por falhas no sistema de transmissão de energia, uma grande carga sendo desconectado ou uma grande fonte de geração saindo de linha (DUGAN, 2002).

Quando da ocorrência de distúrbios no sistema de distribuição, as instalações de geração devem garantir que a frequência retorne, no intervalo de tempo de 30 (trinta) segundos após a transgressão, para a faixa de 59,5 Hz a 60,5 Hz, para permitir a recuperação do equilíbrio carga-geração (ANEEL, 2018).

3.6 VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO – VTCD

Variações de tensão de Curta Duração (VTCD), também conhecidas como variações momentâneas, instantâneas ou temporárias (DUGAN, 2012). As VTCD's são causadas por falhas na energização de grandes cargas com altas correntes de partida ou conexões soltas. Ou seja, são desvios significativos do valor da tensão durante um intervalo de tempo definido. Segundo a IEC (2015), o tempo para a variação de tensão de curta duração tem um limite de 1 min e segundo o módulo 8 do PRODIST, esse limite é de 3 min.

Dependendo de onde for a falha, ela pode ser temporária, instantânea ou momentânea. Tendo como consequência quedas temporárias de tensão, acréscimos temporários de tensão e perda temporária completa de tensão ou interrupção (DUGAN, 2012). As variações de tensão de curta duração são classificadas de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração

(continua)

Classificação	Denominação	Duração de Variação	Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de tensão	Inferior ou igual a três segundos	Inferior a 0,1 pu
	Afundamento momentâneo de tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 pu (continuação)
	Elevação momentânea de tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior a 1,1 pu
Variação temporária de tensão	Interrupção temporária de tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Inferior a 0,1 pu
	Afundamento temporário de tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 pu
	Elevação temporária de tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior a 1,1 pu

Fonte: ANEEL (2018).

A norma IEC 61000-4-30 determina que o princípio de medição da tensão eficaz para quantificação das TDC de ser o valor eficaz da tensão calculado a cada meio ciclo, sendo que o valor da tensão eficaz de meio ciclo deve incluir obrigatoriamente as distorções harmônicas, assim como inter harmônicas de tensão. Os limites de detecção para as VTDC são de 85% ou 90% da tensão de referência, para o caso dos afundamentos momentâneos de tensão e de 110% da tensão de referência para caso das elevações momentâneas de tensão.

3.7 DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

A tensão gerada nos geradores trifásicos do SEP é necessariamente defasada 120 graus entre si e com magnitudes iguais. Porém, da geração até o consumidor final as tensões podem estar desequilibradas por vários motivos. Uma das principais causas do desequilíbrio de tensão é a divisão desigual de cargas monofásicas, que podem estar mudando continuamente em um sistema de energia trifásico (VON JOUANNE; BANERJEE, 2000). As microrredes, principalmente funcionando em modo ilhado, tem grandes desafios em controlar a sua própria tensão devido aos geradores distribuídos e cargas desequilibradas.

Segundo o Std IEEE 1159, (2009) e o Módulo 8 do PRODIST da ANEEL, (2018) o desequilíbrio de tensão pode ser definido como a razão entre a magnitude do componente de sequência negativa e a magnitude do componente de sequência positiva. O desequilíbrio de tensão em sistemas trifásicos com cargas desequilibradas é considerado normal, porém, não deve ultrapassar certos valores com possibilidade de diminuir a vida útil de equipamentos eletrônicos, ele deve ser menor ou igual a 2%.

Existem diversos métodos para medir o desequilíbrio de tensão, tais como: Os métodos NEMA (*National Electrical Manufacturers Association of USA*) e IEEE, que trabalham com os módulos das tensões; O método de componentes simétricas decompõe o sistema trifásico em três sistemas equilibrados, assim necessitando de dados tanto de módulo como fase; e o método do CIGRE (*Congress Internationales des Grand Réseaux Électriques a Haute Tension*) onde se tem resultados parecidos com o método das componentes simétrica, porém utilizando apenas os módulos das tensões de linha (BENETELI, 2015). Este trabalho utiliza como base o método das componentes simétricas conforme é usado no Módulo 8 do PRODIST.

O método das componentes simétricas calcula o Fator de Desequilíbrio (FD) através da decomposição das tensões de fase em sequência positiva, sequência negativa e sequência zero. Este método é definido pela razão entre os módulos de sequência negativa e sequência positiva, assim como é visto na equação (1).

$$FD(\%) = \frac{|V_{neg}|}{|V_{pos}|} \cdot 100 \quad (1)$$

Sendo, em que:

$|V_{neg}|$ é o módulo da tensão de sequência negativa.

$|V_{pos}|$ é o módulo da tensão de sequência positiva.

3.8 PROBLEMA DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA NAS MICRORREDES

Em Serban *et. al.*, (2008) mostra vários tipos de problemas de QEE em uma microrrede funcionando em modo isolado, em relação à regulação de frequência. Uma microrrede isolada precisa ter recursos próprios para manter a qualidade da energia, principalmente os valores nominais de tensão e frequência. As variações de tensão dependem da potência reativa do sistema, enquanto a frequência depende do equilíbrio de potência ativa. O trabalho apresenta topologias de controladores *dump load* (DL) que são controladores de cargas eletrônicas e que não usam nenhum controle do lado mecânico dos geradores. Esses controladores fornecem regulação de frequência apenas se a energia gerada for maior do que a

consumida. O artigo comparou três configurações de DLs do ponto de vista do conteúdo de harmônicas da corrente. Os autores sugerem uma nova configuração, diferente das mostradas na literatura, com menos conteúdo harmônico que as outras, e tem a possibilidade de potencializar a redução de desequilíbrio nas microrredes.

O trabalho de Su, *et. al.* (2013) apresenta o desenvolvimento de uma plataforma de análise baseada em interface gráfica de usuário para monitorar a qualidade de energia de uma microrrede. Em 2010 uma microrrede completa foi montada em Taiwan no *Institute of Nuclear Energy Research* (INER). Com as características de operação da rede de distribuição, recursos distribuídos e cargas não lineares, a microrrede apresenta alguns problemas de QEE, como desequilíbrio de tensão, harmônicos e oscilações. A plataforma de análise foi implementada em ambiente LabVIEW® e analisa a QEE através das formas de onda medidas por meio de pinças de tensão e corrente em nós selecionados da microrrede. Ela fornece detecção de harmônicos e *flickers*, cálculo de potência, ângulo de fase e valor RMS, valores máximos e mínimos de tensão e corrente. Os testes foram feitos com valores reais e obtiveram resultados que mostraram que a plataforma tem um bom desempenho dentro das metodologias existentes até então.

Segundo Li e Zhu (2015) as microrredes tem bons benefícios ambientais e econômicos os quais atraem a atenção de pesquisadores do mundo todo. Por outro lado, os problemas de QEE nas microrredes são muito mais críticos do que em uma rede usual devido à quantidade de recursos distribuídos, a alta penetração entre a rede tradicional e a microrrede, a diversidade de geradores distribuídos, diversidade de carga, conversão de energia e as microrredes possuem características exclusivas em comparação com a rede elétrica tradicional, tais como: os harmônicos são mais graves do que os que ocorrem em redes tradicionais, o controle de fluxo de potência bidirecional é muito mais desafiador, as flutuações e quedas de tensão acontecem com mais frequência e os fenômenos de sobre tensão e sobrecorrente também são mais frequentes. A disponibilidade de controladores de QEE que cuidem de todos esses problemas juntos é muito pouca e os investimentos em controladores específicos são muito altos. Então, o trabalho propõe um controlador de QEE com base em um reator variável fundamentado no controle de fluxo magnético, a fim de atender às características peculiares das microrredes. Os testes experimentais verificaram a validade do novo controlador.

Segundo Aredes, Hafner e Heumann (1997) o problema de qualidade das microrredes é bem mais sério do que aquele da rede tradicional devido à intermitência e aleatoriedade dos DERS, a alta penetração entre a rede convencional e a microrrede, a diversidade de DERS, a

carga, a unidade de conversão de energia, o armazenamento e estado operacional. A qualidade de energia das microrredes tem os seguintes recursos exclusivos em comparação com a rede elétrica convencional.

- As distorções harmônicas de fundo de DERs e alta harmônica de penetração são mais graves do que aquelas da rede tradicional. A rede tradicional tem menos sistema de retorno harmônico à terra, além também do harmônico ser principalmente da carga não linear. Porém, em microrrede, além de a carga não linear, DERs e conversores de armazenamento de energia, o acesso do sistema à microrredes também pode gerar harmônicos.
- Queda e flutuação de tensão acontecem com mais frequência nas microrredes. Em microrredes, exceto a flutuação de tensão e quedas com a mudança de carga, a maioria dos tipos de DERs, que são intermitentes e aleatórios, causarão flutuações de tensão na rede de distribuição.
- Os fenômenos de sobretensão e sobrecorrente são mais frequentes nas microrredes. Em geral, a microrrede é comparativamente pequena em capacidade, e o efeito da flutuação de tensão na carga na microrrede é maior do que na rede elétrica tradicional.

De acordo com Marinho (2011), que deu um exemplo de como uma microrrede se apresenta à rede circunvizinha, quando uma grande fonte produtora de energia a partir de biomassa está ligada em paralelo à rede distribuidora de energia elétrica, fornecendo potência ativa e reativa aos seus consumidores, qualquer oscilação neste fornecimento, como o súbito desligamento desta fonte sem uma gradual retirada de carga, pode causar flutuação na tensão do barramento de distribuição fazendo com que outras fontes produtoras, ligadas na mesma ramificação, tenham suas proteções acionadas.

3.8.1 A importância da detecção do desequilíbrio de tensão

Sabe-se que as redes de baixa tensão e as microrredes são naturalmente desequilibradas. O desequilíbrio de tensão causa problemas de funcionamento nos equipamentos trifásicos e componentes eletrônicos conectados às redes, sendo assim importante o estudo de metodologias de detecção, classificação e solução de desequilíbrios de tensão nas microrredes. O desequilíbrio de tensão tem como definição geral ser um distúrbio de QEE. Assim, este capítulo trata a QEE e o desequilíbrio de tensão com as suas principais definições a fim de justificar a detecção do desequilíbrio de tensão em microrredes.

Savaghebi et. al. (2013) aborda o desequilíbrio de tensão como um distúrbio causado principalmente por cargas desequilibradas conectadas à rede de distribuição. Diferentemente de alguns trabalhos que trazem a compensação *shunt* para atenuar o desequilíbrio de tensão, este trabalho aborda o uso de GDs para a compensação de desequilíbrio, onde traz a microrrede como uma solução para o problema de desequilíbrio de tensão nas redes de distribuição. Uma grande parte dos geradores de uma microrrede possui inversores, dos quais tem a função de regular os ângulos das fases. A abordagem de controle desses inversores usa as sequências positivas para gerar as referências de amplitude e de fase da tensão de saída dos GD. Os resultados obtidos mostram que o desequilíbrio de tensão é bem compensado pela utilização desta técnica de controle e o esforço de compensação é devidamente compartilhado entre os GDs.

No CERTS (LASSETER, 2002) trata o problema de desequilíbrio de tensão na microrrede admitindo que os geradores distribuídos operem até um dado valor de desequilíbrio, assim saindo de serviço seletivamente sempre que o valor exceder o pré-definido. Também é analisado que o desequilíbrio de tensão ocorre com FD mais altos quando a microrrede não está conectada à rede geral de distribuição.

Em alguns trabalhos encontrados na literatura é descrito e avaliado a viabilidade de estratégias de controle em microrredes funcionando em modo ilhado. Em uma rede de energia elétrica convencional existem geradores síncronos, que são normalmente responsáveis pelo controle de tensão e frequência dos sistemas, o que não se encontra com facilidade em uma microrrede. Quando ocorre o ilhamento de uma microrrede, principalmente por causa de eventos não planejados existe grande probabilidade de ocorrer desequilíbrio de tensão. O trabalho de Lopes *et al.* (2006) traz abordagem de controle dos inversores dos geradores distribuídos para compensar o desequilíbrio de tensão, utilizando para isso duas diferentes estratégias de controle o SMO (Single Master Operation) e MMO (Multi Master Operation) e ambas foram eficazes garantindo a operação adequada da microrrede. Em Hojo *et. al.* (2008) trata um método de balanceamento trifásico utilizando a capacidade excedente dos inversores já existentes na microrrede. Pelo método, os inversores produzem correntes adicionais de sequência negativa para reduzir as correntes de carga desequilibradas. O trabalho de Gaber, Othman e Singh (2016) apresenta uma microrrede com controlador central baseada em uma técnica heurística para gerenciar o desempenho da microrrede que é aplicada em um sistema de transporte.

O trabalho de Moreira (2008) diz que a integração maciça de unidades de GD pode causar mais problemas do que aqueles que pode resolver. Portanto, é imperativo definir novas

estratégias de integração de GD, através das quais uma perspectiva de sistema é usada a fim de explorar os benefícios potenciais que a DG pode proporcionar. O trabalho propõe o projeto de ótimas microrredes para funcionarem em modo ilhado, com o desenvolvimento e seleção de modelos adequados para simular o funcionamento de diferentes GDs, desenvolvimento de controle de emergência das microrredes para operação em modo ilhado e o desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação da robustez da microrrede. O conceito de microrrede é explorado com a abordagem de explorar os benefícios que as unidades de GD podem proporcionar aos sistemas de distribuição. O método se mostrou eficaz segundo o número das simulações apresentadas.

3.9 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Os fenômenos de qualidade de energia elétrica podem causar severos distúrbios na rede e incômodos ao consumidor final. Por isto, tais fenômenos necessitam de monitoramento repetitivo pelas distribuidoras a fim de entregar uma energia e um serviço com qualidade, para que isso prevaleça, a ANEEL criou o módulo 8 do PRODIST como formar de além de apresentar estes fenômenos, também detalhar como funciona as medições e análises deles.

Em modo isolado, a microrrede deve funcionar de forma autônoma, sendo obrigada a garantir os padrões QEE. Sabendo-se que nesse modo de funcionamento a microrrede tem características diferentes do caso em que se encontra ligada com o SEP. Como justificativa para este fato tem-se, a inexistência de geradores síncronos capazes de efetuar controle de tensão e frequência, a predominância de GDs acopladas à rede através de dispositivos de eletrônica de potência, ou a grande diminuição de potência de curto-circuito. Sendo assim o controle da tensão um dos maiores desafios de uma microrrede (VIEIRA, 2012).

A maior parte da literatura existente hoje se preocupa com a mitigação do desequilíbrio de tensão na microrrede e ou a microrrede sendo uma solução para o desequilíbrio de tensão em redes de distribuição quando funcionado conectado à rede geral de distribuição. Porém como qualquer outro distúrbio de QEE é preciso a sua identificação rápida e eficaz antes do processo de atenuação do distúrbio. Por essas razões e por ser um distúrbio de QEE muito recorrente em microrredes é que se escolheu o desequilíbrio de tensão como foco deste estudo.

4 MODELAGEM DA MICRORREDE TESTE

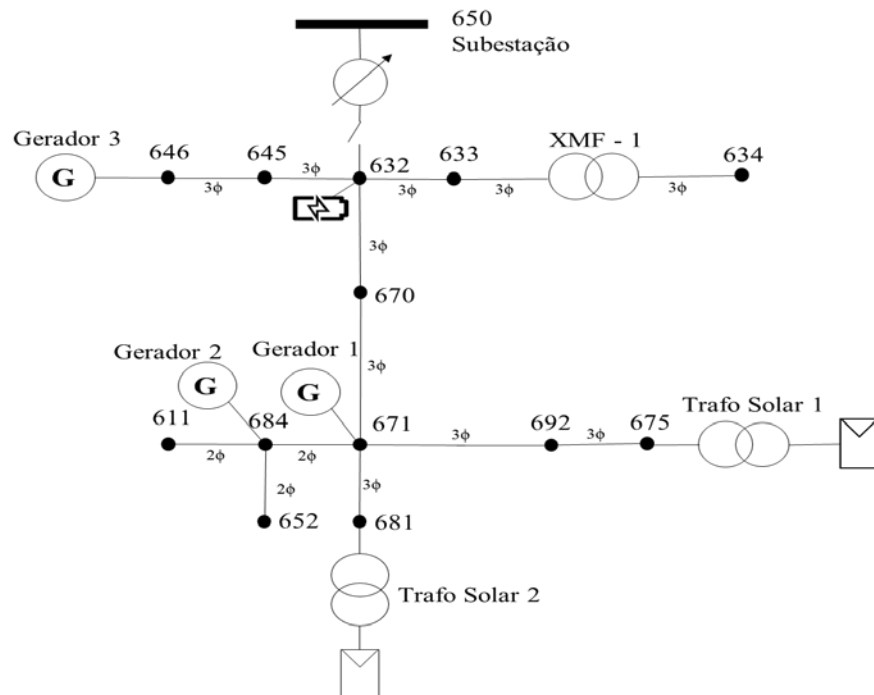
O presente capítulo apresenta a modelagem da microrrede teste. A microrrede escolhida foi adaptada da rede teste IEEE de 13 barras. A microrrede e os processos de modelagem serão apresentados nas seções a seguir. Para modelar a microrrede foi escolhido o software OpenDSS, visto que ele tem a possibilidade de ser controlado por meio de outros programas. No caso desta dissertação, o Python é o programa utilizado para esse controle. Como descrito em ANEEL (2014), o OpenDSS foi adotado pela ANEEL como um software de referência para o cálculo de perdas técnicas.

4.1 MICRORREDE DE TESTE

A rede teste IEEE 13 barras original, apesar de ter um número pequeno de barras, apresenta linhas trifásicas aéreas e subterrâneas desbalanceadas, ramais bifásicos e trifásicos de distribuição e cargas distribuídas (KERSTING, 1991). Uma chave de manobra é alocada entre a subestação e a barra 632 de modo que a rede possa funcionar na configuração de microrrede, desconectada do gerador principal. A fim de caracterizar uma microrrede, é preciso adicionar geradores distribuídos. Desta maneira, são acrescentados dois geradores trifásicos na barra 671 e outro na barra 646 e um gerador monofásico na barra 684, sistemas fotovoltaicos na barra 680 e na barra 675 e armazenadores de energia monofásicos na barra 632. O diagrama unifilar da microrrede é visto na Figura 7.

A microrrede é modelada no software OpenDSS que é um programa de simulação para sistemas de distribuição de energia elétrica baseado em linhas de comando, que definem os circuitos. Ele foi implementado em duas versões, a primeira corresponde a um programa executável autônomo e a segunda a um servidor COM (Component Object Model) da Microsoft implementado a partir de uma Dynamic-link library (DLL). De forma simplificada, a interface COM, através da versão DLL, permite que o OpenDSS possa ser controlado por outros programas (SANTOS *et al.*, 2020). O software pode ser utilizado para análises de geração distribuída, eficiência energética, análise de distorções harmônicas e outros tipos de análise.

Figura 7 - Diagrama unifilar da microrrede teste



Fonte: Adaptado de Kersting (1991).

A seguir serão descritos os modelos dos elementos da microrrede.

4.1.1 Linhas

A linha é um elemento de fornecimento de energia e é definida pelo elemento *line* no OpenDSS. Ela tem dois terminais e são modelados usando o modelo π e capacitores paralelos. Para caracterizar uma linha, é necessário definir sua matriz de admitância nodal, o que é feito por meio de sua informação sequencial de impedância, resistência e reatância ou através do elemento regular *LineCode* do OpenDSS (FREITAS, 2015). A Tabela 4 mostra o arranjo das linhas aéreas da microrrede e a Tabela 5 o arranjo das linhas subterrâneas.

Tabela 4 - Arranjo das linhas aéreas.

Arranjo	Sequência de fase	Condutor da fase ACSR	Condutor do neutro ACSR	Poste ID
601	BACN	556/500 26/7	4/0 6/1	500
602	CABN	4/0 6/1	4/0 6/1	500
603	CBN	1/0	1/0	505
604	ACN	1/0	1/0	505
605	CN	1/0	1/0	510

Fonte: Kersting (1991).

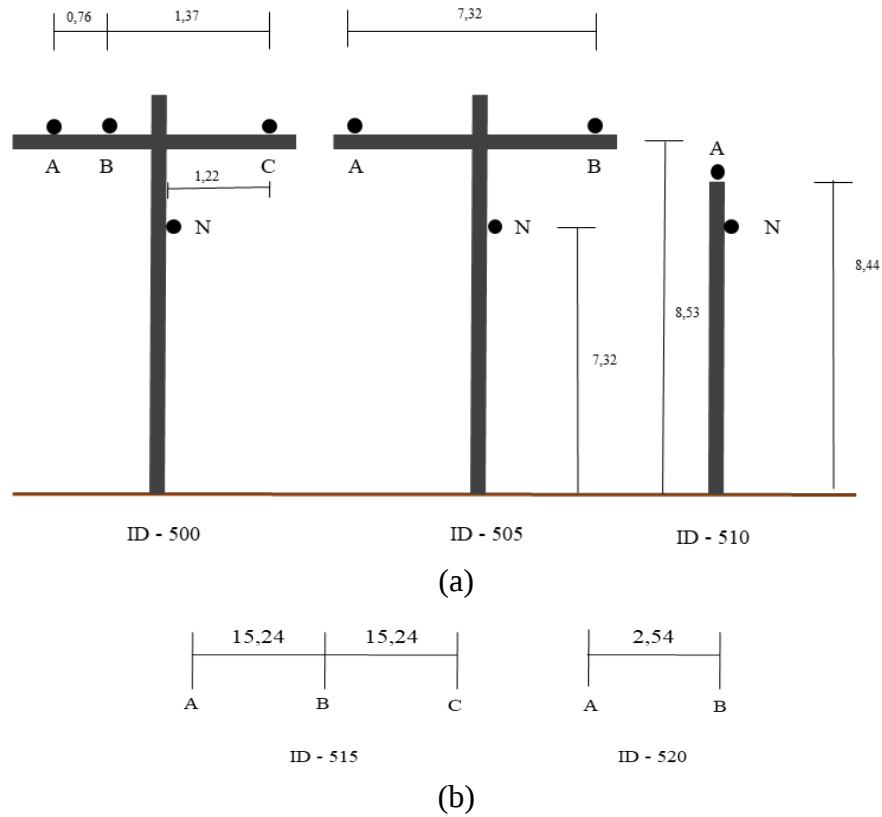
Tabela 5 - Arranjo das linhas subterrâneas.

Arranjo	Sequência de fase	Condutor da fase	Condutor do neutro	ID
606	ABCN	250,000 AA, CN	Sem	51 5
607	NA	1/0 AA, TS	1/0 Cu	52 0

Fonte: Kersting (1991).

Cada tipo de linha tem seu arranjo de impedâncias e características é um tipo de ID de poste. As configurações (ID) dos postes estão apresentadas na Figura 8 (a) onde as medidas estão em metros. E as configurações das linhas subterrâneas estão da Figura 8 (b) e as médias estão em centímetros.

Figura 8 - (a) Configuração do ID dos postes das linhas aéreas. (b) Configuração do ID das linhas subterrâneas.



Fonte: Kersting (1991).

Com as equações descritas em Grainger *et al.* (1994), os dados fornecidos nas Tabelas 6 e 7 e as informações dos postes das linhas aéreas e as linhas subterrâneas é possível calcular as matrizes de impedâncias e as matrizes de capacitâncias *shunt* de cada arranjo de linha. O condutor neutro não é apresentado em razão da redução de Kron (KERSTING, 2012). As matrizes são apresentadas a seguir.

- Arranjo 601:

$$[Z_{601}] = \begin{bmatrix} 0,2153 + j0,6325 & 0,0969 + ..0,3117 & 0,0982 + ..0,2632 \\ 0,0969 + ..0,3117 & 0,2097 + ..0,6511 & 0,0954 + ..0,2392 \\ 0,0982 + ..0,2632 & 0,0954 + ..0,2392 & 0,2121 + ..0,6430 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{Km}$$

$$[C_{601}] = \begin{bmatrix} 10,3833 & .3,2894 & .2,0759 \\ .3,2894 & 9,8228 & .1,2225 \\ .2,0759 & .1,2225 & 9,2936 \end{bmatrix} \frac{nF}{Km}$$

- Arranjo 602:

$$[Z_{602}] = \begin{bmatrix} 0,4676 + ..0,7341 & 0,0982 + ..0,2632 & 0,0969 + ..0,3117 \\ 0,0982 + ..0,2632 & 0,4645 + ..0,7446 & 0,0954 + ..0,2392 \\ 0,0969 + ..0,3117 & 0,0954 + ..0,2392 & 0,4621 + ..0,7526 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{Km}$$

$$[C_{602}] = \begin{bmatrix} 9,3931 & .1,7828 & .2,7862 \\ .1,7828 & 8,5369 & .1,0859 \\ .2,7862 & .1,0859 & 8,9508 \end{bmatrix} \frac{nF}{Km}$$

- Arranjo 603:

$$[Z_{603}] = \begin{bmatrix} 0,8261 + j0,8370 & 0,1284 + j0,2853 \\ 0,1284 + j0,2853 & 0,8226 + j0,8431 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{Km}$$

$$[Z_{603}] = \begin{bmatrix} 7,7626 & -1,4833 \\ -1,4833 & 7,6902 \end{bmatrix} \frac{nF}{Km}$$

- Arranjo 604:

$$[Z_{604}] = \begin{bmatrix} 0,8226 + j0,8431 & 0,1284 + j0,2853 \\ 0,1284 + j0,2853 & 0,8261 + j0,8370 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{Km}$$

$$[C_{604}] = \begin{bmatrix} 7,6902 & -1,4833 \\ -1,4833 & 7,7626 \end{bmatrix} \frac{nF}{Km}$$

- Arranjo 605:

$$[Z_{605}] = [0,8259 + j0,8373] \frac{\Omega}{Km}$$

$$[C_{605}] = [7,4488] \frac{nF}{Km}$$

- Arranjo 606:

$$[Z_{606}] = \begin{bmatrix} 0,4960 + ..0,2773 & 0,1883 + ..0,0204 & 0,1770 ...0,0089 \\ 0,1883 + ..0,0204 & 0,4903 + ..0,2511 & 0,1983 + ..0,0204 \\ 0,1770 ...0,0089 & 0,1983 + ..0,0204 & 0,4898 + ..0,2773 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{Km}$$

$$[C_{606}] = \begin{bmatrix} 159,6994 & 0 & 0 \\ 0 & 159,6994 & 0 \\ 0 & 0 & 159,6994 \end{bmatrix} \frac{nF}{Km}$$

- Arranjo 607:

$$[Z_{607}] = [0,8242 + j0,3184] \frac{\Omega}{Km}$$

$$[C_{607}] = [146,6753] \frac{nF}{Km}$$

As características de cada linha da microrrede podem ser vistas na Tabela 6. Elas estão especificadas entre os números das barras com o comprimento de cada uma e o arranjo.

Tabela 6 - Características das linhas da microrrede

Barra A	Barra B	Comprimento (km)	Arranjo
632	645	0,25908	603
632	633	0,25908	602
645	646	0,15538	603
650	632	0,6096	601
684	652	0,4145528	607
632	671	1,0363132	601
671	684	0,155448	604
671	680	0,51816	601
684	611	0,155448	605
692	675	0,259008	606

Fonte: Adaptação de Kersting (1991).

4.1.2 Transformadores

Um transformador é um elemento de potência com dois ou mais enrolamentos definidos pelo elemento *transformer*. Esses dispositivos podem ser monofásicos ou multifásicos e normalmente têm dois terminais, cada um com um conector que possui mais que seu número de fases. Para caracterizar um transformador, geralmente é necessário definir o número de enrolamentos, o número de fases, os componentes elétricos que caracterizam o circuito equivalente e as barras conectadas aos terminais do transformador (FREITAS, 2015). A microrrede possui quatro transformadores trifásicos, sendo dois deles elevadores para conexão dos sistemas fotovoltaicos na microrrede. As características de cada transformador são vistas na Tabela 7.

Tabela 7 - Tabela de características dos transformadores

Transformador	kVA	kV primário	kVsecundário	r(%)	x(%)
Subestação	5000	115 delta	4,16 estrela aterrada	1	8
XMF-1	500	4,16 estrela aterrada	0,48 estrela aterrada	1,1	2
Trafo solar 1	750	0,48 estrela aterrada	4,16 estrela aterrada	-	-
Trado solar 2	750	0,48 estrela aterrada	4,16 estrela aterrada	-	-

Fonte: Adaptado de Kersting (1991).

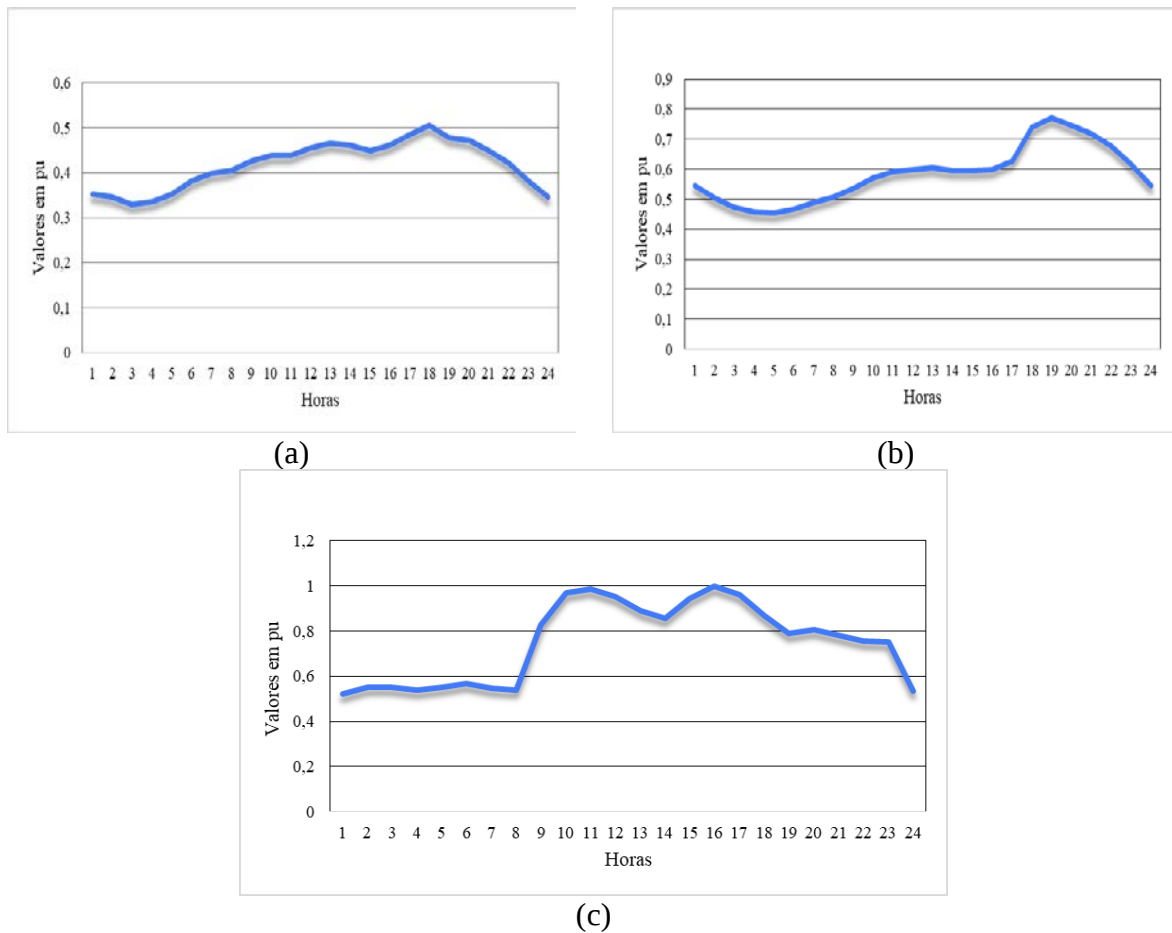
4.1.3 Cargas

A carga que é definida pelo elemento *load* no OpenDSS é um componente de conversão de energia que tem apenas um único terminal. O elemento *load* possui 8 modelos de cargas que podem ser utilizados nos circuitos sendo eles:

1. Potência ativa e reativa constantes.
2. Impedância constante.
3. Potência ativa constante e potência reativa quadrática.
4. Potência ativa não linear e potência reativa quadrática.
5. Corrente constante
6. Potência ativa constante e potência reativa fixada.
7. Potência ativa constante e impedância fixada.
8. Especial ZIP.

Como neste trabalho é utilizado o modo de simulação diário para o fluxo de potência, necessita-se definir uma curva de carga. As curvas de carga são um registro horário, em um certo período, das demandas de capacidade, tendo elas suas classificações típicas como residências, industriais e comerciais (ANEEL, 2018). Para as simulações realizadas neste trabalho foram utilizadas três curvas de carga típicas: curva 1, 2 e 3. O padrão das curvas é apresentado pela Figura 9, com valor de carga expresso em pu e no período de 24 horas.

Figura 9 - Curvas de carga (a) 1 (b) 2 (c) 3



Fonte: Adaptado de ANEEL, (2018).

As curvas usadas neste trabalho são: na Figura 9 (a) a curva que representa o horário de consumo industrial, na Figura 9 (b) é a curva que representa o consumo do horário residencial e a Figura 9 (c) é a curva que representa o horário comercial. As cargas concentradas da microrrede estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Cargas concentradas da microrrede.

Barra	Carga	Curva de Carga	Fase A		Fase B		Fase C	
	Conexão-Modelo		KW	Kvar	KW	Kvar	KW	Kvar
634	Y-PQ	2	160	110	120	90	120	90
645	Y-PQ	3	0	0	170	125	0	0
646	D-Z	3	0	0	230	132	0	0
652	Y-Z	2	128	86	0	0	0	0
971	D-PQ	1	385	220	385	220	385	220
675	Y-PQ	2	385	190	68	60	550	212
692	D-I	2	0	0	0	0	170	151
611	Y-I	2	0	0	0	0	170	80
670	Y-PQ	2	17	10	66	38	117	68

Fonte: Adaptado Kersting (1991).

Vale a pena ressaltar que a rede possui em maioria cargas monofásicas e, como analisado na tabela, essas cargas se apresentam desequilibradas.

4.1.4 Geradores distribuídos

Para tornar a rede teste IEEE 13 barras uma microrrede foi necessário adicionar geradores distribuídos que atendessem a demanda de energia elétrica da microrrede operando em modo ilhado. Na Tabela 9 tem-se as características dos geradores. Para definir gerador é preciso que se defina a potência nominal, fator de potência, tensão e qual modelo de gerador é utilizado. Os modelos de geradores no OpenDSS são os seguintes:

1. Injeta potência ativa constante no fator de potência especificado;
2. O gerador é modelado como uma admitância constante;
3. Modelo de gerador como barra PV;
4. Potência ativa constante seguindo o despacho e potência reativa fixa;
5. Modelo descrito pelo usuário.

Tabela 9 - Características dos geradores distribuídos da microrrede

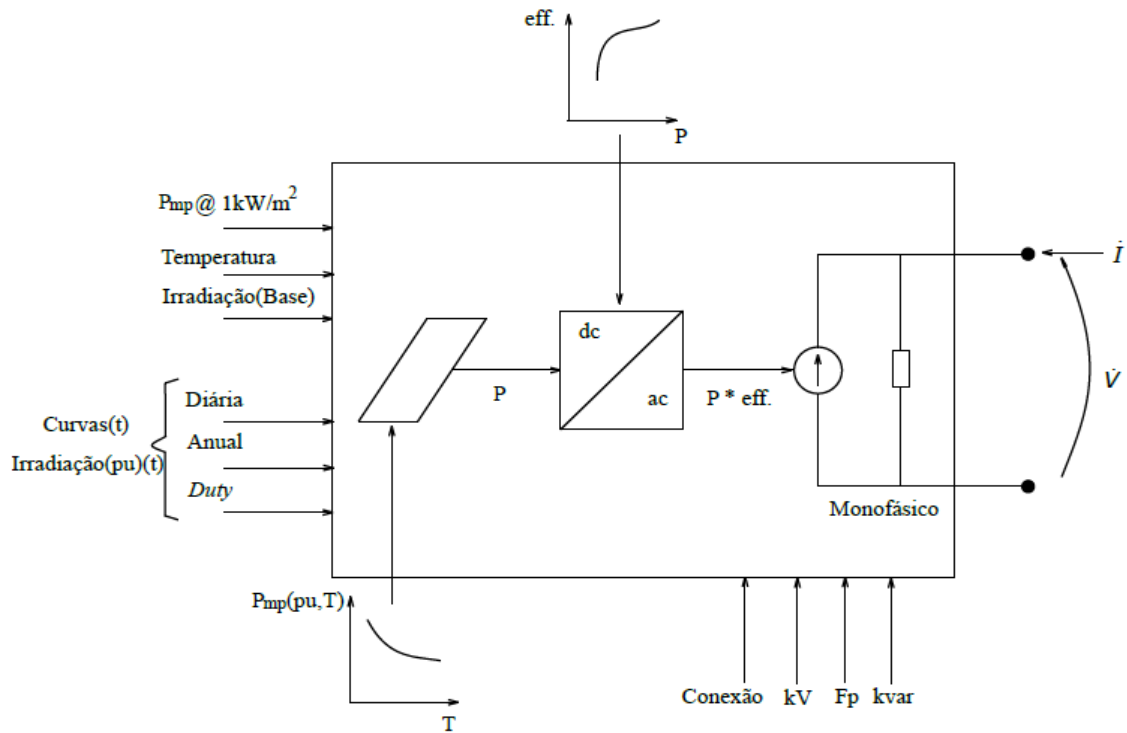
Gerador	Número de fases	Barra que é conectado	Tensão nominal (kV)	Potência ativa (kW)	Modelo	FP
Gerador 1	3	671	4,16	1500	1	0,80
Gerador 2	1	684	2,4	200	1	0,80
Gerador 3	3	646	4,16	500	1	0,80

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o modo dinâmico diário, o gerador é convertido em uma fonte de tensão atrás de uma impedância com a impedância dependente do modelo escolhido (DUGAN; MONTENEGRO; BALLANTI, 2020).

Também considerados geradores distribuídos na microrrede encontram-se dois sistemas de placas fotovoltaicas nas barras 675 e 680 (FREITAS, 2015). A Figura 10 exibe o diagrama esquemático do modelo do sistema fotovoltaico.

Figura 10 - Diagrama de blocos do modelo do sistema fotovoltaico.



Fonte: Freitas (2015).

Segundo Freitas (2015), o modelo apresenta uma potência ativa injetada no ponto de interconexão, $P_{saída}$, que é função da irradiação, temperatura, eficiência do conversor, tensão da rede e da Potência nominal do painel no ponto de máxima potência (P_{mp}). A P_{mp} é definida a uma temperatura selecionada, normalmente igual a $25^{\circ}C$, e uma irradiação de $1,0kW/m^2$. Valor da potência na saída do painel em um instante t_0 , $P(t_0)$, é calculado conforme apresentado na Equação (2).

$$P(t_0) = P_{mp} \left(\frac{1k}{m^2} \right) \cdot irradiância(pu)(t_0) \cdot irradiância(Base) \cdot P_{mp}(pu, T(t_0)) \quad (2)$$

Onde:

- P é a potência na saída do painel;
- $P_{mp}(1\text{kW/m}^2)$ é a potência no ponto de máxima potência;
- $Irradiância(pu)(t_0)$ é o valor da irradiância em pu no instante T_0 ;
- $P_{mp}(pu, T(t_0))$ é o fator de correção do P_{mp} em função da temperatura no instante t_0 .

A potência ativa fornecida pelo sistema fotovoltaico é apresentada na Equação (3).

$$P_{saída}(t) = P(t) \cdot eff(P_{saída}(t)) \quad (3)$$

Onde:

$eff(P_{saída}(t))$ é a eficiência do inversor para uma dada potência de saída.

Os dois sistemas fotovoltaicos da microrrede possuem as mesmas características só mudando o local onde estão e são descritos na Tabela 10.

Tabela 10 - Características dos sistemas fotovoltaicos da microrrede.

Tensão de linha nominal (kV)	0,48
Potência nominal (kVA)	600
Fator de potência	1
Pmp (kW)	500
Irradiância	98
Temperatura (°C)	25

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.5 Armazenadores de energia

Quando a microrrede está operando em modo conectado à rede, as referências de amplitude de tensão e frequência são fornecidas pela própria rede tradicional, geralmente essas variáveis não são controladas pela microrrede. No modo de trabalho isolado, a microrrede precisa gerar e controlar sua própria amplitude de tensão. Além disso, mesmo operando de forma isolada, é necessário equilibrar o fluxo de potência entre a carga e o grupo gerador. Portanto, em uma microrrede funcionando de forma isolada, uma certa estratégia é necessária para implementar o paralelismo entre as fontes de geração de energia, incluindo equilíbrio de energia correto e controle de tensão e frequência (ARAÚJO, 2017).

Para convergir o fluxo de potência são alocados na barra 632 armazenadores monofásicos de energia elétrica. Uma microrrede pode ter como opção o armazenador de energia para controlar o fluxo de potência (BARNES *et al.*, 2007). Como os geradores que estão conectados à microrrede são fontes de pequena potência, categorizando um sistema com

pouca inércia, a conexão desses armazenadores objetiva solucionar a incompatibilidade da simulação (ZAMORA; SRIVASTAVA, 2010).

4.2 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Esse capítulo apresentou a modelagem da microrrede. Foi utilizada a rede teste IEEE 13 barras com algumas alterações para torná-la uma microrrede. A escolha dessa rede se deve ao fato de ser uma rede completa e com poucas barras. Além de ter parâmetros adequados para simulações e testes de distúrbios de QEE. No capítulo de resultados e discussões serão apresentados os resultados das simulações da metodologia de detecção de distúrbios de qualidade de energia elétrica na microrrede.

5 ESTRATÉGIA DE DETECÇÃO DE DISTÚRBIOS DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

Este capítulo apresenta a metodologia do trabalho para detecção de distúrbios de qualidade de energia em microrredes. Considerando a visão das técnicas de detecção de distúrbios de QEE, esta dissertação retrata uma metodologia baseada em Redes Neurais Artificiais *perceptron* multicamadas em conjunto com simulações do software OpenDSS. No OpenDSS é modelada a microrrede e realizado todos os cálculos de fluxo de potência, o OpenDSS se comunica com a linguagem de programação *Python*, através da *interface Component Object Model (COM)*. Em *python* é desenvolvida uma RNA para detecção de desequilíbrio de tensão e em conjunto dessa RNA é definido um laço de condições para a análise da tensão em regime permanente. O processo de detecção dos distúrbios de QEE serão melhor explorados nas seções e subseções a seguir

5.1 A FERRAMENTA COMPUTACIONAL – OPENDSS

O OpenDSS é um software de simulação para sistemas de distribuição de energia elétrica. O OpenDSS é um programa baseado em linhas de comando, tais linhas que definem os circuitos, podem ser provenientes do próprio usuário, de um arquivo de texto fixo ou de programas externos através da interface COM (*Component Object Model*) da Microsoft (DUGAN; MCDERMOTT, 2011).

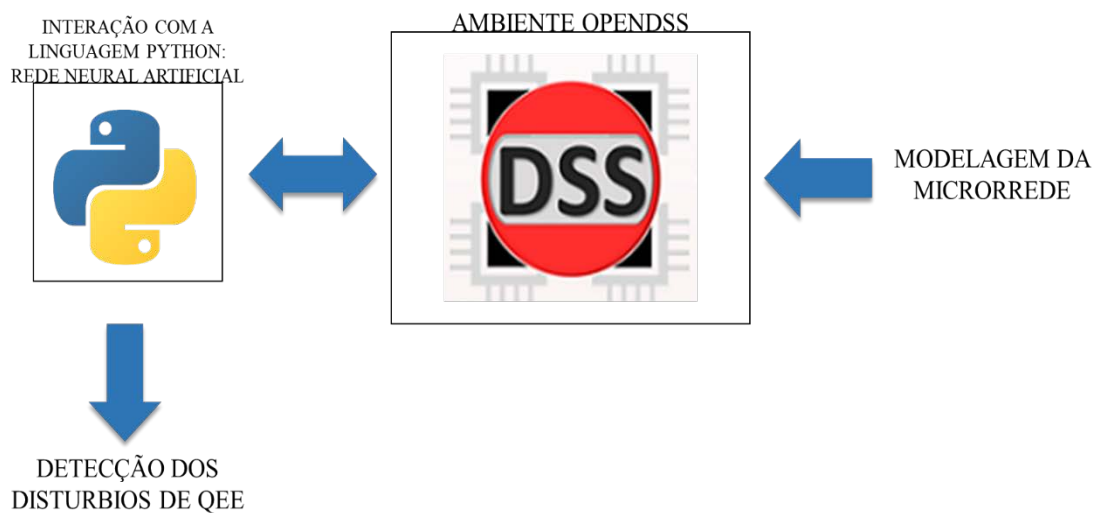
O software suporta a maioria das análises em regime permanente senoidal (RMS) frequentemente feitas para análise e planejamento de sistemas de distribuição de energia elétrica. Além de que, o programa é capaz de realizar outras análises que são necessárias para as exigências relacionadas às redes inteligentes, uso de geração distribuída, eficiência energética do transporte de energia e análise de harmônicas. Os principais modos de solução do software são apresentados a seguir (SEXAUER, 2012):

- Fluxo de potência instantâneo (snapshot);
- Fluxo de potência diário;
- Fluxo de potência anual;
- Análise harmônica;
- Análise dinâmica;
- Estudos de curto-circuito.

A expressão do problema no software OpenDSS é baseada na linha de código, e o usuário deve ser capaz de conhecer a sintaxe específica para realizar a representação de todo o

circuito e seus componentes. Os desenvolvedores do OpenDSS estão em constante estudo e contato com os usuários para sempre manter o programa atualizado, porém como eles não tem a capacidade de prever todas as necessidades dos usuários foi implementada a interface COM que permite que os usuários sejam capazes de projetar e executar modos de soluções próprios através de programas externos. Este trabalho utiliza a interface COM do OpenDSS e a linguagem de programação *python*. A Figura 11 destaca a interação entre o ambiente OpenDSS e a linguagem de programação *python* para a realização das simulações.

Figura 11 - Interação entre o ambiente OpenDSS e a linguagem de programação *python*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Primeiramente é modelada toda a microrrede no OpenDSS o qual resolve o fluxo de potência e entrega os resultados a RNA *perceptron* multicamadas através da linguagem de programação *python* a qual detecta os distúrbios de QEE da microrrede.

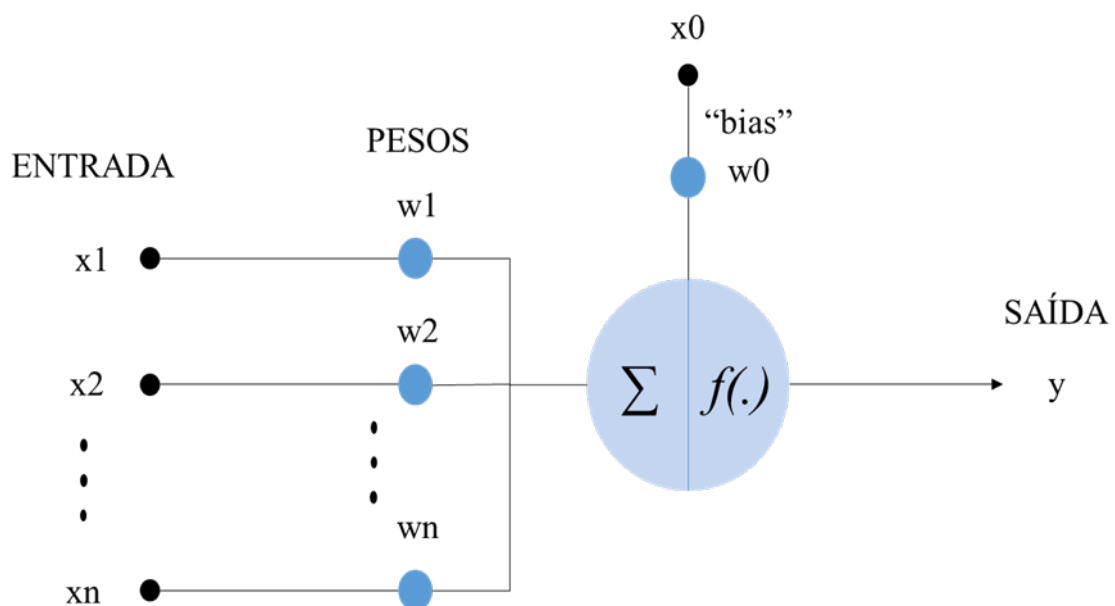
5.2 REDE NEURAL ARTIFICIAL

As redes neurais artificiais (RNA) são estruturas baseadas no funcionamento do cérebro humano. A motivação do uso das RNAs é o fato de que essas inteligências artificiais apresentam uma grande versatilidade na solução de uma variada gama de problemas. Problemas como: reconhecimento de padrões, compreensão de voz, identificação de imagens, pilotos automáticos, sistemas de previsões, desenvolvimento de produtos, controle de

processos, análises de formas de ondas, e muitos outros problemas nas mais diferentes áreas (HAYKIN, 2009).

Assim como o cérebro tem neurônios que são suas unidades de processamento de informações, as RNAs são compostas por neurônios artificiais. Na sua forma mais usual, uma rede neural artificial é um instrumento projetado para reproduzir a forma que o cérebro desempenha alguma ação ou tarefa particular, com unidades de processamento simples que tem a capacidade natural de armazenar conhecimento através de um processo de aprendizagem (HAYKIN, 1999). Diferentemente de outros algoritmos e de máquinas que são programados para fazer determinada tarefa, a RNA é treinada por dados de exemplos para realizar alguma função, assim o algoritmo de aprendizagem universaliza os dados e memoriza o conhecimento dentro dos parâmetros adaptáveis (pesos sinápticos). Cada neurônio artificial pode ter n entradas e usa isso para calcular um sinal de saída que é enviado para outros neurônios. A rede precisa em seus neurônios uma função de ativação, essa função junto do somatório das entradas multiplicado pelos pesos sinápticos, produz um novo valor de saída no neurônio (KROSE; SMAGT, 1996). O exemplo do neurônio artificial de McCulloch e Pitts (1943) o qual é usado neste trabalho é exposto na Figura 12.

Figura 12 - Exemplo do neurônio artificial de McCulloch e Pitts



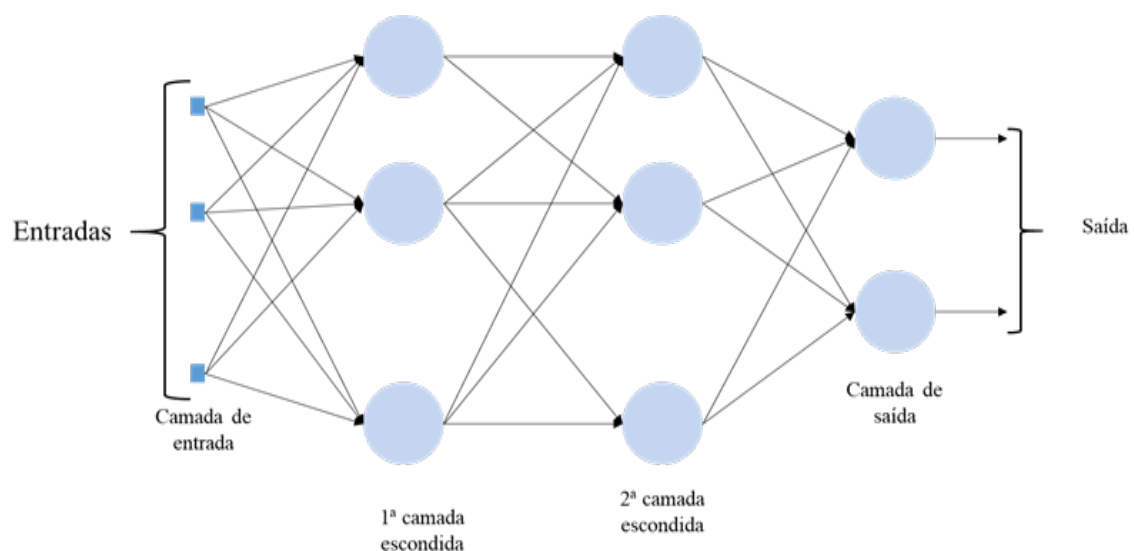
Fonte: Adaptado de McCulloch e Pitts (1943).

Existem diversas arquiteturas de rede, as quais são classificadas entre redes *feedforward*, onde o fluxo de dados sempre é para frente e *recurrent*, onde contém laços de realimentação, ou seja, contém conexões das saídas de uma determinada camada para a entrada da mesma ou de camadas anteriores (KROSE; SMAGT, 1996). Devido à sua robustez e aplicabilidade em problemas complexos, com resultados satisfatórios, a rede escolhida para este trabalho é a *perceptron* multicamadas, classificada como *feedforward*. Nas próximas seções será explicada a RNA utilizada e como se aplica no objetivo de detecção de distúrbios de QEE.

5.2.1 RNA Perceptron Multicamadas

Conforme Haykin (2009) as redes *perceptron* multicamadas consistem no conjunto de n neurônios que formam a camada de entrada, uma ou mais camadas escondidas e uma camada de saída. Elas são redes *feedforward* em que o sinal de entrada se propaga para frente como analisado na Figura 13, o fluxo de dados percorre cada camada até chegar na camada de saída. Neste caso, as saídas dos neurônios da primeira camada são as entradas dos neurônios na segunda camada e assim sucessivamente.

Figura 13 - Exemplo de estrutura da RNA perceptron de multicamadas



Fonte: Adaptado de Haykin (2009).

Os dados iniciais são identificados em sua camada de entrada. As camadas escondidas utilizam dos dados iniciais e as codificam por meio dos pesos sinápticos e da função de ativação presente em cada neurônio, criando sua própria representação do ambiente em que o

sistema a ser tratado está inserido. Por fim, os neurônios da camada final recebem as informações dos neurônios da última camada escondida, elaborando o padrão de resposta. O ajuste dos pesos sinápticos de cada um dos neurônios da rede é feito através de algoritmos de aprendizagem. No caso das redes *perceptron* de multicamadas, o algoritmo de aprendizagem é o retropropagação do erro (*backpropagation*) (SILVA *et al.*, 2016).

5.2.2 Algoritmo de retropropagação do erro

O algoritmo de aprendizagem retropropagação do erro é um método de ajuste dos pesos baseado no erro quadrático dos neurônios de saída. Esse procedimento envolve a apresentação de padrões tanto de entrada como de saída. Em seguida calcula-se o erro de cada saída (diferença entre o valor desejado e a saída). O próximo passo consiste na determinação do erro propagado no sentido inverso, através da rede associada à derivada parcial do erro quadrático de cada elemento com relação aos pesos e, finalmente, ajustando os pesos de cada elemento, o processo é repetido, para todos os padrões, até a convergência (RUMELHART *et al.*, 1987).

A rede é inicializada com seus pesos gerados com valores pequenos e de forma randômica. O algoritmo usa inicialmente o vetor de entrada para produzir seu próprio vetor de saída e assim comparar com a saída desejada. Se existir diferença, os pesos são alterados até que se reduza essa diferença a precisão requerida (ϵ). Caso contrário, não existe aprendizado. A equação do erro se dá por (4) (HAYKIN, 1999).

$$e_j(n) = d_j(n) - y_j(n) \quad (4)$$

Onde:

J e i : são os neurônios, sendo que j está na camada à direita de i ;

n : é o n -ésimo padrão de treinamento que é apresentado a rede, e refere-se ao sinal do erro da saída do neurônio;

d : é o vetor da saída desejada;

y : é o vetor da saída real da rede.

A equação do erro quadrático $E(n)$ é calculada pela equação (5).

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n e_j^2(n) \quad (5)$$

Considerando N o número total de amostras de treinamento, a estimação do desempenho global do algoritmo é efetuada através do erro quadrático médio (E_m) como visto na equação (6):

$$E_m(n) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N E(n) \quad (6)$$

Para cada conjunto de dados de treinamento, E_m é uma medida do desempenho de aprendizagem da rede e a cada interação o objetivo é diminuir o E_m até que fique igual ou menor a uma precisão estipulada (ε). O algoritmo pode ser dividido em duas partes: uma *forward* (propagação) e outra *backward* (retropropagação).

$$v_j^{(l)}(n) = \sum_{i=0}^{m0} w_{ij}^{(l)} y_i^{(l-1)}(n) \quad (7)$$

Onde:

$v_j^{(l)}$: é a saída na camada l ;

$y_i^{(l-1)}(n)$: é a função de saída do neurônio i na camada anterior;

$w_{ij}^{(l)}$: é o peso sináptico do neurônio j da camada l que é alimentado pelo neurônio i da camada $l-1$.

$m0$: tamanho da camada de entrada.

A função de ativação que é utilizada neste trabalho é a função sigmóide descrita na equação (8) é apresentada na Figura 14.

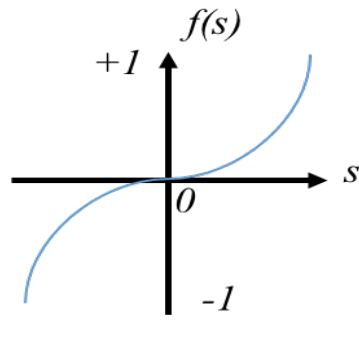
$$\varphi = \frac{\{1 - e^{(-\lambda s)}\}}{\{1 + e^{(-\lambda s)}\}} \text{ para } -1 \leq \varphi \leq 1 \quad (8)$$

Onde:

s : é a saída intermediária do neurônio;

λ : é a inclinação da função sigmóide a qual teve o valor definido 0,5 para todas as situações, através de tentativa e erro.

Figura 14 - Função sigmóide



Fonte: Adaptado de Haykin (1999)

O sinal de saída do neurônio j na camada l é dado pela equação (9).

$$y_j^{(l)} = \varphi_j(v_j(n)) \quad (9)$$

Se o neurônio estiver na primeira camada, a equação se torna a equação (10), com $l=1$.

$$y_j^{(1)}(n) = x_j(n) \quad (10)$$

Onde x é o j -ésimo elemento do vetor de entrada.

Depois desta etapa é calculado o sinal do erro através das equações (4).

Passando para a fase de voltar com erro calculado, onde são calculados os gradientes locais, que são as modificações necessárias nos pesos a cada iteração da rede, definidos pelas equação (11), para o neurônio j da camada de saída L e a equação (12), para o neurônio j da camada oculta l .

$$\delta_j^{(l)} = e_j^{(l)}(n) \varphi_j'(v_j^{(l)}(n)) \quad (11)$$

$$e_j^{(l)} = \varphi_j'(v_j^{(l)}(n)) \sum_k^j \delta_k^{(l+1)}(n) w_{kj}^{(l+1)}(n) \quad (12)$$

Com os gradientes locais calculados, o ajuste dos pesos sinápticos (w_{ji}^l) é feito através da equação (13).

$$w_{ji}^{(l)}(n+1) = w_{ji}^{(l)}(n) + \alpha [w_{ji}^{(l)}(n-1)] + \eta \delta_j^{(l)}(n) y_i^{(l-1)}(n) \quad (13)$$

Onde:

η : é o parâmetro da taxa de aprendizagem;

α : é a constante de momento.

A constante de momento visa ponderar o quão as matrizes dos pesos sinápticos foram alteradas entre duas alterações anteriores ou sucessivas. Deste modo, é repetido todo esse processo até que seja satisfeito o critério de parada que é quando o erro médio entre duas

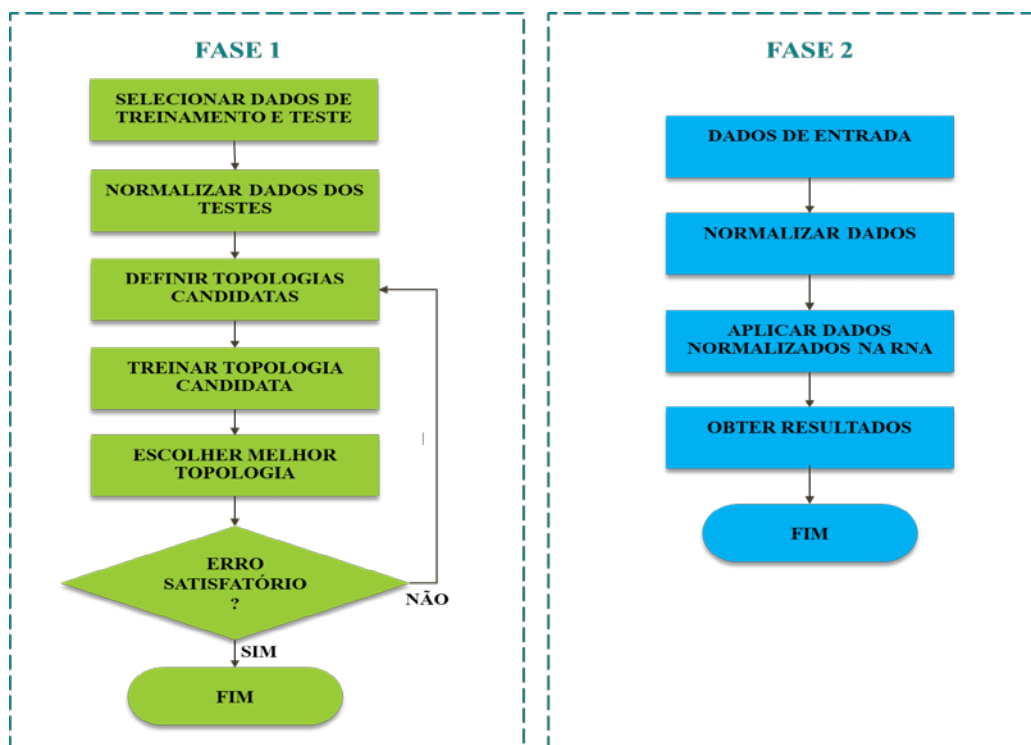
épocas sucessivas seja menor ou igual à precisão requerida ϵ e ou atingido o número máximo de épocas (RUMELHART *et al.*, 1987).

Em resumo o algoritmo retropropagação origina seu nome do fato que as derivadas parciais da medida de desempenho em relação aos pesos sinápticos são determinadas por retro propagação dos sinais de erro, camada por camada da rede. Assim encontrando-se um método robusto e eficaz para detecção de parâmetros (HAYKIN, 1999).

5.3 FUNCIONAMENTO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A rede neural artificial foi utilizada apenas para detecção do desequilíbrio de tensão. O passo a passo do processo da metodologia proposta neste trabalho é apresentado no fluxograma da Figura 15. A metodologia foi dividida em duas fases, uma fase de treinamento da RNA e outra de validação dos resultados.

Figura 15 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Adaptado de Silva (2016).

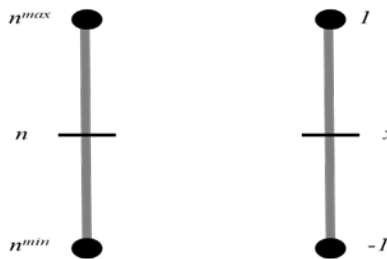
5.3.1 Fase 1

Na fase 1 é feita toda a etapa de treinamento da microrrede. O primeiro passo é escolher os dados para treinamento de entrada e saída da rede neural. Para tanto, são utilizados os dados da simulação do fluxo de potência do OpenDSS. Em um primeiro

momento a organização dos dados foi feita de maneira manual com o OpenDSS já se comunicando com a linguagem de programação *python*. A fim de gerar os dados de treinamento, primeiramente foi feito um código em que se pudesse calcular o desequilíbrio de tensão de acordo com a equação (1). A segunda etapa foi gerar os dados de treinamento os quais estão expostos no Quadro 1 do Apêndice A.

Como os dados de entrada da RNA são valores grandes, há a necessidade de normalizá-los objetivando melhorar o desempenho da rede neural, foi preciso transformar os dados para faixa de variação dinâmica da função de ativação sigmóide descrita da equação (8). Esta transformação foi feita utilizando o Teorema de Tales que segundo Silva (2016) é um dos métodos mais utilizados para normalização. Tales de Mileto foi um notável matemático do século VI a. C, o qual criou o seu teorema da proporcionalidade através da geometria com retas paralelas cortadas por retas transversais (OLIVEIRA, 2021). A Figura 16 e as Equações (14) e (15) expõem de maneira clara a funcionalidade do Teorema de Tales neste trabalho. O grupo de dados definido em um intervalo fechado de $n^{\min}$ e $n^{\max}$ passará para um domínio proporcional entre -1 e 1.

Figura 16- Exemplo de proporcionalidade do Teorema de Tales.



Fonte: Oliveira, 2021.

$$\frac{n - n^{\min}}{n^{\max} - n^{\min}} = \frac{x - (-1)}{1 - (-1)} \quad (14)$$

$$x = 2 * \left(\frac{n - n^{\min}}{n^{\max} - n^{\min}} \right) - 1 \quad (15)$$

Após a normalização de dados foi feita a escolha de topologias candidatas para a RNA. A maneira escolhida para determinar as topologias candidatas foi o método de Fletcher-Gloss (SILVA, 2016). Inicialmente foi utilizada a equação (16) para determinar as possíveis topologias da rede neural.

$$2 * \sqrt{r} + r_2 \leq r_1 \leq 2 * r + 1 \quad (16)$$

Onde r é o número de entradas da rede, r_1 é a quantidade de neurônios na camada escondida e r_2 é a quantidade de neurônios na camada de saída. Para detecção de desequilíbrio de tensão tem-se seis entradas, que são os três módulos das tensões por fase da barra e as três fases naquele instante de tempo e uma saída que é a situação em que a barra se encontra naquele instante tempo. A definição das topologias candidatas se deu através da equação (16) demonstrada pelos seguintes cálculos:

$$2 * \sqrt{6} + 1 \leq r_1 \leq 2 * 6 + 1$$

$$5,89 \leq r_1 \leq 13$$

À vista disto se estabeleceu oito possíveis topologias, de seis neurônios na camada escondida até treze. De maneira empírica os valores escolhidos para o termo momento (α), para a taxa de aprendizagem (η) e a quantidade máxima de épocas foram 0,1, 0,65 e 5000 respectivamente. Ao iniciar as simulações os valores de pesos são inicializados de forma randômica com valores pequenos utilizando uma distribuição uniforme entre $-2,4/r$ $2,4/r$, onde r é o número de entradas (LECUN, 1989). Na Tabela 11 são apresentados os resultados de acertos de cada simulação das topologias candidatas.

Tabela 11 - Tabela das topologias candidatas

Número de neurônios na camada escondida	Acertos (%)	Número de épocas	Tempo de processamento (s)
6	96,7	3465	63,42
7	96,7	3506	63,91
8	97,1	2491	45,95
9	97,1	3757	69,06
10	96,7	4045	73,80
11	96,3	3470	66,27
12	96,3	3872	71,34
13	96,3	3769	70,11
14	96,3	3880	71,13

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como analisado na Tabela 11 a topologia escolhida foi a com 8 neurônios na camada escondida, pois ela apresenta o mesmo resultado em porcentagem de acertos (97,1%) que a topologia com 9 neurônios na camada escondida, por ter o número menor de neurônios ela demonstra que pode extrair maior quantidade de conhecimento, frisando que para se ter um desempenho bom depende da sua capacidade de aprendizagem e não da quantia de neurônios. Para certificar-se que o método de Fletcher-Gloss é um método adequado para este trabalho

foi adicionada duas simulações a mais com uma topologia de 5 neurônios escondidos e outra com 14 e elas se demonstraram inferiores ao quesito de porcentagem de acertos.

5.3.2 Fase 2

Após treinar a rede neural e obter o erro satisfatório com a topologia escolhida, a metodologia entra na fase de aplicação, onde tem-se os resultados para o desequilíbrio de tensão da microrrede. O procedimento de teste é parecido com a fase de treinamento, porém não se tem a atualização dos pesos e o algoritmo é rodado apenas uma vez. Na fase de aplicação foi adicionado duas análises de condições antes da entrada da rede.

A primeira condição foi um laço *if* para analisar a tensão em regime permanente, mostrando quais os lugares e horários que aconteceram eventos de afundamento ou elevação da tensão. A opção de não usar a RNA para a análise da tensão em regime permanente se deu pelo fato de que o software OpenDSS entrega os valores das tensões já decompostos em módulo fase, assim tornando a análise de tensão em regime permanente através do software uma definição definida, ou seja, com valores de seus limites bem estabelecidos. Já o desequilíbrio de tensão tem uma combinação maior de fatores para interferir nessa resposta e onde a utilização da RNA veio como uma ferramenta de otimização. Esse laço foi feito com base no que está estabelecido no Módulo 8 do PRODIST para análise da tensão em regime permanente.

A segunda condição foi um laço para identificar se a barra era trifásica ou não, assim garantindo que só os dados das barras trifásicas entrassem na RNA. Os resultados da metodologia serão discutidos no próximo capítulo.

5.4 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O objetivo principal da estratégia foi demonstrar a importância da detecção dos distúrbios de QEE nas microrredes, principalmente quando a microrrede opera de maneira isolada. A utilização do software OpenDSS em comunicação com a linguagem de programação *python* demonstrou uma certa flexibilidade de se tratar desses problemas, sem precisar fazer a utilização de metodologias para decomposição de sinais. A metodologia apresentada neste capítulo é uma metodologia robusta e com potencialidade de se expandir para detecção de outros distúrbios de QEE, também apresenta capacidade de outras análises dentro de uma microrrede.

6 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados das simulações da estratégia neste trabalho, que foi aplicada na microrrede modelada no Capítulo 4. Adianta-se a informação de que esse estudo foi preliminar em relação aos distúrbios de QEE. Devido a utilização do modo de simulação *daily* do OpenDSS, se optou nas detecções dos desequilíbrios de tensão, a fundação e elevação de tensão que podem ocorrer na microrrede funcionando de modo isolado. As simulações foram feitas para um período de 24 horas de simulação.

6.1 RELATÓRIOS GERADOS PELA ESTRATÉGIA

Nesta seção serão apresentados apenas os resultados para as barras que manifestaram algum distúrbio de QEE. Considerou-se que as demais barras não precisaram ser expostas, pois estavam operando dentro dos limites adequados.

6.1.1 Barra 611

A Tabela 12 traz os resultados da simulação na Barra 611.

Tabela 12 - Resultados da estratégia na Barra 611

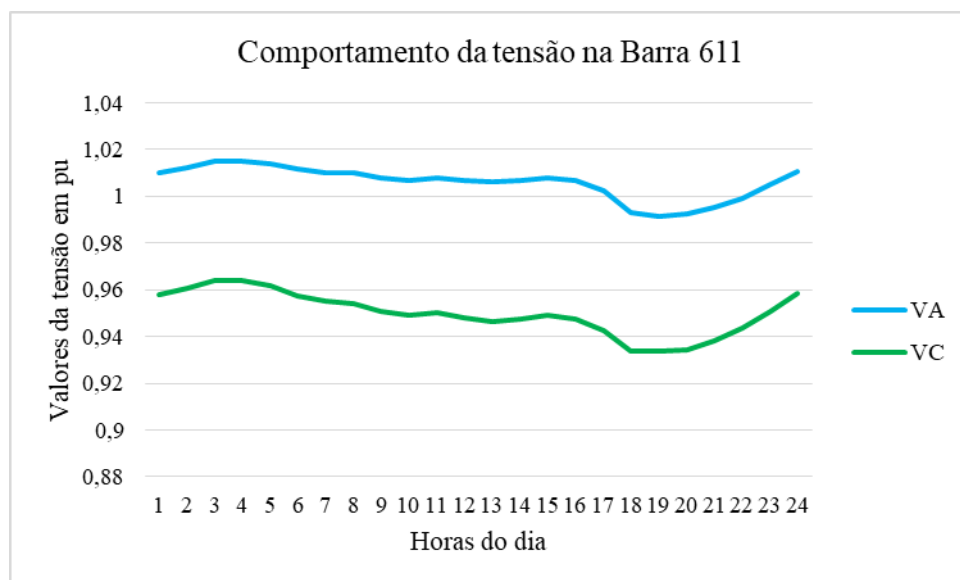
(continua)		
Hora	Estado VA	Estado VC
1	Adequada	Adequada
2	Adequada	Adequada
3	Adequada	Adequada
4	Adequada	Adequada
5	Adequada	Adequada
6	Adequada	Adequada
7	Adequada	Adequada
8	Adequada	Adequada
9	Adequada	Adequada
10	Adequada	Afundamento
11	Adequada	Adequada
12	Adequada	Afundamento
13	Adequada	Afundamento
14	Adequada	Afundamento
15	Adequada	Afundamento
16	Adequada	Afundamento
17	Adequada	Afundamento
18	Adequada	Afundamento
19	Adequada	Afundamento

(conclusão)		
20	Adequada	Afundamento
21	Adequada	Afundamento
22	Adequada	Afundamento
23	Adequada	Adequada
24	Adequada	Adequada

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Barra 611 apresentou afundamento de tensão das 12 horas e 22 horas. Na Figura 17 está retratado o gráfico do comportamento dos módulos das tensões na Barra 611.

Figura 17 - Gráfico do módulo das tensões na Barra 611



Fonte: Elaborado pelo autor.

O afundamento que acontece na Barra 611 se deve ao fato de que a carga que está conectada na Barra 611 é uma carga residencial a qual compreende seus valores de maior consumo entre os horários das 17 horas e 22 horas e a geração que está próxima não é suficiente para manter os níveis de tensão.

6.1.2 Barra 652

A Tabela 13 mostra os resultados da estratégia para a Barra 652.

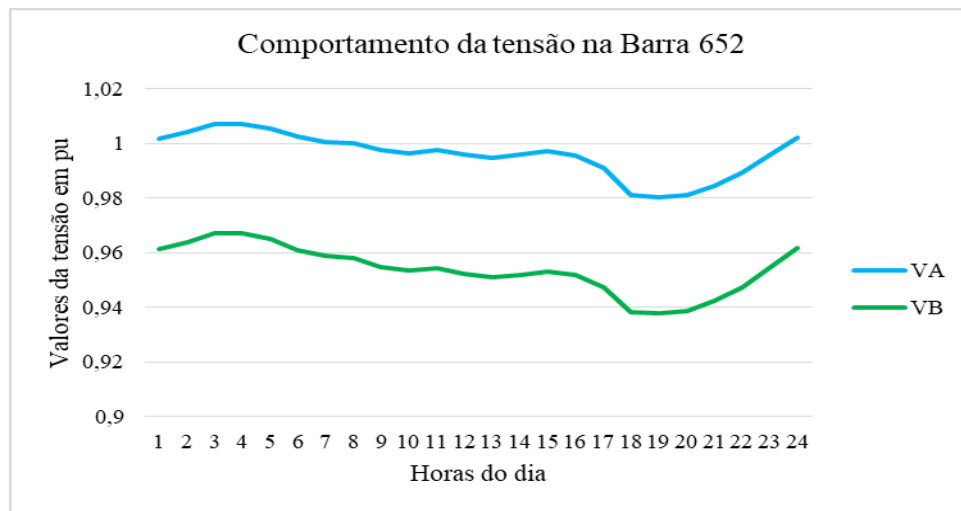
Tabela 13 - Resultados da estratégia na Barra 652

Hora	Estado VA	Estado VC
1	Adequada	Adequada
2	Adequada	Adequada
3	Adequada	Adequada
4	Adequada	Adequada
5	Adequada	Adequada
6	Adequada	Adequada
7	Adequada	Adequada
8	Adequada	Adequada
9	Adequada	Adequada
10	Adequada	Adequada
11	Adequada	Adequada
12	Adequada	Adequada
13	Adequada	Adequada
14	Adequada	Adequada
15	Adequada	Adequada
16	Adequada	Adequada
17	Adequada	Afundamento
18	Adequada	Afundamento
19	Adequada	Afundamento
20	Adequada	Afundamento
21	Adequada	Afundamento
22	Adequada	Afundamento
23	Adequada	Adequada
24	Adequada	Adequada

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Barra 652 apresenta afundamento de tensão nos horários de pico entre as 17 horas e 22 horas. Na Figura 18 está retratado o gráfico do comportamento dos módulos das tensões na Barra 652.

Figura 18 - Resultados da estratégia na Barra 652



Fonte: Elaborado pelo autor.

O afundamento de tensão na Barra 652 se deve ao fato de que a carga que está conectada na Barra 652 é uma carga residencial a qual compreende seus valores de maior consumo entre os horários das 17 horas e 22 horas. No caso da Barra 652 mesmo a carga estando conectada na fase A o afundamento de tensão é maior na fase C, porque tem o gerador monofásico conectado na fase A próximos a essas barras.

6.1.3 Barra 671

A Tabela 14 mostra os resultados da estratégia para a Barra 671.

Tabela 14 - Resultados da estratégia na Barra 671

(continua)

Hora	Estado VA	Estado VB	Estado VC	Situação da barra
1	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
2	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
3	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
4	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
5	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
6	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
7	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
8	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
9	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
10	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
11	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
12	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
13	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
14	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal

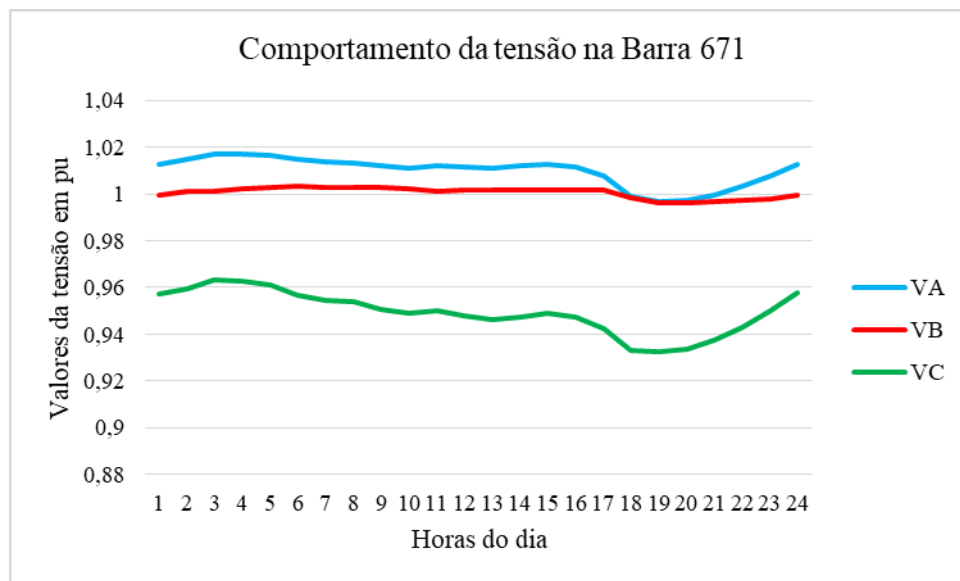
(conclusão)

15	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
16	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
17	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
18	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
19	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
20	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
21	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
22	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
23	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
24	Adequada	Adequada	Adequada	Normal

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados para as barras trifásicas possuem uma coluna a mais, essa coluna serve para identificar se existe ou não o desequilíbrio de tensão na barra. A Barra 671 como as demais apresenta afundamento da tensão em sua Fase C das 10 horas até as 22 horas. A Figura 19 demonstra o gráfico de comportamento das tensões da Barra 671.

Figura 19 - Gráfico do módulo das tensões na barra 671



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do gráfico da Figura 19 é possível analisar que a Fase B se comporta de maneira mais linear do que as outras fases.

6.1.4 Barra 675

A Tabela 15 mostra os resultados da estratégia para a Barra 675.

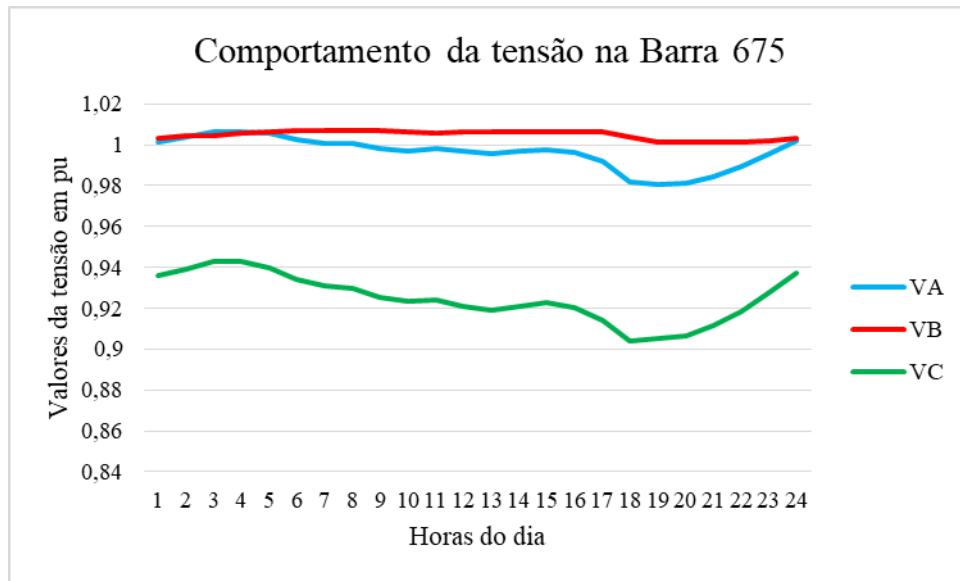
Tabela 15 - Resultados da estratégia na Barra 675

Hora	Estado VA	Estado VB	Estado VC	Situação da barra
1	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
2	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
3	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
4	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
5	Adequada	Adequada	Adequada	Desequilibrado
6	Adequada	Adequada	Adequada	Desequilibrado
7	Adequada	Adequada	Adequada	Desequilibrado
8	Adequada	Adequada	Adequada	Desequilibrado
9	Adequada	Adequada	Adequada	Desequilibrado
10	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
11	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
12	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
13	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
14	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
15	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
16	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
17	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
18	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
19	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
20	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
21	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
22	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
23	Adequada	Adequada	Adequada	Desequilibrado
24	Adequada	Adequada	Adequada	Normal

Fonte: Elaborado pelo autor.

A estratégia detectou na Barra 675 desequilíbrios de tensão entre os horários das 5 horas às 23 horas, dentro desses horários a estratégia apresentou que na hora 15 a barra está equilibrada. Porém foi feita a contraprova utilizando os resultados do fluxo de potência gerado pelo OpenDSS e utilizando a equação (1) o que demonstrou que a estratégia teve um ótimo sucesso na detecção dos desequilíbrios de tensão ficando apenas a hora 15 com resposta diferente. Devido às altas cargas residências distribuídas desequilibrada mente e o isolamento do sistema, a Barra 675 é a barra que mais apresenta o feito desse desequilíbrio de tensão. A Figura 20 apresenta o gráfico de comportamento das tensões na Barra 675.

Figura 20 - Gráfico do módulo das tensões na barra 675



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do gráfico da Figura 20 é possível analisar que a Fase B se comporta de maneira mais linear do que as outras fases que apresentam maior sensibilidade às cargas residuais distribuídas pela microrrede.

6.1.5 Barra 681

A Tabela 16 mostra os resultados da estratégia para a Barra 681.

Tabela 16 - Resultados da estratégia na Barra 681

(continua)

Hora	Estado VA	Estado VB	Estado VC	Situação da barra
1	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
2	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
3	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
4	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
5	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
6	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
7	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
8	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
9	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
10	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
11	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
12	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
13	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
14	Adequada	Adequada	Adequada	Normal

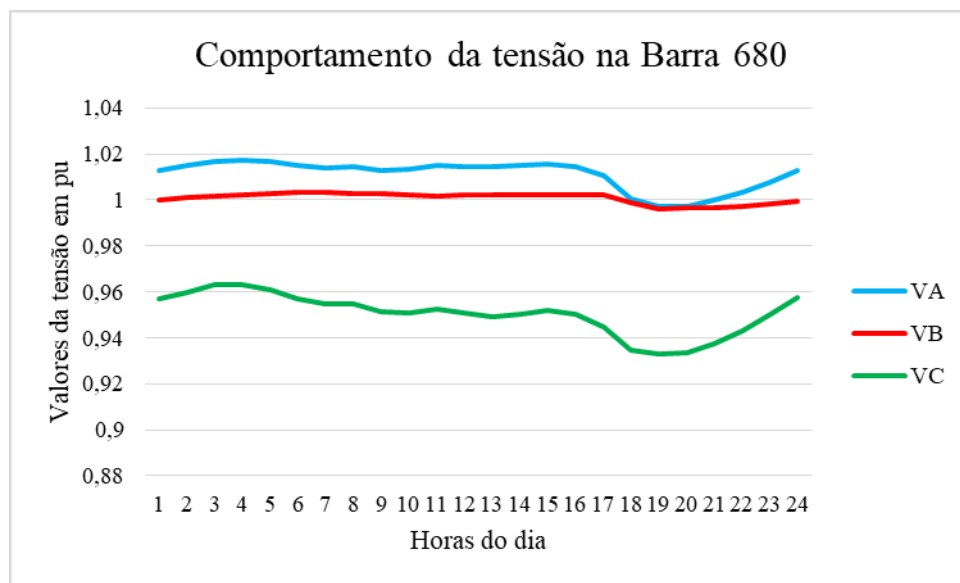
(conclusão)

15	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
16	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
17	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
18	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
19	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
20	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
21	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
22	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
23	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
24	Adequada	Adequada	Adequada	Normal

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Barra 681 apresenta afundamento da tensão em sua Fase C às 13 horas e depois das 17 horas até às 22 horas. Também foi detectado um desequilíbrio da tensão na barra 681 às 13 horas. A Figura 21 mostra o gráfico de comportamento das tensões da Barra 671.

Figura 21 - Gráfico do módulo das tensões na barra 681



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do gráfico da Figura 21 é possível analisar que a Fase B se comporta de maneira mais linear do que as outras fases que apresentam maior sensibilidade às cargas residências distribuídas pela microrrede.

6.1.6 Barra 684

A Tabela 17 mostra os resultados da estratégia para a Barra 684.

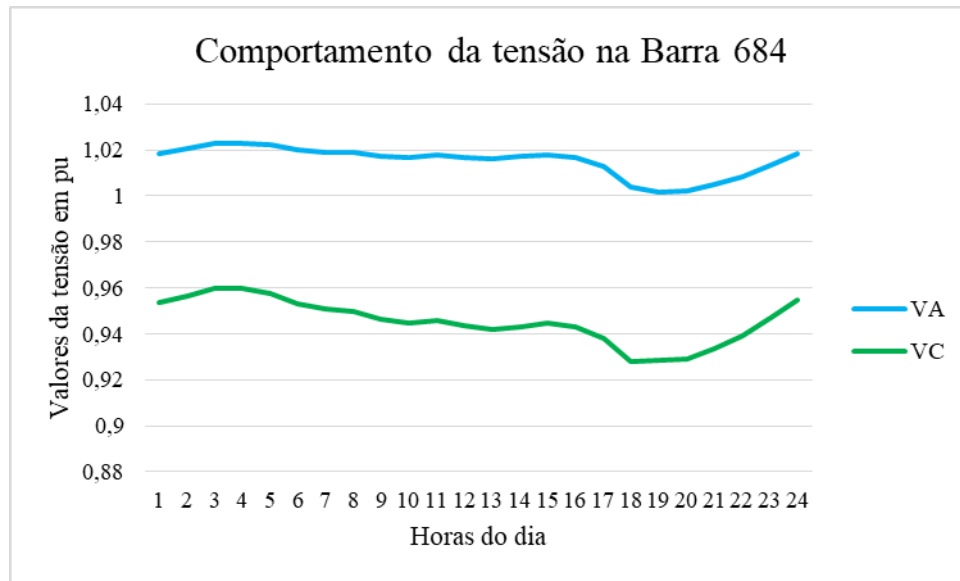
Tabela 17 - Resultados da estratégia na Barra 684

Hora	Estado VA	Estado VC
1	Adequada	Adequada
2	Adequada	Adequada
3	Adequada	Adequada
4	Adequada	Adequada
5	Adequada	Adequada
6	Adequada	Adequada
7	Adequada	Adequada
8	Adequada	Afundamento
9	Adequada	Afundamento
10	Adequada	Afundamento
11	Adequada	Afundamento
12	Adequada	Afundamento
13	Adequada	Afundamento
14	Adequada	Afundamento
15	Adequada	Afundamento
16	Adequada	Afundamento
17	Adequada	Afundamento
18	Adequada	Afundamento
19	Adequada	Afundamento
20	Adequada	Afundamento
21	Adequada	Afundamento
22	Adequada	Afundamento
23	Adequada	Afundamento
24	Adequada	Adequada

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Barra 684 apresenta afundamento de tensão nos horários entre as 8 horas e 23 horas. A barra 684 não possui cargas conectadas a ela, apenas um gerador monofásico conectado na Fase A. Na Figura 22 está retratado o gráfico do comportamento dos módulos das tensões na Barra 684.

Figura 22 - Gráfico do módulo das tensões na barra 684



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através dos gráficos é possível analisar o quanto um sistema desequilibrado entre geração e carga pode afetar o fornecimento de tensão de alguma fase.

6.1.7 Barra 692

A Tabela 18 mostra os resultados da estratégia para a Barra 692.

Tabela 18 - Resultados da estratégia na Barra 692

(continua)

Hora	Estado VA	Estado VB	Estado VC	Situação da barra
1	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
2	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
3	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
4	Adequada	Adequada	Adequada	Normal
5	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
6	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
7	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
8	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
9	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
10	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
11	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
12	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
13	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
14	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
15	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
16	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal

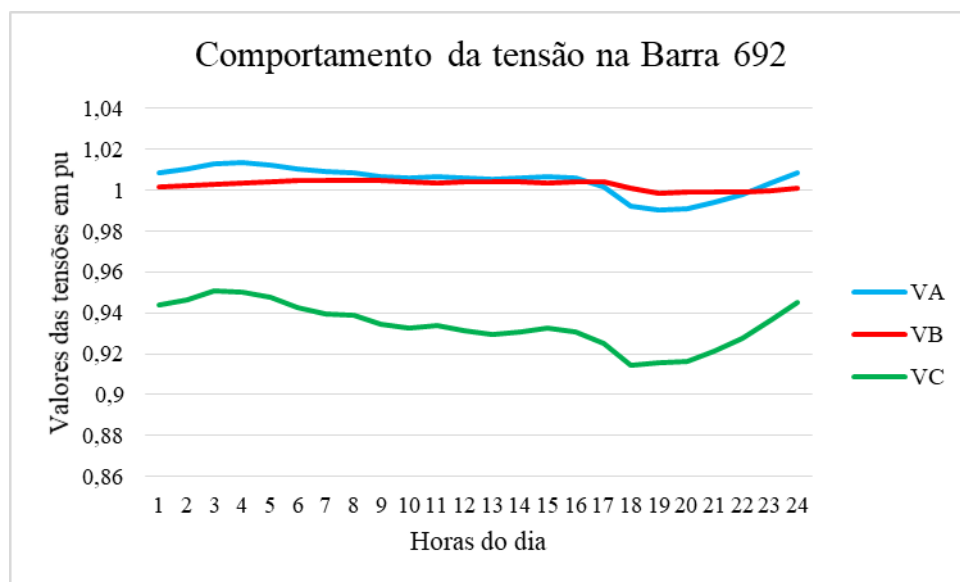
(conclusão)

17	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
18	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
19	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
20	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
21	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
22	Adequada	Adequada	Afundamento	Desequilibrado
23	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal
24	Adequada	Adequada	Afundamento	Normal

Fonte: Elaborado pelo autor.

A estratégia detectou na Barra 692 desequilíbrios de tensão entre os horários das 17 horas às 22 horas, dentro desses horários a estratégia apresentou que na hora 15 a barra está equilibrada. Devido às altas cargas residenciais distribuídas equilibradamente, o isolamento do sistema e a presença de geradores distribuídos na Barra 692 apresenta o desequilíbrio de tensão. A Figura 23 apresenta o gráfico de comportamento das tensões na Barra 675.

Figura 23 - Gráfico do módulo das tensões na barra 692



Fonte: Elaborado pelo autor.

O desequilíbrio ocorre devido a uma série de fatores, porém os principais são cargas desequilibradas entre as fases e geradores distribuídos. Esses fatores são basicamente a formação de uma microrrede, destacando assim a importância da detecção desses distúrbios de QEE.

6.2 ARMAZENADORES DE ENERGIA ELÉTRICA

Para solucionar o problema de incompatibilidade da simulação, foi adicionado na Barra 632 armazenadores de energia com controle para garantir o paralelismo entre as fontes de geração de energia, incluindo equilíbrio de energia correto e controle de tensão e frequência. Não é considerado o dimensionamento dos bancos de baterias pela autonomia que a microrrede deve apresentar em função da disponibilidade das fontes geradoras, tampouco o estado de carga das baterias, concentrando-se apenas no controle e operação da microrrede.

6.3 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Os resultados apresentam a dificuldade da microrrede isolada em operar totalmente dentro dos limites aceitáveis de operação. A maior causa disso é que uma microrrede é composta em sua maioria por recursos distribuídos e quando ela se isola da rede geral de distribuição aumenta o risco de ocorrer distúrbios de QEE. Os resultados da estratégia demonstraram que existe a necessidade de detectar e estudar os distúrbios de QEE nas microrredes, destacando o desequilíbrio de tensão.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gradual aumento nas mudanças das tecnologias, valores da sociedade no meio ambiente e na economia fez com que o setor elétrico se adaptasse a todas essas situações. O SEP, em especial no Brasil, vem evoluindo cada vez mais para estratégias de controle descentralizadas. Devido ao aumento desenfreado do consumo de energia elétrica vem a necessidade de projetar cuidadosamente as futuras infraestruturas das redes de energia elétrica, de forma a diminuir custos com investimento e melhorar a confiabilidade do sistema elétrico. Dessa forma a geração distribuída ganhou espaço e junto veio à introdução das microrredes como uma nova alternativa de sistemas de energia elétrica. As microrredes trouxeram novas vantagens, mas também desafios aos SEP, onde a integração de GD pode apresentar alterações nos níveis de curto-circuito, aumento da distorção harmônica e fluxos bidirecionais de energia.

Este trabalho propôs uma estratégia para detecção de distúrbios de qualidade de energia elétrica em microrredes utilizando a interface COM do *software* OpenDSS e RNA *perceptron* multicamadas. O OpenDSS, sendo um dos *softwares* mais completos e versáteis usados para simulações de redes de distribuição foi escolhido para a estratégia deste trabalho. Com toda sua multifuncionalidade, ao conter a interface COM permite aos usuários serem capazes de projetar e executar modos de soluções próprios através programas externos. O OpenDSS se comunica com a linguagem de programação *python*, onde foram programadas as RNAs. A RNA *perceptron* multicamadas foi escolhida devido a sua robustez, aplicabilidade em vários problemas e apresentou resultados satisfatórios. Elas são redes em que o sinal de entrada se propaga para frente e o fluxo de dados passa de camada para camada até chegar à camada de saída e a rede é treinada através do algoritmo de aprendizagem *backpropagation*.

Os testes desta metodologia foram realizados em uma microrrede adaptada da rede teste IEEE 13 barras, uma vez que esta rede é robusta e com parâmetros adequados para simulação e testes de distúrbios de QEE. Originalmente a rede IEEE 13 barras já continha um número pequeno de barras, linhas trifásicas, ramais monofásicos, bifásicos e trifásicos de distribuição. Para torná-la uma microrrede foi adicionada uma chave de manobra, geradores distribuídos e armazenadores de energia. Para convergir o fluxo de potência foram alocados na barra 632 da microrrede teste armazenadores monofásicos de energia elétrica. Uma microrrede pode ter como opção o armazenador de energia para controlar o fluxo de potência (BARNES *et al.*, 2007). Como os geradores que estão conectados à microrrede são fontes de pequena potência, categorizando um sistema com pouca inércia, a conexão desses

armazenadores objetiva solucionar a incompatibilidade da simulação (ZAMORA; SRIVASTAVA, 2010).

Os resultados da metodologia mostraram que uma microrrede pode ser mais suscetível a distúrbios de QEE, esse fato comprova a importância da detecção rápida e eficaz desses distúrbios. As barras 611, barra 652, barra 671, barra 675, barra 681, barra 684 e barra 692 apresentaram afundamentos de tensão na fase C. A estratégia foi capaz de detectar e indicar esses afundamentos de tensão. A RNA para detecção de desequilíbrio de tensão também teve êxito nos seus resultados, detectando e indicando os desequilíbrios de tensão na barra 675, barra 680 e barra 692. As barras que possuem desequilíbrio de tensão são as barras que estão mais próximas dos geradores fotovoltaicos, isso leva a acreditar que o desequilíbrio de tensão pode ter influência de correntes harmônicas. Porém essa será uma sugestão de trabalho futuro.

7.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, apresentam-se as seguintes propostas:

- Acrescentar detecção de harmônicos e comparar com os desequilíbrios de tensão;
- Analisar a possibilidade de acrescentar outros tipos de distúrbios de QEE;
- Analisar outras redes neurais que possam ser usadas com o OpenDSS para mesma finalidade;
- Analisar outros tipos de inteligências artificiais que possam ser mais viáveis para essa análise;
- Estudar métodos de controles para as baterias atuarem como controladores de fluxo de potência;
- Analisar e executar esse estudo em uma microrrede real.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L. O. de *et al.* Avaliação da qualidade de energia elétrica na interconexão de microrredes isoladas experimentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2020, Fortaleza. **Anais [...]** Fortaleza: [s. n.], 2020. p. 1-11.
- ALKAHTANI, A. A. *et al.* Power Quality in Microgrids Including Supraharmonics: Issues, Standards, and Mitigations. **IEEE Access**, Piscataway, v. 8, p. 127104-127122, jul. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Norma Técnica nº 0025/2011: Proposta de Abertura de Audiência Pública para o recebimento de contribuições visando reduzir as barreiras para a instalação de geração distribuída de pequeno porte, a partir de fontes incentivadas, conectada em tensão de distribuição e também alteração do desconto na TUSD e TUST para usinas com fonte solar.** Brasília, DF, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: módulo 7, cálculo de perdas na distribuição:** ANEEL, 2014. Revisão 4, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/modulo-7>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: módulo 8, qualidade da energia elétrica.** Brasília, DF: ANEEL, 2018. Revisão 10. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/modulo-8>. Acesso em: 18 out. 2019
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: módulo 1, introdução.** Brasília: ANEEL, 2018. Revisão 10. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/modulo-1>. Acesso em: 01 out. 2021
- ARAÚJO, V. V. de. **Circuito integrado para medição de qualidade de energia elétrica.** 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.
- ARAÚJO, L. S. de. **Controle de conversores em microrredes autônomas com sistemas de armazenamento distribuídos.** 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.
- AREDES, M.; HAFNER, J.; HEUMANN, K.. Three-phase four-wire *shunt* active filter control strategies. **IEEE Transactions On Power Electronics**, New York, v. 12, n. 2, p. 311-318, mar. 1997. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/63.558748>
- BAGGINI, A. **Handbook of power quality.** London: John Wiley&Sons, 2008.
- BARNES, M. *et al.* Real-World MicroGrids-An Overview. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM OF SYSTEMS ENGINEERING, 2007, [s. l.]. **Proceedings [...]** [S. l.: s. n.], 2007. p. 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/sysose.2007.4304255>.

BENETELI, T. A. P. **Método para limitação de índices de desequilíbrio de máquinas /elétricas trifásicas em sistemas de distribuição**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

BERNADON, D. P. **Sistemas de distribuição no contexto das redes elétricas inteligentes: uma abordagem para reconfiguração de redes**. Santa Maria: AGEPOC, 2015.

BOLLEN, M. H. J. What is power quality? **Electric Power Systems Research**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 5-14, jul. 2003. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s03787796\(03\)00067-1](http://dx.doi.org/10.1016/s03787796(03)00067-1)

BOLLEN, M. H.; GU, I. **Signal processing of power quality disturbances**. London: Wiley-interscience, 2006. 760 p. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=5224658>. Acesso em: 16 abr. 2020.

BOYLESTAD, R. L. *et al.* **Introdução à análise de circuitos**. 10. ed. [S. l.]: Prentice Hall Brasil, 2010.

BUENO, A.F.M. *et al.* **Visão geral de tecnologia e mercado para os sistemas de armazenamento de energia elétrica no Brasil**. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia, 2016. 62 p.

BURKE, J. J.; GRIFFITH, D. C.; WARD, D. J. Power quality: two different perspective. **IEEE Transactions On Power Delivery**, Piscataway, p. 1501-15133. jul. 1990.

CHAKRAVORTI, T.; PATNAIK, R. K.; DASH, P. Detection and classification of islanding and power quality disturbances in microgrid using hybrid signal processing and data mining techniques. **IET Signal Processing**, Stevenage, v. 12, n. 1, p. 82-94, fev. 2018. Institution of Engineering and Technology (IET). DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/iet-spr.2016.0352>

CHOWDHURY, S.; CHOWDHURY, S. P.; CROSSLEY, P. **Microgrids and active distribution networks**. London: United Kingdom: Institution of Engineering and Technology, 2009.

CORREA, J. M. **Desenvolvimento e implementação de uma micro-rede avançada de alta frequência para integração de fontes alternativas de energia**. 2006. 261 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.

DASH, P. K.; SATAPATHY, P.; NAYAK, P.; SAHANI, M. Islanding and power quality disturbance monitoring in microgrid using adaptive cross variational mode decomposition and reduced kernel ridge regression. **International Transactions On Electrical Energy Systems**, [s. l.], v. 30, n. 6, p. 1-27, 2 mar. 2020. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2050-7038.12364>

DECKMANN, Sigmar Maurer *et al.* **Avaliação da qualidade da energia elétrica**. Campinas: Unicamp, 2018. 15 p.

DELL, R. *et al.* Energy storage - a key technology for global energy sustainability. **Journal Of Power Sources**, Amsterdam, v. 100, n. 1-2, p. 2-17, 30 nov. 2001. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7753\(01\)00894-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7753(01)00894-1).

DIALYNAS, E.; HATZIARGYRIOU, N. D. Impact of Microgrids on Service Quality. In: IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY GENERAL MEETING, 2007, [s. l.].

Proceedings [...] 2007. Piscataway: IEEE, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/pes.2007.385972>.

DIAS, M. V. X. *et al.* Geração distribuída no Brasil: oportunidades e barreiras. **Revista Brasileira de Energia**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 1-11, 2005.

DUGAN, R. C. *et al.* **Electrical power systems quality**. 2. ed. London: McGraw Hill, 2004. 525 p.

DUGAN, R. C.; MCDERMOTT, T. E. An open source platform for collaborating on smart grid research. In: **IEEE. Power and Energy Society General Meeting**, Piscataway, 2011 IEEE. [S.l.], 2011. p. 1-7.

DUGAN, R. C.; MCGRANAGHAN, M. F.; SANTODO, S.; BEATY, H. W. **Electrical power systems quality**. 3th. New York: McGraw-Hill, 2012.

DUGAN, R. C.; MONTENEGRO, D.; BALLANTI, A. **Reference guide the open distribution system simulator**. [S. l.]: Epri Electric Power Research Institute, 2020.

ENERGETICA. **Matriz energética elétrica**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FREITAS, P. R. R. de. **Modelos avançados de análise de redes elétricas inteligentes utilizando o software OpenDSS**. 2015. 191 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

GABER, H.; OTHMAN, A. M.; SINGH, K. Heuristics-based Central Controller in Resilient Microgrids (RMGs) for Transportation Systems. **Energy Procedia**, Amsterdam, v. 100, p. 352-359, nov. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.188>.

GHOSH, A. K.; LUBKEMAN, D. L. The classification of power system disturbance wave forms using a neural network approach. **IEEE Transactions on Power Delivery**, Piscataway, v. 10, n. 1, p. 109-115, 1995. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/61.368408>.

GRAINGER, J. J. *et al.* **Power system analysis**. New York: McGraw-Hill, 1994. 814 p.

HALL, P. J.; BAIN, E. J. Energy-storage technologies and electricity generation. **Energy Policy**, London, v. 36, n. 12, p. 4352-4355, dez. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.037>.

HATZIARGYRIOU, N. *et al.* Microgrids: An Overview of Ongoing Research, Development, and Demonstration Projects. **IEEE Power & Energy Magazine**, Piscataway, p. 78-94. jul. 2007.

HATZIARGYRIOU, N. **Microgrids: architectures and control**. Noida: IEEE Press, 2014. 341 p.

HAYDEN, E. **Introduction to microgrids**. Virginia: Securicon, 2013. p. 1-13.

HAYKIN, S. **Neural networks and learning machines**. 3. ed. Ontario: Pearson Prentice Hall, 2009.

HAYKIN, S. **Neural networks: a comprehensive foundation**. 2. ed. Ontário: Pearson Prentice Hall, 1999.

HOJO, M. *et al.* Method of Three-Phase Balancing in Microgrid by Photovoltaic Generation Systems. In: INTERNATIONAL POWER ELECTRONICS AND MOTION CONTROL CONFERENCE, 13., 2008, [s.l.]. **Proceedings [...]** [S. l.: s. n.], 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/epepemc.2008.4635637>.

IBRAHIM, W. R. A.; MORCOS, M. M. Artificial intelligence and advanced mathematical tools for power quality applications: a survey. **IEEE Transactions On Power Delivery**, Piscataway, v. 17, n. 2, p. 668-673, abr. 2002. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/61.997958>.

IEC E. 61000-4-30: **Testing and measurement techniques: power quality measurement methods**. [S. l.]: International Electrotechnical Commission Standard, 2015.

IEEE recommended practice for monitoring electric power quality. **IEEE Std. 1159-2009**; 2009.

IEEE recommended practice for electrical power distribution for industrial plants, Red Book, **IEEE Std. 141-1993**; 1993.

IEEE 1547-4, **The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 2011**. IEEE Guide for Design, Operation, and Integration of Distributed Resource Island Systems with Electric Power Systems. New York: [s. n.], 2011.

INEE, Instituto Nacional de Eficiência *et al.* **O Que é Geração Distribuída**. 2014. Disponível em: http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp. Acesso em: 15 jul. 2019.

KERSTING, W. H. Radial distribution test feeders. **IEEE Transactions On Power Systems**, Piscataway, v. 6, n. 3, p. 975-985, 1991. Institute of Electrical and Electronics Engineers. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/59.119237>.

KERSTING, W. H.; SHIREK, G. Short circuit analysis of IEEE test feeders. **PesT&d** 2012, [S.L.], p. 1-9, maio 2012. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/tdc.2012.6281539>.

KROSE, B. SMAGT, P. D. **An introduction to neural networks**. 8. ed. Amsterdam: The University Of Amsterdam, 1996.

LASSETER, R. H; MicroGrids; **Proceedings of the IEEE 46th Annual Electric Power Conference**, pp. D1-1 – D1-6, Colorado Springs, CO, USA, May 2002.

LASSETER, R. H. *et al.* **White paper on integration of distributed energy resources: the certs microgrid concept**. [S. l.]: Transmission Reliability Program, Energy, 2002.

LASSETER, R. H; PIAGI P; **Control and desing of microgrid components**. Madison: University of Wisconsin, 2006.

LE CUN, Y. Generalizationand network design strategies. **TechnicalReport CRG-TR-89-4**. Toronto: [s. n.], 1989. 9 p.

LEME, G. B. **Modelagem e simulação de uma microgrid**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2019.

LI, D.; ZHU, Z. Q.. A Novel Integrated Power Quality Controller for Microgrid. **IEEE Transactions On Industrial Electronics**, Piscataway, v. 62, n. 5, p. 2848-2858, maio 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tie.2014.2362495>.

LI, P.; GAO, Jing; XU, Duo; WANG, Chang; YANG, Xavier. Hilbert-Huang transform with adaptive waveform matching extension and its application in power quality disturbance detection for microgrid. **Journal Of Modern Power Systems And Clean Energy**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 19-27, jan. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40565-016-0188-5>.

LOPES, J.A.P. *et al*. Defining Control Strategies for MicroGrids Islanded Operation. **Ieee Transactions On Power Systems**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 916-924, maio 2006. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tpwrs.2006.873018>.

LOPES, Y.*et. al.*, Smart Grid e IEC 61850: Novos Desafios em Redes e Telecomunicações para o Sistema Elétrico. In Minicursos do XXX **Simposio Brasileiro de Telecomunicações**, pages 1–44. (SBrT), Sociedade Brasileira de Telecomunicações, 1 edition.2012.

MAHELA, O. P. *et al*. A critical review of detection and classification of power quality events. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**,[S.L.], v. 41, p. 495-505, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.07>

MARINHO, P. S. G. **Apresentação de Uma Indústria Sucroalcooleira Sob os Conceitos de Microrrede de Energia Elétrica. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”. Ilha Solteira – SP. 2011.

MARNAY, C.; VENKATARAMANAN, G.. Microgrids in the evolving electricity generation and delivery infrastructure. 2006 **IEEE Power Engineering Society General Meeting, Montreal**, Canadá, 2006. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/pes.2006.1709529>

MCCULLOCH, W. S; PITTS, W. A logicalCalculusof Idea Immanent in NervousActivity, **BulletinofMtahematicalBiophysics**, No. 9, 1943, pp. 127-147.

MOREIRA, Carlos Coelho Leal. **Identification and development of microgrids emergency control procedures**. 2008. 279 f. Tese (Doutorado) - Curso de ElectricalAnd Computer Engineering, UniversityOf Porto, Cidade do Porto, 2008.

OLIVEIRA, R. R. de. **Teorema de Tales**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/matematica/teorema-tales.htm>. Acesso em: 18 jan. 2021.

PESSOA, André Luis Silva *et al.* Estimação de harmônicos no contexto da qualidade de energia elétrica utilizando redes neurais artificiais. **Learning And Nonlinear Models - Journal Of The Brazilian Society On Computational Intelligence** (sbic), Brazilian Computational Intelligence Society, v. 14, n. 1, p.15-24, 2016.

POCHACKER, Manfred; SOBE, Anita; ELMENREICH, Wilfried. Simulating the smart grid. **2013 IEEE Grenoble Conference**, [S.L.], jun. 2013. IEEE.
<http://dx.doi.org/10.1109/ptc.2013.6652259>.

RADATZ, Paulo *et al.* **OpenDSSPVSystem and InvControl Element Models**. [S.l.]: Epr - Electric Power Research Institute, 2020.

RUMELHART, D. E. *et al.* Learning Internal Representations by Error Propagation. In: **.Parallel Distributed Processing**. Cambridge: Ma: M.I.T Press, 1987. Cap. 8. p. 318-362.

ROCHA, Celso *et al.* StorageElement. :Epr - Electric Power ResearchInstitute, 2020.

SANTOS, Fernando Antonio Castilho Mamede dos *et al.* Geração distribuída versus centralizada. **Millenium**, Portugal, v. 0, n. 35, p. 1-15, 01 fev. 2016.

SANTOS, S. A. dos *et al.* Desenvolvimento de uma Ferramenta Computacional para Aplicação num Estudo de Qualidade da Energia Elétrica Associada a Geração Solar Fotovoltaica. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos 2020**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 1-6, 14 ago. 2020. Sbabra. <http://dx.doi.org/10.48011/sbse.v1i1.2343>.

SAVAGHEBI, Mehdi *et al.* Autonomous Voltage Unbalance Compensation in an Islanded Droop-Controlled Microgrid. **Ieee Transactions On Industrial Electronics**, Piscataway, v. 60, n. 4, p. 1390-1402, abr. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/tie.2012.2185914>.

SERBAN, I. *et al.* POWER Quality issues in a stand-alone microgrid based on renewable energy. **Roum**, Bucarest, v. 3, n. 53, p. 285-293, 2008.

SEXAUER, J. OpenDSS Primer, Programa revision: 7.6. **EPRI – Electric Power ResearchInstitute**, Setembro de 2012.

SILVA, I. N. da *et al.* **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas: fundamentos teóricos e aspectos práticos**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2016.

SILVA, Carlos Daniel Vera; GUERRA, Agustín Rafael Marulanda. OPENDSS aplicado al modelamiento y simulación dinámica de microrredes. **Visión Electrónica**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 149-161, 27 out. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14483/22484728.13994>.

SOULTANIS, N. L. *et al.* Dynamic simulation of power electronics dominated micro-grids. In: IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY GENERAL MEETING, 2006, [s. l.].

Proceedings [...] [S. l.: s. n.] 2006. p. 1932-5517. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1109/pes.2006.1709513>.

SU, H. J. *et al.* Development of power quality analysis platform for INER Microgrid. In: **IEEE Power & Energy Society General Meeting**, Piscataway, 2013. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1109/pesmg.2013.6672694>.

VIEIRA, G. J. P. **Desequilíbrios de tensão em micro-redes durante o funcionamento em modo isolado**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Desequilíbrios, Cidade do Porto, 2012.

VIGNOLO, M; ZABELLOS, R. Transmission networks ordistributedgeneration? *In: SYMPOSIUM ON DISTRIBUTED GENERATION*. ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2001, Stockholm, Sweden. **Proceedings** [...] [S. l.: s. n.], 2001. p. 63-67.

VON JOUANE, A.; BANERJEE, B. B.. Voltage unbalance: Power quality issues, related standards and mitigation techniques. **Electric Power Research Institute**, Palo Alto, EPRI Final rep. maio 2000.

ZAMORA, R.; SRIVASTAVA, A.K.. Controls for microgrids with storage: review, challenges, and research needs. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 14, n. 7, p. 2009-2018, set. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.019>.

APÊNDICE A – Dados de treinamento da rede neural artificial

Os dados para treinamento foram feitos utilizando um código em *python* que gerou vários cenários para treinar as redes neurais dentro das características da microrrede teste. Uma vez definida a rede neural, essas necessitam serem treinadas. Isso significa que os graus de liberdade que as redes dispõem, para solucionar as tarefas de analisar a tensão em regime permanente e detectar desequilíbrio de tensão têm que ser adaptados de uma maneira ótima. O Quadro 1 apresenta todo o conjunto de dados utilizados para treinar a RNA utilizada nesse trabalho, os dados equivalem a 110 horas para cada uma das 13 barras totalizando um número de 1430 conjunto de entradas e saídas para treinamento da RNA.

Quadro 1- Dados de treinamento da rede neural artificial

DADOS DE TREINAMENTO RNA						
VA (V)	VB (V)	VC (V)	FASE VA (graus)	FASE VC (graus)	FASE VC (graus)	SAÍDA
5550,68	6871,69	6288,04	-36,18	145,86	155,4	Desequilibrado
4993,45	4991,04	5641,95	-42,25	43	-114,13	Desequilibrado
8334,42	3043,14	5444,99	61,02	-2,87	-35,81	Desequilibrado
7875,67	6074,28	9465,69	32,01	-50,31	148,75	Desequilibrado
8207,12	4313,72	5392,15	-14,82	12,5	-102,78	Desequilibrado
5673,17	2216,91	8051	-65,61	65,03	-9,4	Desequilibrado
8120,65	5070,31	2997,51	86,38	155,58	48,86	Desequilibrado
3946,24	3451,46	2757,32	105,71	-25,95	-11,42	Desequilibrado
7095,06	9460,89	2353,81	-126,47	-145,22	71,98	Desequilibrado
4251,27	4664,39	9492,11	146,28	-82,94	-157,15	Desequilibrado
7616,27	2464,3	7957,33	-123,43	-35,77	98,64	Desequilibrado
4969,43	3422,64	7440,93	-89,8	-177,86	15,53	Desequilibrado
2392,24	3033,54	1138,48	-152,7	-104,68	160,68	Desequilibrado
5461,81	6866,89	7666,71	-54,27	141,93	28,07	Desequilibrado
1854,23	4702,82	2726,1	-0,85	20,48	169,08	Desequilibrado
8199,92	2010,35	7695,53	-114,65	57,97	154,43	Desequilibrado
8886,84	7318,44	2807,76	172,4	94,84	86,41	Desequilibrado
5762,04	7366,47	6883,7	98,1	178,83	-18,01	Desequilibrado
2591,6	4090,35	2152,06	-41,69	-46,16	37,5	Desequilibrado
5651,55	2490,72	3386,61	150,2	79,56	28,55	Desequilibrado
5473,82	5464,21	6340,88	161,25	-110,7	110,17	Desequilibrado
2622,82	3228,09	7618,67	27,81	-77,63	-42,34	Desequilibrado
4582,73	4923,79	8752,34	-58,26	110,12	95,99	Desequilibrado
2226,51	5142,36	8315,2	107,73	-144,66	-7,42	Desequilibrado
7844,44	8002,96	7323,24	103,33	-108,47	173,4	Desequilibrado
658,11	7942,92	329,05	-124,81	5,05	157,75	Desequilibrado

706,14	1489,15	658,11	172,78	-158,24	-1,66	Desequilibrado
9163,06	1568,41	9311,97	-35,75	-75,61	-159,21	Desequilibrado
2702,08	5212,01	7306,43	38,49	-132,32	-71,6	Desequilibrado
1371,46	8483,33	5798,07	62,58	-97,07	61,37	Desequilibrado
4832,52	2606,01	1124,07	-35,71	-124,7	168,99	Desequilibrado
4011,09	148,91	6732,39	177,24	63,6	19,3	Desequilibrado
2111,23	5891,74	7928,51	-15,48	-94,01	77,06	Desequilibrado
8589,02	900,69	4208,04	33,41	-117,31	-159,54	Desequilibrado
1381,06	2557,97	1988,73	14,01	-19,15	163,2	Desequilibrado
6223,19	7741,16	3220,88	-100,43	-21,12	-37,68	Desequilibrado
1381,06	5072,71	7801,21	130,47	-105,92	164,4	Desequilibrado
5865,32	6914,93	4955,02	170,58	133,72	65,59	Desequilibrado
8238,35	2101,62	6424,95	-158,28	114,58	-161,83	Desequilibrado
3057,56	8420,89	6756,4	-84,42	-177,15	64,4	Desequilibrado
1779,77	7027,81	5096,73	-116,5	62,67	-55,7	Desequilibrado
1191,32	8185,5	3809,33	92,57	178,01	-14,1	Desequilibrado
1393,07	1556,4	353,07	11,04	115,02	63,12	Desequilibrado
2879,82	9328,79	271,41	-150,42	57,08	47,43	Desequilibrado
1419,49	6605,09	2226,51	-105,01	-177,79	49,42	Desequilibrado
4316,12	5408,97	8303,2	95,95	166,35	-56,21	Desequilibrado
4176,82	4263,28	2704,48	-36,05	-14,19	93,71	Desequilibrado
1001,57	3852,57	6148,74	-65,46	-109,76	-95,53	Desequilibrado
6811,65	7227,17	4431,41	-164,14	119,95	-80,7	Desequilibrado
9314,37	768,59	3360,19	173,21	141,81	31,64	Desequilibrado
5824,49	6115,11	266,61	-131,71	146,6	111,42	Desequilibrado
6170,35	4498,67	831,04	124,2	-117,23	113,12	Desequilibrado
295,43	213,76	8958,9	-123,27	-133,36	86,01	Desequilibrado
8757,15	5351,32	3381,8	-179,52	-60,88	-113,48	Desequilibrado
1712,52	7565,83	1222,54	138,2	-104,42	-100,66	Desequilibrado
1066,42	1496,35	8853,22	-80,45	-17,89	150,9	Desequilibrado
254,6	7395,3	1674,09	-154,76	-161,11	130	Desequilibrado
6874,09	5108,73	7798,81	13,38	46,24	44,63	Desequilibrado
5843,7	6388,92	3352,98	-128,31	87,51	58,84	Desequilibrado
2469,1	1306,61	7450,54	-74,36	50,02	10,71	Desequilibrado
6247,21	8713,91	6950,95	-47,47	-150,51	-156,25	Desequilibrado
5245,64	4837,33	1436,31	-88,46	152,18	23,63	Desequilibrado
4710,03	622,08	333,86	47,51	-29,35	-109,42	Desequilibrado
6259,22	8456,91	5505,04	-167,48	-106,76	82,75	Desequilibrado
7990,95	624,48	6689,15	158,13	101,28	-71,67	Desequilibrado
2394,64	509,19	8115,85	-52,21	33,62	-29,74	Desequilibrado
1414,69	7654,7	655,71	-69,98	-110,23	-21,24	Desequilibrado
4664,39	1484,34	3079,17	169,28	51,47	-64,28	Desequilibrado
6136,73	8637,05	7496,17	-64,61	-106,58	4,15	Desequilibrado

3898,2	5637,14	1938,29	35,55	-119,61	89,42	Desequilibrado
5384,95	3343,38	5882,13	-59,18	119,84	-156,36	Desequilibrado
1753,35	329,05	6107,9	165,48	174,9	83,45	Desequilibrado
7938,11	6139,13	9091	-172,25	-126,39	140,36	Desequilibrado
5834,09	1750,95	7873,26	5,65	19,91	-91,31	Desequilibrado
1873,44	8163,89	3566,75	73,61	-88,31	-131,19	Desequilibrado
5858,11	3975,06	2990,3	-175,16	103,71	153,85	Desequilibrado
7049,43	6153,54	28,82	151,61	29,23	-23,24	Desequilibrado
2699,68	6655,53	1702,91	95,23	-130,84	-109,25	Desequilibrado
946,33	1779,77	6136,73	-41,38	-166,09	-141,28	Desequilibrado
6943,75	1616,45	9059,78	-125,86	115,09	-29,86	Desequilibrado
3576,35	2548,36	4404,99	-110,64	52,03	-87,53	Desequilibrado
2615,61	2630,03	3268,92	-131,55	157,11	45,26	Desequilibrado
2469,1	6105,5	4493,86	-130,66	-61,07	121,43	Desequilibrado
9263,94	624,48	7481,76	94,54	-140,99	-88,28	Desequilibrado
7275,2	9470,49	845,45	85,05	-125,23	-92,76	Desequilibrado
2536,35	2461,9	5598,71	124,58	-172,55	-58,96	Desequilibrado
3031,13	3429,84	7719,55	26,78	86,58	-127,19	Desequilibrado
8759,55	6583,47	9427,26	0,24	-156,11	70,49	Desequilibrado
3057,56	4438,62	2029,56	-119,77	14,87	-53,03	Desequilibrado
6886,1	6336,08	8012,57	-29,57	-57,1	67,68	Desequilibrado
4832,52	7940,52	7818,02	-131,72	-59,31	131,63	Desequilibrado
6264,02	2370,63	3900,6	24,61	59,95	144,79	Desequilibrado
8519,36	2860,6	3665,22	170,69	44,28	-160,88	Desequilibrado
5084,72	8247,95	4140,79	-135,28	-75,44	52,64	Desequilibrado
4104,76	9259,13	5089,52	14,43	-81,65	37,74	Desequilibrado
461,16	5252,85	5617,93	-41,79	132,57	-20,46	Desequilibrado
2932,66	7013,4	7080,65	-178,26	64,05	-96,66	Desequilibrado
8360,84	9340,79	7373,68	-110,67	-92,67	-135,51	Desequilibrado
1645,27	2836,58	6381,72	88,27	-160,24	78,92	Desequilibrado
9501,72	3554,74	9239,92	-168,34	97,31	-94,7	Desequilibrado
5846,1	778,2	4825,32	24,52	-99,69	-27,66	Desequilibrado
6297,65	8889,25	3742,08	114,01	-2,4	10,96	Desequilibrado
5944,58	5310,49	1112,06	160,57	-133,93	-170,48	Desequilibrado
5408,97	9453,68	1467,53	111,36	-8,81	168,79	Desequilibrado
2137,65	1830,21	3189,66	112,46	-139,95	178,53	Desequilibrado
2288,96	7080,65	2802,96	69,41	81,63	138,76	Desequilibrado
5144,76	1080,83	2077,6	25,02	-157,21	126,78	Desequilibrado
7023,01	7597,05	473,16	-1,89	146,79	-163,06	Desequilibrado
1777,37	4119,17	33,63	153,6	70,14	-114,72	Desequilibrado
6693,96	8156,68	7419,31	-78,43	93,9	-83,91	Desequilibrado
31,22	2572,38	2368,22	49,33	172,15	-149,1	Desequilibrado
2935,06	855,06	6780,42	-116,82	-60,8	25,42	Desequilibrado

6713,17	5954,19	5759,64	-149,9	-34,37	141,27	Desequilibrado
5653,95	8322,41	8336,82	-177,97	13,13	-12,12	Desequilibrado
8137,47	4215,25	9167,86	-72,1	157,17	61,25	Desequilibrado
4563,52	1628,45	8051	-116,02	87,82	-70,62	Desequilibrado
509,19	7409,71	8932,48	-178,08	-126,39	-177,92	Desequilibrado
7306,43	3420,23	8831,6	57,34	-0,84	32,76	Desequilibrado
1460,32	2899,03	4184,02	-153,29	-91,66	-112,92	Desequilibrado
5764,44	3485,08	6501,81	-44,76	-150,07	-22,66	Desequilibrado
5843,7	7354,46	4208,04	-122,99	-32,76	-71,74	Desequilibrado
9143,84	1878,25	9134,24	172,46	-171,75	-96,68	Desequilibrado
8980,52	4049,52	9239,92	64,17	144,21	160,6	Desequilibrado
7858,85	115,29	9468,09	-52,94	168,01	108,5	Desequilibrado
5183,19	5180,79	1083,23	-92,83	-154,97	30,91	Desequilibrado
8231,14	7335,25	5329,71	-173,23	32,78	-97,61	Desequilibrado
7774,79	3427,44	9143,84	19,41	114,16	52,56	Desequilibrado
4179,22	1167,3	1798,99	5,38	-110,61	-81,03	Desequilibrado
8411,28	9422,46	480,37	-70,96	125,39	138,16	Desequilibrado
3607,58	6513,82	6331,28	-20,89	145,04	11,25	Desequilibrado
1126,47	2750,12	362,68	68,62	-143,59	-160,89	Desequilibrado
6960,56	184,94	8199,92	-36,28	140,05	138,06	Desequilibrado
8370,45	2291,36	4868,55	84,54	-71,47	12,82	Desequilibrado
7385,69	6076,68	473,16	111,71	-125,36	50,91	Desequilibrado
6898,11	3571,55	3232,89	30,61	-70,97	125,37	Desequilibrado
6814,05	6045,46	7887,68	-104,89	-164,01	148,28	Desequilibrado
8492,94	4443,42	468,36	-129,76	-46,92	-2,08	Desequilibrado
3019,13	624,48	8243,15	-54,38	41,72	-154,2	Desequilibrado
5783,65	3307,35	8761,95	-84,56	-32,24	120,04	Desequilibrado
4664,39	1642,87	7743,56	144,91	75,96	72,89	Desequilibrado
7371,28	823,83	1820,6	-157,62	160,95	-73,05	Desequilibrado
3670,03	8670,68	3074,37	26,06	-171,01	-89,3	Desequilibrado
8317,61	4969,43	8853,22	-32,27	-41,61	-75,23	Desequilibrado
5370,54	576,44	3907,81	-177,6	166,38	-21,28	Desequilibrado
8055,8	3285,73	4417	12,65	10,83	-130,6	Desequilibrado
5411,37	1575,61	999,17	17,51	32,08	-48,43	Desequilibrado
1076,03	5853,31	5507,44	-156,38	145,37	-126,13	Desequilibrado
2228,92	2774,14	6189,57	-152,94	-9,57	63,81	Desequilibrado
9446,48	3146,42	2870,21	135,84	-36,96	165,95	Desequilibrado
2560,37	6898,11	9552,16	52,82	-177,74	-149,77	Desequilibrado
6235,2	8670,68	8504,95	-100,97	-85,11	28,43	Desequilibrado
3374,6	8793,17	1832,61	34,01	72,92	78,32	Desequilibrado
2519,54	7421,72	6804,44	115,05	8,56	-39,94	Desequilibrado
785,4	127,3	2692,47	-141,34	-130,52	174,25	Desequilibrado
8870,03	6155,94	6924,53	-9,45	160,11	45,02	Desequilibrado

5939,78	4549,1	2039,17	13,45	-19,37	83,64	Desequilibrado
2457,09	3674,83	1875,84	-174,6	-26,59	-101,61	Desequilibrado
1164,9	2329,79	7385,69	108,59	36,83	-154,91	Desequilibrado
6518,62	1203,33	5687,58	-60,99	-56,4	17,46	Desequilibrado
8183,1	1100,05	8908,46	-17,07	109,88	-65,9	Desequilibrado
3542,73	7152,71	5250,44	73,58	110,75	86,27	Desequilibrado
2466,7	8216,73	1585,22	-105,89	10,5	16,32	Desequilibrado
139,31	694,13	1861,43	137,97	-92,05	-5,72	Desequilibrado
93,67	5966,2	6129,52	-161,76	46,3	-161,1	Desequilibrado
7231,97	9530,54	595,66	-13,72	-101,15	20,46	Desequilibrado
5826,89	3919,82	7318,44	-19,48	80,3	69,4	Desequilibrado
2577,19	4179,22	72,06	-129,37	-127,28	-40,81	Desequilibrado
3689,24	6953,36	8430,49	-156,28	-108,43	-144,16	Desequilibrado
4289,7	6511,42	1758,15	-77,37	0,71	-123,43	Desequilibrado
8932,48	6557,05	5569,89	63,88	-115,1	32,1	Desequilibrado
718,15	9343,2	3199,26	88,3	-87,28	129,93	Desequilibrado
5709,2	3878,99	3405,82	-136,08	99,28	-39,04	Desequilibrado
5949,38	7743,56	2142,45	-71,14	-63,91	157,25	Desequilibrado
5908,55	2437,88	526,01	-100,12	166,3	-52,11	Desequilibrado
7628,28	5322,5	4042,31	-18,79	73,39	-74,27	Desequilibrado
8293,59	2082,4	7258,39	-166,45	-3,87	146,41	Desequilibrado
5665,96	8579,41	8293,59	20,85	-81,38	-60,03	Desequilibrado
686,93	1138,48	7047,03	165,63	-62,17	111,44	Desequilibrado
1191,32	2865,41	2296,17	10,18	-76,87	60,26	Desequilibrado
1693,3	2721,3	8944,49	132,75	12,52	-63,98	Desequilibrado
9307,17	1256,17	3922,22	-119,15	-89,98	-73,86	Desequilibrado
5175,99	7123,89	8706,71	7,73	-15,47	-155,81	Desequilibrado
9028,55	3720,47	6744,39	-168,5	-134,24	-32,78	Desequilibrado
653,3	2017,55	8862,83	-1,68	-157,93	-9,43	Desequilibrado
698,94	3040,74	6480,19	-48,95	-34,75	81,36	Desequilibrado
6965,36	874,27	7765,18	103,26	-44,42	-142,27	Desequilibrado
9208,69	8382,46	7690,72	136	28,48	-92,27	Desequilibrado
6374,51	5781,25	55,24	-175,93	56,59	40,16	Desequilibrado
5605,92	1169,7	4030,3	79,75	22,88	-93,85	Desequilibrado
7541,81	953,53	9381,63	60,14	47,33	131,88	Desequilibrado
5437,79	9535,34	5824,49	90,45	-50,94	-3,17	Desequilibrado
927,11	739,77	338,66	-54,65	162,05	-110,81	Desequilibrado
84,06	1614,04	8646,66	-40,92	-133,91	-166,77	Desequilibrado
4993,45	2574,78	4001,48	-175,04	120,2	44,24	Desequilibrado
4986,24	3213,68	9580,98	138,16	72,25	86,95	Desequilibrado
1880,65	7188,74	7721,95	114,5	70,2	43,25	Desequilibrado
7914,1	2452,29	9554,56	-0,68	-103,13	15,78	Desequilibrado
2433,07	5452,2	2087,21	-63,74	96,48	-129,13	Desequilibrado

3549,93	8082,23	7030,21	-12,7	-13,04	162,73	Desequilibrado
7962,13	401,11	3261,71	40,11	146,37	156,84	Desequilibrado
4157,6	1753,35	7498,58	176,36	175,28	107,3	Desequilibrado
2457,09	4496,26	3425,04	-101,77	106,27	-150,72	Desequilibrado
6364,9	8519,36	9393,64	-25,98	18,03	-42,78	Desequilibrado
7253,59	751,78	5985,41	-112,27	-72,38	-131,52	Desequilibrado
6698,76	7993,36	4827,72	-154,35	55,74	168,69	Desequilibrado
5766,84	5015,06	5226,43	-170,3	140,62	111,3	Desequilibrado
2490,72	6071,88	8737,93	106,73	-94,31	40,17	Desequilibrado
211,36	6770,82	3876,59	-31,92	135,6	-19,58	Desequilibrado
4433,82	8898,85	4085,55	74,73	56,66	134,64	Desequilibrado
7253,59	3004,71	2541,16	1,04	-123,08	138,43	Desequilibrado
6929,34	3746,89	403,51	88,53	-10,13	-57,6	Desequilibrado
8365,64	1669,29	6095,9	74,76	-113,56	-77,73	Desequilibrado
1892,66	7534,6	5190,4	14,9	-82,91	153,72	Desequilibrado
2000,74	3521,11	5910,95	-123,2	69,31	-116,71	Desequilibrado
8927,68	7159,91	4078,34	-40,19	-108,02	55,35	Desequilibrado
5197,6	2449,89	4133,58	27,68	106,67	91,84	Desequilibrado
3268,92	2802,96	5774,05	-161,37	172,54	-134,61	Desequilibrado
1943,1	2963,88	4762,87	138,74	-17,93	-178,08	Desequilibrado
8809,99	4248,87	3031,13	101,02	114,2	-134,72	Desequilibrado
2565,18	7186,34	5790,86	-137,69	166,96	-45,06	Desequilibrado
5593,91	4417	7241,58	-65,92	-121,3	-143,66	Desequilibrado
413,12	6847,67	6669,94	44,39	157,1	-170,37	Desequilibrado
3055,15	4734,05	2769,33	83,62	-48,37	-30,19	Desequilibrado
5303,28	1477,14	6701,16	-22,06	-121,62	67,66	Desequilibrado
7215,16	8259,96	1150,49	82,5	-143,47	0,82	Desequilibrado
823,83	660,51	3588,36	-149,22	134,19	134,66	Desequilibrado
5488,23	3482,68	7964,53	-91,68	-60,13	-133,47	Desequilibrado
7385,69	7707,54	6977,37	23,8	29,49	-19,95	Desequilibrado
8973,31	7409,71	3509,1	100,67	-159,2	-66,47	Desequilibrado
8622,64	883,88	1052,01	121,1	175,46	69,69	Desequilibrado
838,25	994,37	521,2	59,14	167,34	47,9	Desequilibrado
8516,96	4200,84	7613,86	-27,66	178,49	-1,34	Desequilibrado
6775,62	6314,46	4066,33	-5,07	96,42	-54,12	Desequilibrado
7090,26	7719,55	2959,08	17,55	19,4	-50,99	Desequilibrado
5853,31	6350,49	1678,89	113,81	-77,44	-21,02	Desequilibrado
8019,78	1088,04	3941,44	-56,94	-88,82	105,17	Desequilibrado
4066,33	5089,52	5502,64	128,12	25,02	-78,58	Desequilibrado
7580,24	1289,79	1325,82	15,35	-43,57	-23,26	Desequilibrado
6484,99	4433,82	9249,52	-55,88	136,64	-140,64	Desequilibrado
4376,17	2668,46	4484,25	40,54	60,48	71,41	Desequilibrado
6530,63	6554,65	8639,45	19,48	98,94	-148,98	Desequilibrado

4450,63	1981,53	7236,77	25,29	112,61	-40,85	Desequilibrado
2067,99	737,37	3345,78	173,53	-16,32	-33,46	Desequilibrado
7995,76	3413,03	2130,44	13,92	5,45	4,51	Desequilibrado
8661,07	8084,63	8843,61	89,24	-161,69	-11,53	Desequilibrado
4253,68	6110,31	5877,33	-147,94	50,75	-6,59	Desequilibrado
8228,74	8605,83	526,01	-95,32	136,93	-78,97	Desequilibrado
3083,98	5990,21	7688,32	128,6	135,38	-126,54	Desequilibrado
8649,06	5608,32	5079,91	136,62	120,01	-44,58	Desequilibrado
9182,27	958,34	4926,19	-13,55	-55,23	-56,87	Desequilibrado
6112,71	3650,81	9172,67	-9,6	-2,18	-3,04	Desequilibrado
7870,86	1229,75	2831,78	134,9	132,7	-172,5	Desequilibrado
6160,75	2526,75	566,84	8,07	68,09	16,14	Desequilibrado
2178,48	3369,8	4582,73	74,69	-44,2	-88,85	Desequilibrado
7625,87	6902,92	4534,69	-27,21	10,66	79,28	Desequilibrado
9376,82	6410,54	2269,75	165,97	-13,09	25,54	Desequilibrado
1868,64	9484,91	9602,6	-153,13	44,06	-76,34	Desequilibrado
6031,05	357,88	1426,7	147,46	-151,02	-162,69	Desequilibrado
4640,37	845,45	6271,23	-164,8	-36,82	-165	Desequilibrado
3763,7	7577,84	5867,72	-146,2	-112,27	96,25	Desequilibrado
307,44	1224,94	509,19	22,77	-175,59	101,86	Desequilibrado
5971	2015,15	3727,67	-37,88	-155,74	-165,06	Desequilibrado
9513,73	989,56	8214,33	84,41	-12,2	100,33	Desequilibrado
5711,6	2514,74	9345,6	44,38	-125,26	-173,98	Desequilibrado
2577,19	182,54	2923,05	54,96	34,88	58,37	Desequilibrado
8243,15	1859,03	172,93	136,15	103,24	-31,18	Desequilibrado
6926,94	5413,77	2630,03	142,42	166,77	30,85	Desequilibrado
6160,75	7013,4	357,88	-55,05	123,63	10,88	Desequilibrado
6919,73	5834,09	273,81	9,28	146,91	68,27	Desequilibrado
9403,24	1892,66	2759,73	18,5	34,84	2,2	Desequilibrado
9400,84	6175,16	6023,84	-66,83	-115,63	-123,25	Desequilibrado
634,09	1445,91	8283,98	-122,02	37,79	6,45	Desequilibrado
4508,27	129,7	2017,55	-67,9	-7,35	156,87	Desequilibrado
547,62	5365,73	7844,44	91,8	104,56	128,89	Desequilibrado
636,49	441,94	7995,76	-83,75	-141,52	36,87	Desequilibrado
8440,1	4119,17	3874,18	17,85	-76,02	-102,87	Desequilibrado
5048,69	2015,15	600,46	167,11	107,37	9,74	Desequilibrado
9386,43	9357,61	2099,22	-121,57	48,32	92,39	Desequilibrado
7207,95	9122,23	1782,17	171,44	65,1	156,45	Desequilibrado
9155,85	1873,44	3425,04	32,23	49,85	-159,99	Desequilibrado
6460,98	3684,44	8187,91	28,71	-33,41	-114,22	Desequilibrado
3710,86	1633,26	6348,09	-42,2	154,45	-147,55	Desequilibrado
6321,67	1265,77	7657,1	-75,51	110,81	-4,76	Desequilibrado
5838,9	1991,13	1027,99	95,45	-106,83	-137,16	Desequilibrado

7068,64	6895,71	7863,66	108,64	-119,16	15,7	Desequilibrado
5910,95	2569,98	5154,37	70,19	-49,12	30,88	Desequilibrado
650,9	3480,28	1700,51	-175,19	137,44	-97,84	Desequilibrado
8901,26	379,49	9074,19	-126,69	135,03	104,87	Desequilibrado
6799,64	2990,3	4661,99	11,51	58,82	52,91	Desequilibrado
8221,53	1160,09	7376,08	121,99	159,41	-10,55	Desequilibrado
2377,83	2581,99	4558,71	34,33	-38,57	128,75	Desequilibrado
1121,66	6424,95	6076,68	-106,65	-113,28	-98,89	Desequilibrado
3079,17	7880,47	5728,41	24,88	73,16	-9,75	Desequilibrado
2101,62	4974,23	9163,06	38,81	-21,04	39,74	Desequilibrado
1590,02	2745,31	2560,37	77,23	-135,13	163,84	Desequilibrado
955,94	5329,71	6043,05	-18,65	-108,2	-30,49	Desequilibrado
158,52	7844,44	3960,65	59,06	-128,74	34,86	Desequilibrado
7150,31	8843,61	8014,97	119,35	-41,45	-173,67	Desequilibrado
7808,41	9074,19	3549,93	-140,63	76,62	-83,88	Desequilibrado
2959,08	6708,37	3151,23	70,05	29,5	74,69	Desequilibrado
410,72	8725,92	6028,64	-103,44	59,68	-75,82	Desequilibrado
5430,58	3573,95	5171,18	154,93	-176,23	154,09	Desequilibrado
3566,75	8903,66	5435,39	90,45	-83,54	-82,98	Desequilibrado
5531,46	3585,96	7921,3	77,92	-83,59	51,4	Desequilibrado
7183,93	3050,35	8766,75	95,69	101,08	161,61	Desequilibrado
8063,01	7760,38	3682,04	-146,66	-91,48	-80,36	Desequilibrado
4887,76	2204,9	1136,08	-98,61	-91,6	-29,29	Desequilibrado
9374,42	1678,89	5303,28	-132,99	6,09	4,83	Desequilibrado
8826,8	5272,06	7304,03	90,07	152,53	96,35	Desequilibrado
6588,27	3804,53	1188,92	-116,65	21,06	-11,27	Desequilibrado
646,1	5089,52	6650,72	36,57	-107,18	-53,61	Desequilibrado
7270,4	9477,7	8584,21	-174,21	89,11	153,17	Desequilibrado
2382,64	3093,58	6617,1	-4,51	-36,23	-132,03	Desequilibrado
9434,47	473,16	4138,39	132,3	-97,29	21,16	Desequilibrado
7114,28	5512,25	3581,16	-80,2	38,62	-152,62	Desequilibrado
7868,46	6083,89	6086,29	21,42	119,31	-63,7	Desequilibrado
3943,84	1517,97	2975,89	-147,93	152,44	135,93	Desequilibrado
7277,61	5149,57	2488,32	136,12	61,97	-21,38	Desequilibrado
7243,98	3417,83	2814,97	-2,83	92,17	-58,19	Desequilibrado
4616,36	3513,91	5296,08	143,32	-4,47	1,48	Desequilibrado
8430,49	3240,1	4784,49	44	-113,13	139,75	Desequilibrado
3021,53	5384,95	3266,52	109,93	168,32	-61,3	Desequilibrado
6766,01	6201,58	5975,8	131,78	161,81	5,74	Desequilibrado
4003,88	6842,87	6581,07	157,32	-23,53	-5,53	Desequilibrado
4176,82	5070,31	8603,43	84,74	157,64	-10,86	Desequilibrado
8014,97	5990,21	4037,51	-3,75	-169,53	96,79	Desequilibrado
7818,02	3175,25	7729,15	-37,84	-25,28	-99,98	Desequilibrado

4484,25	526,01	8586,61	-4,73	15,68	-177,01	Desequilibrado
6857,28	1570,81	1698,11	161,86	-175,59	-3,58	Desequilibrado
1614,04	1568,41	3770,9	164,62	-27,3	-78,79	Desequilibrado
7945,32	1525,17	124,9	-177,14	-147,33	91,87	Desequilibrado
3984,67	7606,66	4251,27	57,89	82,03	102,86	Desequilibrado
3309,75	3393,81	8781,16	39,53	80,58	138,69	Desequilibrado
5413,77	5524,26	3521,11	139,09	-177,24	-156,05	Desequilibrado
2392,24	5934,97	8139,87	-124,33	-7,9	-135,51	Desequilibrado
8778,76	9266,34	1347,44	30,63	132,91	178,51	Desequilibrado
7097,47	8461,72	5315,29	-156	150,5	-22,77	Desequilibrado
7769,98	3842,96	2783,74	17,17	114,49	-97,3	Desequilibrado
1414,69	3929,43	7061,44	-48,12	80,28	-9,72	Desequilibrado
3770,9	1232,15	4863,75	-86,45	109,82	-128,18	Desequilibrado
8365,64	7318,44	5260,05	24,31	89,74	88,66	Desequilibrado
9492,11	7762,78	790,21	-98,59	136,77	173,7	Desequilibrado
4738,85	2019,96	355,47	166,08	-118,48	-75,12	Desequilibrado
4063,93	5224,02	403,51	-146,93	-38,47	30,52	Desequilibrado
5236,03	514	1875,84	70,24	125,68	-140,46	Desequilibrado
4669,2	3792,52	4162,41	-159,24	-179,82	-150,49	Desequilibrado
891,09	5454,6	8713,91	-11,89	-150,25	28,73	Desequilibrado
9081,39	5730,81	5548,27	-20,29	-119,69	-39,66	Desequilibrado
2781,34	5649,15	1196,12	-155,1	-163,39	-106,3	Desequilibrado
9316,78	4513,08	6396,13	87,71	-114,34	-102,51	Desequilibrado
3523,51	7304,03	7810,82	177,78	-160,03	-110,8	Desequilibrado
8303,2	8449,71	4565,92	-159,5	120,75	-157,32	Desequilibrado
2610,81	7661,9	5262,45	14,34	-152,66	38,25	Desequilibrado
1976,72	2831,78	2094,41	107,25	172,51	96,09	Desequilibrado
2882,22	8423,29	9107,82	141,57	-108,25	133,97	Desequilibrado
4047,12	4205,64	8927,68	-179,19	-26,46	-105,17	Desequilibrado
2488,32	4292,11	8432,9	-101,55	87,63	-12,63	Desequilibrado
5517,05	8831,6	8401,67	-40,11	153,57	-116,87	Desequilibrado
4320,93	5212,01	4109,57	5,44	52,12	-25,68	Desequilibrado
8480,93	4244,07	4786,89	-81,13	23,23	-44,06	Desequilibrado
3014,32	3811,74	9295,16	-103,49	-108,23	41,5	Desequilibrado
7217,56	5127,95	1731,73	178,79	130,23	-136,17	Desequilibrado
3492,29	6352,89	9244,72	-99,98	96,73	-88,38	Desequilibrado
5202,41	5375,34	5444,99	-179,15	46,54	173,48	Desequilibrado
1645,27	5147,16	8223,93	-140,19	115,39	85,25	Desequilibrado
7188,74	4236,86	5500,24	-68,14	-87,4	170,12	Desequilibrado
3602,78	1287,39	1275,38	43,09	79,35	-22,72	Desequilibrado
3650,81	783	5872,52	-14,93	-128,94	125,6	Desequilibrado
28,82	8399,27	5874,93	-89,17	172,19	-92,91	Desequilibrado
7239,18	2469,1	991,96	38,97	39,74	-105,28	Desequilibrado

1292,2	6021,44	8778,76	-112,45	117,13	-90,36	Desequilibrado
1962,31	9023,75	622,08	107,78	83,47	37,15	Desequilibrado
4417	7522,59	8814,79	-171,61	139,58	-65,96	Desequilibrado
5894,14	4239,27	819,03	-73,09	89,31	73,22	Desequilibrado
5382,55	9271,14	770,99	107,49	171,25	-30,34	Desequilibrado
7851,65	3979,87	4830,12	89	-14,57	-3,76	Desequilibrado
3052,75	3513,91	5358,53	61,97	130,85	-104,53	Desequilibrado
8673,08	5685,18	7138,3	-88,07	-69,98	-170,5	Desequilibrado
2651,64	4217,65	3201,67	146,88	-130,93	67,27	Desequilibrado
249,79	8569,8	8627,45	-134,26	-35,88	45,82	Desequilibrado
6055,06	1945,5	6852,48	65,33	90,55	-114,53	Desequilibrado
1832,61	7916,5	7676,31	-62,78	100,19	128,9	Desequilibrado
8963,7	8829,2	8038,99	179,25	142,53	18,24	Desequilibrado
9035,76	8147,08	4698,02	-113,99	2,1	-131,11	Desequilibrado
4981,44	6316,87	5562,68	-68,18	17,83	60,91	Desequilibrado
7020,61	2147,25	1611,64	52,66	-179,28	125,48	Desequilibrado
5867,72	5303,28	7390,49	-130,58	81,58	-46,1	Desequilibrado
7822,83	2891,83	8014,97	109,39	29,09	-2,05	Desequilibrado
8356,04	1741,34	4489,06	-1,2	-160,17	154,05	Desequilibrado
1618,85	4882,96	7104,67	-169,28	67,58	-15,25	Desequilibrado
2702,08	9511,33	9458,49	167,33	-127,38	80,14	Desequilibrado
1943,1	6612,29	758,98	106,75	-76,44	-147,18	Desequilibrado
8353,63	1947,9	8728,32	-149,84	-35,86	-145,22	Desequilibrado
2903,84	4402,59	5601,11	-65,11	-74,88	121,63	Desequilibrado
8156,68	3381,8	6910,12	-15,89	-123,43	-166,46	Desequilibrado
5632,34	8308	5584,3	-70,94	13,96	93,71	Desequilibrado
744,57	4196,03	8452,11	116,27	112,01	-168,5	Desequilibrado
8111,05	1724,53	1366,65	-137,31	102,66	-167,51	Desequilibrado
461,16	2704,48	506,79	-78,07	90,44	-42,18	Desequilibrado
1236,95	5834,09	7479,36	-88,16	-39,63	0,37	Desequilibrado
7061,44	7436,13	3876,59	-135,93	-99,31	161,59	Desequilibrado
7253,59	9244,72	5980,61	-140,1	47,35	153,68	Desequilibrado
3444,25	2906,24	5178,39	-19,34	67,43	-12,34	Desequilibrado
4957,42	3064,76	4789,29	11,44	-44,56	148,78	Desequilibrado
257	3739,68	8894,05	100,91	-65,12	-170,86	Desequilibrado
5411,37	2553,17	1025,59	22,04	172,13	126,42	Desequilibrado
6895,71	9429,66	1385,87	-169,29	6,34	164	Desequilibrado
6751,6	5786,06	3115,2	154,65	123,86	-138,75	Desequilibrado
3895,8	473,16	4837,33	55,96	-176,74	22,25	Desequilibrado
7150,31	3441,85	9360,01	159,72	-32	-6,95	Desequilibrado
7407,31	2783,74	5236,03	-161,28	160,82	1,97	Desequilibrado
857,46	5750,03	2670,86	-61,27	15,81	123,2	Desequilibrado
6746,8	3348,18	3850,17	133,19	49,76	-142,66	Desequilibrado

369,88	7870,86	6360,1	0,32	-56,26	-16,37	Desequilibrado
4637,97	6691,55	2409,06	80,78	144,51	73,11	Desequilibrado
977,55	2505,13	7861,26	-88,62	-109,07	91,38	Desequilibrado
6653,12	3684,44	1686,1	-100,45	93,53	-135,85	Desequilibrado
3559,54	3987,07	492,38	106,53	-88,93	112,71	Desequilibrado
374,69	3682,04	2793,35	78,77	-30,97	161,77	Desequilibrado
3946,24	6645,92	1998,34	47,37	-6,14	-127,85	Desequilibrado
4085,55	1107,25	6922,13	149,51	156,96	-2,08	Desequilibrado
1823	3417,83	6737,19	90,99	139,56	-22,93	Desequilibrado
1587,62	4,8	2699,68	53,52	-65,03	-82,56	Desequilibrado
6737,19	5841,3	9384,03	-166	-126,84	-31,15	Desequilibrado
2867,81	5831,69	2865,41	69,36	68,64	39,98	Desequilibrado
4323,33	6307,26	8898,85	47,48	-100,58	103,36	Desequilibrado
3946,24	1328,22	1808,59	-87,95	-67,36	173,39	Desequilibrado
4472,24	2104,02	4049,52	71,2	-16,48	-177,01	Desequilibrado
3646,01	1345,04	7080,65	-128,47	20,02	142,91	Desequilibrado
6499,41	2164,07	7231,97	46,89	-132,25	-2,49	Desequilibrado
3415,43	1750,95	3492,29	127,49	19,44	134,62	Desequilibrado
3864,58	7709,94	8966,11	-117,19	-86,38	86,74	Desequilibrado
52,84	7741,16	7123,89	103,51	-108,23	24,64	Desequilibrado
9580,98	5798,07	3045,55	175,69	86,9	162,93	Desequilibrado
922,31	9597,79	1025,59	-4,96	-153,42	-85,22	Desequilibrado
1950,3	1827,81	8303,2	35,9	-7,24	159,52	Desequilibrado
3309,75	2505,13	4030,3	168,7	-108,98	-174,83	Desequilibrado
2673,26	2053,58	8452,11	58,55	-48,13	-122,11	Desequilibrado
9285,55	6674,74	6453,77	116,45	-42,91	-94,37	Desequilibrado
3578,76	6016,63	4563,52	-59,43	40,57	125,04	Desequilibrado
754,18	3866,98	5879,73	10,06	-17,88	11,46	Desequilibrado
2999,91	734,97	1088,04	116,05	-178,27	89,62	Desequilibrado
6427,35	3919,82	3485,08	-65,58	-45,4	5,16	Desequilibrado
4981,44	6115,11	3593,17	176,22	71,61	87,59	Desequilibrado
4111,97	1962,31	8168,69	8,64	-106,12	78,28	Desequilibrado
1023,19	6127,12	8882,04	-29,05	103,67	96,46	Desequilibrado
4018,3	4582,73	4342,54	173,65	-71,61	-58,68	Desequilibrado
7044,63	4868,55	809,42	171,12	67,44	133,4	Desequilibrado
2224,11	910,3	3381,8	140,16	-37,82	161,76	Desequilibrado
434,73	5101,53	2452,29	14,45	-47,53	-19,91	Desequilibrado
1227,35	7047,03	1626,05	10,26	-125,59	-73,54	Desequilibrado
7227,17	273,81	2082,4	145,06	-116,67	10,55	Desequilibrado
5795,66	9436,87	1388,27	-23,91	69,29	-114,75	Desequilibrado
8007,77	3816,54	905,5	-65,6	-28,75	-32,66	Desequilibrado
6701,16	3838,16	5406,56	108,52	-55,7	-36,98	Desequilibrado
1880,65	2581,99	257	-165,31	-155,33	-144	Desequilibrado

8973,31	3629,2	9355,21	-161,41	-91,25	-99,33	Desequilibrado
3597,97	6648,32	855,06	-153,4	-171,87	168,68	Desequilibrado
2445,08	6929,34	5055,89	-20,34	176,92	53,63	Desequilibrado
8243,15	6840,47	7870,86	-47,83	155,36	30,85	Desequilibrado
6946,15	6722,78	7354,46	161,12	-128,15	-105,88	Desequilibrado
1659,68	4087,95	9465,69	9,67	165,4	-102,21	Desequilibrado
4284,9	5406,56	5262,45	147,92	179,32	98,32	Desequilibrado
4448,23	2334,6	2012,75	54,41	-24,13	-137,31	Desequilibrado
1762,96	3739,68	1779,77	-73,89	148,13	-22,02	Desequilibrado
4020,7	189,75	5848,5	1,43	154,74	26,17	Desequilibrado
266,61	1352,24	4126,38	104,41	-124	-75,73	Desequilibrado
3297,74	2096,82	7246,38	-121,39	-49,31	-35,57	Desequilibrado
7143,1	706,14	2365,82	38,3	56,04	-18,43	Desequilibrado
396,31	8790,77	1061,62	-169,71	150,26	69,8	Desequilibrado
2048,78	6809,24	610,07	-99,04	132,91	-118,9	Desequilibrado
4292,11	6662,73	7253,59	-89,09	-81,25	-149,85	Desequilibrado
7277,61	3213,68	7493,77	-126,8	87,36	80,05	Desequilibrado
8565	7959,73	1662,08	142,65	10,99	130,68	Desequilibrado
6727,58	252,19	5889,34	72,08	-60,55	102,89	Desequilibrado
4623,56	1688,5	1340,23	12,77	106,33	-19,42	Desequilibrado
1337,83	1390,67	4239,27	110,1	-76,57	-46,8	Desequilibrado
6984,58	5704,39	3415,43	107,73	90,18	17,11	Desequilibrado
530,81	4609,15	7695,53	82,62	-56,13	153,62	Desequilibrado
2906,24	987,16	7164,72	-150,94	-101,78	-144,06	Desequilibrado
8901,26	7092,66	2963,88	-43,34	-26,34	27,43	Desequilibrado
9340,79	4611,55	6379,31	-103,42	-156,73	34,63	Desequilibrado
4842,13	1503,56	9256,73	137,9	82,66	-113,4	Desequilibrado
912,7	8228,74	6573,86	-135,68	-130,62	122,32	Desequilibrado
6360,1	6691,55	7767,58	118,19	-7,31	167,97	Desequilibrado
4417	8745,14	6516,22	-96,72	10,28	134,13	Desequilibrado
4253,68	2188,09	2846,19	-163,88	123,02	92,91	Desequilibrado
9175,07	9170,26	413,12	20,67	64,28	-109,59	Desequilibrado
5137,56	6093,49	802,22	-172,21	112,44	25,8	Desequilibrado
4205,64	5817,28	3886,19	145,25	-145,12	-35,41	Desequilibrado
2819,77	6352,89	8908,46	108,93	165,78	154,88	Desequilibrado
9026,15	619,68	9100,61	-96,85	148,06	-53,67	Desequilibrado
4258,48	2807,76	5771,65	-24,97	-145,9	-144,98	Desequilibrado
8055,8	7822,83	3679,63	137,42	156,89	-38,38	Desequilibrado
9230,31	763,79	5209,61	84,59	-152,76	-161,72	Desequilibrado
8737,93	7496,17	1349,84	-83,27	-33,72	-179,37	Desequilibrado
5411,37	1400,28	9345,6	-151,57	-148,58	110,85	Desequilibrado
3516,31	5094,32	5918,16	-112,21	175,03	7,38	Desequilibrado
4943,01	4736,45	5764,44	-74,99	-63,86	135,47	Desequilibrado

9052,57	8135,07	3523,51	177,87	-112,6	-21,61	Desequilibrado
4205,64	8046,2	5805,27	-81,01	-113,17	115,23	Desequilibrado
2783,74	1897,46	3999,08	163,02	-131,03	-157,14	Desequilibrado
4659,59	1436,31	1883,05	155,81	-121,9	-77,21	Desequilibrado
2519,54	2298,57	2178,48	-41,51	-15,44	-115,56	Desequilibrado
5416,17	2987,9	6499,41	93,14	84,77	177,76	Desequilibrado
6845,27	8464,12	4037,51	49,11	-119,5	-6,84	Desequilibrado
8514,56	5420,98	8214,33	-39,44	-71,81	-51,93	Desequilibrado
7541,81	3739,68	2135,24	-134,45	165,83	-115,14	Desequilibrado
6850,08	677,32	3285,73	-65,26	15,47	49,15	Desequilibrado
689,33	7147,91	4652,38	152,11	-43,71	-63,04	Desequilibrado
4215,25	1911,87	2152,06	150,16	-159,92	-134,53	Desequilibrado
5430,58	7690,72	3055,15	-27,08	69,49	-69,98	Desequilibrado
684,53	1868,64	5267,26	-75,97	56,6	-129,81	Desequilibrado
2123,24	6038,25	7945,32	-49,41	-131,64	-155,18	Desequilibrado
3451,46	4443,42	5802,87	93,05	-42,94	59,12	Desequilibrado
4308,92	2613,21	6304,86	-134,13	-96,57	90,24	Desequilibrado
8646,66	7059,04	7556,22	57,88	62,51	9,08	Desequilibrado
4003,88	5077,51	1385,87	148,47	-72,43	-90,55	Desequilibrado
2200,09	348,27	7325,64	1,55	147,17	-130,67	Desequilibrado
7654,7	9054,97	4947,81	-142,72	-103,87	141,35	Desequilibrado
6893,31	7186,34	434,73	62,06	39,61	45,83	Desequilibrado
8973,31	4849,34	3259,31	-77,14	-42,05	28,55	Desequilibrado
196,95	1556,4	6336,08	-3,24	82,51	-49,56	Desequilibrado
281,02	4409,8	1395,47	-6,45	-120,14	-89,26	Desequilibrado
4621,16	6617,1	4894,97	-49,43	-96,45	156,18	Desequilibrado
8329,62	7573,03	4111,97	110,07	-6,57	31,43	Desequilibrado
3561,94	1162,5	655,71	52,2	160,22	88,35	Desequilibrado
8740,33	8430,49	3679,63	-12,24	174,99	-42,54	Desequilibrado
7952,53	3434,65	7661,9	32,85	47,2	-33,52	Desequilibrado
2337	1604,44	2572,38	3,42	-51,47	-46,4	Desequilibrado
6674,74	9263,94	7284,81	51,44	-178,66	-72,31	Desequilibrado
6965,36	3050,35	8625,04	-86,88	-68,19	62,4	Desequilibrado
1116,86	6429,75	7585,04	80,77	-69,57	37,63	Desequilibrado
2346,61	177,74	972,75	165,34	165,07	-127,54	Desequilibrado
8430,49	1263,37	8389,66	95,11	-53,8	103,8	Desequilibrado
8228,74	4208,04	3593,17	-6,72	122,49	-7,51	Desequilibrado
8572,2	2937,46	2200,09	63,54	95,12	-28,08	Desequilibrado
4818,11	7637,88	1311,41	84,24	56,4	23,56	Desequilibrado
4275,29	6994,19	2324,99	23,83	-38,99	-33,72	Desequilibrado
4870,95	1964,71	4241,67	96,44	-119,46	36,26	Desequilibrado
6220,79	7171,92	3398,62	-27,07	-60,63	-32,73	Desequilibrado
5937,37	6484,99	1076,03	-76,74	149,92	172,66	Desequilibrado

2750,12	3821,34	7263,19	-133,24	159,95	-128,72	Desequilibrado
7738,76	646,1	4693,21	152,75	-108,45	36,23	Desequilibrado
2606,01	7561,02	8838,81	-93,4	146,15	136,13	Desequilibrado
7870,86	3782,91	785,4	-7,28	179,99	-157,9	Desequilibrado
8990,12	9540,15	3857,37	-23,57	16,72	67,86	Desequilibrado
33,63	9141,44	8716,31	-80,59	-60,89	-119,72	Desequilibrado
1724,53	3830,95	5075,11	89,2	133,29	132,7	Desequilibrado
7068,64	7774,79	7765,18	64,48	-18,07	109,38	Desequilibrado
8492,94	8204,72	5142,36	-62,64	-2,68	104,93	Desequilibrado
5171,18	5214,42	6045,46	-120,61	73,22	94,85	Desequilibrado
4505,87	1522,77	2022,36	-0,88	-38,21	-76,01	Desequilibrado
377,09	2606,01	8608,23	45,4	64,41	121,81	Desequilibrado
5598,71	4460,24	7248,78	109,14	-24,07	-0,39	Desequilibrado
1479,54	2788,55	8884,44	-129,44	-59,38	-46,93	Desequilibrado
5956,59	7527,4	5207,21	-157,35	102,42	103,06	Desequilibrado
9458,49	6228	1813,4	-153,51	171,19	-44,88	Desequilibrado
2192,89	9064,58	9590,59	40,52	-130,86	-104,07	Desequilibrado
9215,9	6828,46	1815,8	-57,91	-55,5	-141,44	Desequilibrado
1023,19	6564,26	3924,62	-59,34	16,87	-105,26	Desequilibrado
21,62	451,55	2500,33	144,95	61,06	44,01	Desequilibrado
3338,57	2997,51	1323,42	132,3	-85,33	-69,77	Desequilibrado
8411,28	5233,63	86,47	122,68	-26,85	-18,85	Desequilibrado
8545,78	6787,63	6782,82	110,88	-32,29	-72,22	Desequilibrado
9506,52	5142,36	7669,11	-96,76	3,23	-176,21	Desequilibrado
5296,08	2990,3	5497,83	-27,29	71,08	49,59	Desequilibrado
2819,77	1395,47	550,02	12,7	-115,47	48,45	Desequilibrado
3429,84	6621,9	1705,31	57,89	14,52	-118,83	Desequilibrado
4702,82	6175,16	3634	31,02	-31,74	-142,59	Desequilibrado
4791,69	2401,85	5853,31	-174,78	-127,96	-69,03	Desequilibrado
141,71	2692,47	6215,99	50,23	156,7	145,78	Desequilibrado
3818,94	790,21	2814,97	29,09	104,21	166,29	Desequilibrado
2315,38	7116,68	1549,19	128,86	-37,63	-125,25	Desequilibrado
6127,12	7255,99	2039,17	145,48	71,61	-98,81	Desequilibrado
7152,71	5819,68	1767,76	16,96	179,74	13,1	Desequilibrado
8308	1479,54	1878,25	-90,28	116,08	-113	Desequilibrado
4822,91	2716,49	3062,36	5,65	175,51	23,74	Desequilibrado
7263,19	5860,51	7909,29	-177,22	177,92	136,57	Desequilibrado
5137,56	5000,65	8797,98	2,59	93,93	-35,1	Desequilibrado
4047,12	1676,49	3691,64	-104,88	123,84	-121,27	Desequilibrado
6934,14	4642,78	7433,73	69,83	-117,25	-46,77	Desequilibrado
5550,68	5324,9	3605,18	-127,06	-79,25	65,81	Desequilibrado
3984,67	2944,67	3710,86	144,6	-56,27	12,32	Desequilibrado
6115,11	1313,81	2531,55	115,71	90,49	63,62	Desequilibrado

1071,23	5584,3	3389,01	-106,23	-114,75	-54,57	Desequilibrado
9163,06	3722,87	4837,33	-8,02	126,54	-179,6	Desequilibrado
6352,89	3694,05	7500,98	154,59	116,07	29,97	Desequilibrado
1193,72	5103,93	5377,74	-137,63	76,84	-45,41	Desequilibrado
3156,03	2039,17	369,88	-139,47	158,18	-55,61	Desequilibrado
333,86	9472,9	6199,17	-68,94	-59,15	14,61	Desequilibrado
8853,22	208,96	8180,7	135,57	-105,83	122,61	Desequilibrado
7851,65	7561,02	5452,2	-114,05	-135,97	-107,43	Desequilibrado
6790,03	8939,69	9456,08	-73,61	-148,47	-40,66	Desequilibrado
5560,28	9018,95	2545,96	93,78	151,5	119,23	Desequilibrado
4623,56	3184,85	9496,91	137,18	-127,85	-27,94	Desequilibrado
2836,58	8701,9	6653,12	21,24	88,91	-49,65	Desequilibrado
5685,18	2125,64	6862,09	-36,37	-50,49	-8,09	Desequilibrado
9115,02	7397,7	7916,5	2,62	-160,91	-165,95	Desequilibrado
3266,52	3715,66	8764,35	-21,93	94,9	103,7	Desequilibrado
2180,88	5826,89	7229,57	-58,77	118,99	101,4	Desequilibrado
1765,36	8956,5	2891,83	116,72	-49,04	63,33	Desequilibrado
3773,31	2646,84	7462,55	-124,79	-25,92	-77,93	Desequilibrado
881,48	367,48	4426,61	54,55	58,53	11,85	Desequilibrado
5615,53	1940,69	6206,38	-11,58	78,92	130	Desequilibrado
1758,15	1263,37	694,13	-82,31	54,45	-144,93	Desequilibrado
1981,53	5065,5	8966,11	160,9	40,77	117,91	Desequilibrado
9278,35	2512,34	8615,44	43,15	80,38	-47,87	Desequilibrado
2560,37	1373,86	545,22	-149,96	-1,77	104,42	Desequilibrado
3569,15	4498,67	3552,34	-22,92	-171,24	6,08	Desequilibrado
8022,18	3148,83	3888,6	29,92	-128,08	76,28	Desequilibrado
1731,73	4743,65	6408,14	-45,33	-14,86	-72,34	Desequilibrado
8324,81	4556,31	4282,5	-10	-37,07	-32,37	Desequilibrado
1477,14	3905,41	2682,87	-125,11	-36,55	143,78	Desequilibrado
1107,25	5521,85	8053,4	77,1	85,79	53,93	Desequilibrado
2829,38	3146,42	2180,88	33,04	-9,86	-131,79	Desequilibrado
3816,54	1246,56	9091	-43,69	81,09	-177,57	Desequilibrado
4078,34	1758,15	3696,45	-2,88	161,51	113,53	Desequilibrado
5442,59	7794	4128,78	99,59	32,24	-32,59	Desequilibrado
3410,63	3028,73	1899,86	-127,6	164,38	-102,55	Desequilibrado
8942,09	5634,74	4421,81	79,2	177,37	-87,61	Desequilibrado
5320,1	5168,78	8930,08	125,16	-177,44	169,25	Desequilibrado
600,46	6902,92	8713,91	145,97	177,39	137,56	Desequilibrado
7779,59	2243,33	321,85	-128,59	-155,57	-21,06	Desequilibrado
6717,97	2007,95	7272,8	-48,67	-27,89	-80,09	Desequilibrado
8687,49	1277,78	8416,08	138,57	-161,62	163,06	Desequilibrado
7119,08	3026,33	8915,67	179,09	-86,93	-152,5	Desequilibrado
8257,56	5829,29	5015,06	-65,46	139,94	101,02	Desequilibrado

9139,04	220,97	7179,13	77,94	-39,63	46,22	Desequilibrado
602,86	7659,5	96,07	-167,37	-91,91	-42,9	Desequilibrado
7128,69	5505,04	5269,66	-81,78	97,43	166,56	Desequilibrado
5079,91	8956,5	345,87	-20,43	-56,87	-70,79	Desequilibrado
732,56	5365,73	6607,49	-152,29	17,15	108,46	Desequilibrado
6475,39	5728,41	7959,73	-155,28	81,36	65,42	Desequilibrado
3903,01	6412,94	4661,99	89	-147,85	45,06	Desequilibrado
180,14	5625,13	739,77	-3,7	-34,58	122,77	Desequilibrado
3751,69	1054,41	2634,83	125,52	18,13	97,69	Desequilibrado
8800,38	6669,94	129,7	123,41	131,77	76,78	Desequilibrado
7938,11	3350,58	2894,23	155,95	135,27	-22,09	Desequilibrado
5682,78	2740,51	3581,16	-116,58	152,96	86,52	Desequilibrado
6357,7	3432,24	2320,19	-0,85	104,11	-107,73	Desequilibrado
249,79	5418,57	8154,28	6,04	-157,74	-78,73	Desequilibrado
2128,04	2094,41	2166,47	107,2	111,05	-106,11	Desequilibrado
7075,85	2865,41	67,25	31,28	134,31	39,27	Desequilibrado
7486,57	8139,87	7500,98	-80,42	25,38	-45,63	Desequilibrado
677,32	9355,21	2497,92	104,04	-179,99	57,31	Desequilibrado
3886,19	5956,59	9520,93	121,76	-85,77	36,11	Desequilibrado
7397,7	5802,87	780,6	-111,84	-98,39	-123,97	Desequilibrado
8430,49	5894,14	1895,06	103,22	-43,79	-25,85	Desequilibrado
7549,01	3047,95	6271,23	-15,99	-54,81	97,21	Desequilibrado
2058,39	7392,89	737,37	-11,51	162,3	155,88	Desequilibrado
5144,76	6343,29	2589,19	-125,53	-28,51	-65,44	Desequilibrado
710,95	1705,31	3564,35	-172,69	-63,59	-8,41	Desequilibrado
6852,48	4565,92	8279,18	116,42	-45,24	-163,73	Desequilibrado
4767,67	939,12	6972,57	-113,32	75,47	64,98	Desequilibrado
3206,47	1100,05	2351,41	-101,68	114,33	15,92	Desequilibrado
48,04	6336,08	6633,91	-178,36	-51,74	-76,25	Desequilibrado
5901,35	7625,87	4003,88	26,61	133,4	-7,99	Desequilibrado
694,13	6547,44	955,94	9,73	173,46	98,88	Desequilibrado
8973,31	6696,36	730,16	71,92	53,88	-9,3	Desequilibrado
3888,6	1229,75	8024,58	34,28	13,91	-149,01	Desequilibrado
8363,24	235,38	3609,98	-172,44	15,5	-150,57	Desequilibrado
417,92	81,66	934,32	-96,98	-9,44	87,85	Desequilibrado
8286,38	5396,96	8548,18	-37,79	-25,61	160,38	Desequilibrado
5966,2	5738,02	6319,27	61,85	-115	93,32	Desequilibrado
2070,39	9496,91	2968,69	-90,7	-80,04	-23,55	Desequilibrado
8031,79	6124,72	7294,42	166,74	-125,83	118,72	Desequilibrado
7361,67	8908,46	3919,82	-89,89	-146,71	131,05	Desequilibrado
5300,88	4078,34	2389,84	83,03	68,53	168,5	Desequilibrado
2221,71	4674	269,01	67,97	-12,55	96,46	Desequilibrado
3240,1	1013,58	8341,63	-64,28	-171,93	160,85	Desequilibrado

7361,67	819,03	6689,15	-127,65	134,88	16,64	Desequilibrado
1899,86	6802,04	4979,04	106,42	-47,36	144,61	Desequilibrado
7123,89	1263,37	7527,4	-20,55	-117,49	64,65	Desequilibrado
5207,21	6189,57	3355,38	-91,11	102,64	-79,85	Desequilibrado
24,02	9415,25	357,88	36,05	-43,09	20,82	Desequilibrado
4392,98	7791,6	1198,52	64,42	-99,8	51,61	Desequilibrado
4208,04	1445,91	1345,04	-158,47	-75,99	-79,43	Desequilibrado
8295,99	4522,68	9542,55	49,49	177,41	-40,81	Desequilibrado
9386,43	4441,02	5807,67	5,47	-177,16	-55,94	Desequilibrado
5423,38	7868,46	7424,12	-2,43	1,84	165,46	Desequilibrado
1272,98	8886,84	3208,87	-58,77	-43,27	-113,78	Desequilibrado
5019,87	110,49	8202,32	-8,19	133,66	-72,11	Desequilibrado
2685,27	8377,65	9285,55	149,38	-105,74	-40,75	Desequilibrado
151,32	600,46	3110,4	98,02	-128,12	-172,12	Desequilibrado
1409,89	4404,99	2433,07	-85,93	86,86	161,45	Desequilibrado
924,71	9372,02	6393,72	-20,9	-9,63	-169,76	Desequilibrado
9506,52	6057,47	7580,24	31,27	-83,52	-8,22	Desequilibrado
7162,32	410,72	614,87	-96,99	-70,42	158,69	Desequilibrado
2469,1	9355,21	2661,25	-155,62	155,28	-129,58	Desequilibrado
9552,16	912,7	946,33	-18,04	3,87	55,51	Desequilibrado
12,01	8423,29	5447,4	145,28	104,72	79,22	Desequilibrado
8113,45	5838,9	7140,7	131,63	1,11	-4,01	Desequilibrado
3033,54	5027,07	5764,44	-136,85	141,4	126,77	Desequilibrado
9597,79	3903,01	8106,24	-152,72	-99,34	34,7	Desequilibrado
374,69	7143,1	8846,01	-83,01	53,99	-96,79	Desequilibrado
5017,46	2485,91	2171,27	-34,1	117,84	60,05	Desequilibrado
3573,95	8497,75	7669,11	128,02	-103,54	-135,46	Desequilibrado
4193,63	7246,38	8565	-110,68	-42,66	97,95	Desequilibrado
3674,83	7604,26	297,83	12,63	133,61	47,46	Desequilibrado
7416,91	8908,46	3713,26	117,56	-97,47	112,53	Desequilibrado
9030,96	4796,49	1566,01	170,68	-153,3	43,72	Desequilibrado
4131,18	7054,23	8245,55	-45,81	116,48	-115,43	Desequilibrado
1073,63	2865,41	3881,39	171,63	141,66	-140,77	Desequilibrado
7822,83	1959,91	2392,24	63,23	-110,65	-154,09	Desequilibrado
4529,89	8192,71	1835,01	55,66	82,58	-128,83	Desequilibrado
4967,03	919,91	67,25	-41,45	-12,34	-1,79	Desequilibrado
4618,76	5509,84	3393,81	-78,28	-4,9	-117,07	Desequilibrado
6328,87	8271,97	3033,54	7,98	-16,98	104,27	Desequilibrado
1902,27	946,33	4450,63	-32,74	27,91	63,66	Desequilibrado
7376,08	6994,19	9004,54	-107,58	178,63	61,66	Desequilibrado
7203,15	7186,34	2188,09	116,06	144,64	97,08	Desequilibrado
8521,76	3451,46	410,72	115,36	-82,95	-8,61	Desequilibrado
2380,23	9088,6	7212,76	119,91	131,47	11,31	Desequilibrado

6994,19	8372,85	1556,4	-90,86	80,22	-35,81	Desequilibrado
1321,02	7126,29	148,91	13,25	-155,82	-92,08	Desequilibrado
2433,07	6804,44	5127,95	-15,05	41,3	-4,41	Desequilibrado
5939,78	1731,73	2906,24	-21,08	108,85	97,95	Desequilibrado
9460,89	684,53	2788,55	-5,01	-51,58	-22,12	Desequilibrado
9460,89	684,53	2788,55	-161,92	27,52	-151,04	Desequilibrado
2411,46	2377,83	2401,85	33,73	-85,94	150,07	Desequilibrado
2425,87	2411,46	2399,45	34,49	-89,18	153,06	Normal
2380,23	2397,05	2425,87	30,09	-87,48	152,51	Normal
2418,66	2394,64	2421,06	33,71	-89,58	150,24	Desequilibrado
2416,26	2423,47	2380,23	31,41	-85,38	153,3	Normal
2377,83	2397,05	2411,46	34,54	-88,72	151,24	Normal
2406,65	2380,23	2401,85	30,54	-89,85	152,38	Normal
2411,46	2377,83	2425,87	34,08	-88,24	153,69	Normal
2409,06	2392,24	2401,85	34,18	-86,25	152,53	Normal
2377,83	2387,44	2399,45	33,56	-88,49	150,73	Normal
2387,44	2394,64	2377,83	31,59	-87,69	151,97	Normal
2413,86	2392,24	2389,84	33,75	-88,56	152,98	Normal
2425,87	2411,46	2416,26	31,99	-87,6	152,01	Normal
2392,24	2382,64	2404,25	32,65	-86,29	151,65	Normal
2394,64	2380,23	2399,45	32,09	-89,79	154,36	Desequilibrado
2413,86	2397,05	2399,45	30,54	-85,15	152,54	Desequilibrado
2423,47	2425,87	2382,64	34,8	-89,6	151,43	Desequilibrado
2418,66	2399,45	2421,06	34,41	-87,7	153,8	Normal
2413,86	2404,25	2397,05	30,97	-87,81	151,28	Normal
2425,87	2409,06	2397,05	30,62	-89,62	150,94	Normal
2394,64	2423,47	2425,87	33,12	-87,58	150,17	Normal
2409,06	2404,25	2387,44	33,18	-89,67	153,36	Normal
2418,66	2404,25	2401,85	30,62	-88,9	154,26	Normal
2416,26	2413,86	2401,85	33,31	-86,25	152,68	Normal
2418,66	2421,06	2425,87	32,01	-86,94	150,53	Normal
2392,24	2423,47	2413,86	33,76	-85,44	151,15	Normal
2392,24	2411,46	2416,26	33,21	-86,84	151,42	Normal
2406,65	2394,64	2418,66	31,01	-85,39	151,44	Normal
2392,24	2380,23	2377,83	30,22	-88,79	154,62	Desequilibrado
2421,06	2411,46	2411,46	34,15	-86,97	151,08	Normal
2380,23	2377,83	2377,83	34,3	-89,4	152,24	Normal
2401,85	2399,45	2385,04	31,86	-87,23	152,57	Normal
2418,66	2423,47	2380,23	30,26	-85,69	154,38	Desequilibrado

2409,06	2401,85	2382,64	32,32	-85,54	150,01	Desequilibrado
2411,46	2377,83	2392,24	31,52	-85,83	154,98	Normal
2416,26	2382,64	2399,45	34,56	-87,18	154,86	Normal
2401,85	2401,85	2380,23	34,41	-87,97	150,49	Desequilibrado
2389,84	2377,83	2421,06	32,7	-87,16	152,08	Normal
2418,66	2394,64	2401,85	34,78	-87,85	154,37	Normal
2416,26	2413,86	2411,46	30,82	-87,71	152,56	Normal
2389,84	2394,64	2416,26	34,14	-87,05	152,84	Normal
2397,05	2401,85	2406,65	31,99	-88,44	151,73	Normal
2425,87	2399,45	2425,87	31,26	-89,86	150,37	Normal
2409,06	2425,87	2389,84	31,14	-87,04	151,09	Normal
2411,46	2423,47	2394,64	32,29	-89,28	152,37	Normal
2404,25	2411,46	2411,46	30,3	-87,03	151,2	Normal
2392,24	2389,84	2399,45	34,83	-87,92	151,54	Normal
2409,06	2423,47	2413,86	32,48	-86,57	152,98	Normal
2399,45	2406,65	2425,87	32,57	-87,87	153,87	Normal
2380,23	2418,66	2416,26	32,06	-86,91	150,39	Normal
2413,86	2409,06	2392,24	30,11	-87,31	150,1	Normal
2404,25	2389,84	2399,45	33,41	-88,05	152,39	Normal
2394,64	2385,04	2416,26	30,84	-87,26	154,47	Normal
2401,85	2418,66	2425,87	31,38	-88,05	152,39	Normal
2399,45	2411,46	2399,45	32,4	-86,54	150,8	Normal
2423,47	2409,06	2394,64	33,4	-89,96	154,22	Desequilibrado
2406,65	2413,86	2418,66	32	-86,66	151,08	Normal
2421,06	2425,87	2421,06	32,16	-89,26	153,03	Normal
2421,06	2392,24	2409,06	33,74	-88,29	152,62	Normal
2389,84	2416,26	2416,26	33,65	-85,29	150,1	Desequilibrado
2401,85	2401,85	2387,44	33,38	-88	153,07	Normal
2425,87	2377,83	2411,46	34,19	-86,17	152,77	Normal
2423,47	2389,84	2401,85	32,51	-86,71	150,14	Normal
2377,83	2409,06	2421,06	31	-88,72	153,34	Normal
2389,84	2392,24	2413,86	33,84	-85,91	151,26	Normal
2399,45	2387,44	2387,44	30,87	-88,35	152,84	Normal
2389,84	2406,65	2401,85	33,64	-88,28	151,79	Normal
2413,86	2421,06	2406,65	32,95	-88,48	154,54	Normal
2423,47	2380,23	2423,47	33,18	-89,32	153,38	Desequilibrado
2377,83	2423,47	2389,84	32,68	-87,91	152,5	Normal
2399,45	2416,26	2416,26	34,48	-86,6	154,51	Normal
2404,25	2389,84	2423,47	30,85	-86,26	154,34	Normal

2423,47	2404,25	2411,46	33,01	-85,98	150,16	Desequilibrado
2413,86	2423,47	2392,24	32,62	-89,61	154,22	Normal
2399,45	2406,65	2385,04	32,25	-87,24	152,3	Normal
2409,06	2425,87	2418,66	32,11	-88,98	151,33	Normal
2409,06	2423,47	2385,04	31,04	-88,44	152,8	Normal
2394,64	2421,06	2418,66	33,5	-86,51	152,77	Normal
2423,47	2406,65	2413,86	32,05	-85,62	150,37	Desequilibrado
2404,25	2387,44	2418,66	34,57	-87,21	150,03	Desequilibrado
2413,86	2409,06	2423,47	32,21	-86,01	154,31	Normal
2389,84	2392,24	2399,45	30,35	-89,84	153,43	Normal
2406,65	2401,85	2387,44	33,51	-85,26	151,41	Normal
2418,66	2377,83	2411,46	33,96	-86,61	154,82	Normal
2406,65	2404,25	2385,04	32,59	-86,09	150,62	Normal
2380,23	2411,46	2399,45	32,2	-85,96	153,16	Normal
2418,66	2387,44	2421,06	31,83	-86,05	153,4	Normal
2392,24	2425,87	2401,85	33,61	-89,48	150,42	Normal
2409,06	2418,66	2413,86	34,76	-85,53	152,39	Normal
2423,47	2425,87	2394,64	30,16	-89,96	151,52	Normal
2387,44	2416,26	2406,65	34,57	-89,22	150,38	Normal
2423,47	2423,47	2397,05	33,84	-87,54	151,21	Normal
2411,46	2425,87	2389,84	33,47	-87,95	154,6	Normal
2409,06	2421,06	2413,86	34,56	-88,67	153,86	Normal
2411,46	2418,66	2389,84	34,25	-88,64	153,21	Normal
2401,85	2387,44	2394,64	32,69	-87,12	152,55	Normal
2418,66	2401,85	2377,83	32,19	-87,27	152,1	Normal
2404,25	2392,24	2380,23	32,1	-89,84	154,46	Normal
2425,87	2416,26	2380,23	34,67	-88,08	150,13	Desequilibrado
2425,87	2380,23	2382,64	31,6	-88,29	154,77	Normal
2423,47	2425,87	2413,86	31,83	-87,36	154,44	Normal
2397,05	2404,25	2401,85	34,04	-85,9	153,5	Normal
2421,06	2377,83	2385,04	34,91	-86,55	153,29	Normal
2394,64	2389,84	2418,66	33,71	-88,83	150,34	Normal
2389,84	2394,64	2409,06	30,55	-85,26	152,97	Desequilibrado
2392,24	2389,84	2399,45	30,48	-89,13	152,14	Normal
2423,47	2401,85	2423,47	33,13	-85,21	153,27	Normal
2387,44	2413,86	2404,25	33,96	-89,82	151,65	Normal
2387,44	2404,25	2401,85	31,68	-88,77	153,19	Normal
2406,65	2385,04	2385,04	33,18	-87,95	151,45	Normal
2413,86	2392,24	2380,23	32,71	-89,31	153,01	Normal

2423,47	2399,45	2389,84	32,7	-88,5	154,97	Normal
2413,86	2409,06	2397,05	32,95	-88,31	153,51	Normal
2389,84	2413,86	2416,26	30,56	-86,53	150,33	Normal
2416,26	2382,64	2404,25	34,32	-89,94	151,8	Desequilibrado
2389,84	2394,64	2413,86	33,44	-89,53	154,79	Desequilibrado
2423,47	2389,84	2416,26	33,79	-89,55	151,6	Desequilibrado
2418,66	2409,06	2413,86	34,44	-89,96	150,18	Desequilibrado
2387,44	2394,64	2385,04	31,93	-85,67	152,04	Normal
2389,84	2377,83	2406,65	30,61	-87,28	154,64	Desequilibrado
2389,84	2413,86	2385,04	31,02	-85,94	152,44	Normal
2397,05	2392,24	2385,04	31,13	-85,52	152,09	Normal
2404,25	2413,86	2418,66	33,2	-86,04	151,49	Normal
2397,05	2385,04	2404,25	34,13	-86,35	151,95	Normal
2380,23	2406,65	2409,06	34,45	-85,6	152,82	Normal
2399,45	2389,84	2387,44	30,45	-85,31	153,83	Desequilibrado
2382,64	2382,64	2411,46	31,06	-86,39	154,38	Normal
2413,86	2380,23	2389,84	34,48	-87,03	152	Normal
2418,66	2377,83	2423,47	32,56	-85,08	154,37	Normal
2421,06	2425,87	2397,05	33,91	-89,15	150,02	Desequilibrado
2404,25	2401,85	2404,25	30,02	-85,21	154,73	Desequilibrado
2385,04	2399,45	2406,65	30,27	-88,04	152,9	Normal
2399,45	2421,06	2382,64	30,24	-87,72	150,12	Normal
2416,26	2397,05	2399,45	34,64	-86,2	153,95	Normal
2387,44	2382,64	2382,64	30,14	-86,9	154,78	Desequilibrado
2411,46	2397,05	2385,04	33,93	-86,23	154,94	Normal
2401,85	2411,46	2392,24	33,79	-87,64	151,76	Normal
2392,24	2377,83	2387,44	32,72	-85,08	150,1	Desequilibrado
2411,46	2421,06	2416,26	31,72	-89,63	154,74	Desequilibrado
2413,86	2399,45	2397,05	34,48	-88,82	154,38	Normal
2385,04	2404,25	2404,25	30,57	-88,16	154,65	Desequilibrado
2409,06	2411,46	2418,66	31,42	-86,03	150,1	Normal
2425,87	2404,25	2413,86	31,45	-86,29	152,82	Normal
2377,83	2377,83	2409,06	33,67	-88,79	153,65	Normal
2411,46	2418,66	2404,25	31,1	-85,83	153,13	Normal
2380,23	2404,25	2401,85	34,01	-87,1	150,48	Normal
2404,25	2399,45	2413,86	34,46	-88,64	153,33	Normal
2411,46	2380,23	2399,45	31,25	-89,9	151,92	Normal
2397,05	2377,83	2411,46	30,1	-87,01	153,36	Normal
2418,66	2406,65	2397,05	31,62	-85,32	151,95	Normal

2423,47	2418,66	2389,84	30,78	-88,97	152,28	Normal
2411,46	2399,45	2401,85	30,03	-85,32	151,38	Desequilibrado
2411,46	2394,64	2387,44	34,65	-89,41	154,19	Desequilibrado
2406,65	2409,06	2413,86	31,94	-89,11	151,73	Normal
2404,25	2392,24	2406,65	30,66	-88,44	150,77	Normal
2418,66	2418,66	2399,45	33,57	-87,88	154,94	Normal
2387,44	2423,47	2385,04	33,03	-87,49	153,08	Normal
2425,87	2389,84	2394,64	32,71	-86,73	152,88	Normal
2382,64	2401,85	2399,45	32,18	-87,58	150,99	Normal
2397,05	2394,64	2394,64	32,22	-87,89	151,44	Normal
2409,06	2399,45	2382,64	33,71	-86,12	150,16	Desequilibrado
2399,45	2401,85	2387,44	33,36	-87,31	153,7	Normal
2421,06	2409,06	2425,87	32,08	-87,06	151,88	Normal
2377,83	2399,45	2399,45	33,4	-87,02	150,42	Normal
2421,06	2413,86	2416,26	30,23	-88,02	150,55	Normal
2389,84	2425,87	2397,05	32,77	-89,31	152,39	Normal
2377,83	2399,45	2404,25	33,89	-86,52	150,77	Normal
2411,46	2401,85	2413,86	31,09	-85,26	152,36	Normal
2413,86	2423,47	2421,06	30,57	-85,73	153,45	Desequilibrado
2380,23	2397,05	2409,06	34,63	-88,47	154,34	Normal
2382,64	2416,26	2389,84	30,81	-87,41	154	Normal
2404,25	2425,87	2404,25	31,89	-86,13	150,35	Normal
2385,04	2416,26	2380,23	31,9	-86,86	154,75	Normal
2423,47	2421,06	2416,26	32,95	-85,13	151,51	Normal
2406,65	2397,05	2382,64	30,43	-86,66	150,73	Normal
2377,83	2411,46	2406,65	32,79	-85,36	150,14	Desequilibrado
2397,05	2385,04	2413,86	34,74	-88,81	152,66	Desequilibrado
2406,65	2392,24	2425,87	32,15	-89,6	150,05	Normal
2392,24	2394,64	2425,87	30,3	-88,57	150,15	Normal
2416,26	2385,04	2411,46	33,53	-89,19	152,16	Normal
2406,65	2409,06	2418,66	32,01	-87,97	153,9	Normal
2380,23	2387,44	2418,66	34,49	-89,31	153,18	Desequilibrado
2404,25	2382,64	2406,65	30,25	-85,29	151,35	Desequilibrado
2394,64	2421,06	2413,86	32,18	-86,33	152,71	Normal
2401,85	2382,64	2421,06	31,49	-88,89	154,08	Normal
2413,86	2382,64	2413,86	31,03	-86,83	151,1	Normal
2409,06	2425,87	2423,47	30,84	-88,06	153,28	Normal
2399,45	2413,86	2385,04	33,93	-87,91	153,39	Normal
2423,47	2401,85	2385,04	33,4	-88,97	154,75	Normal

2389,84	2413,86	2380,23	32,65	-85,8	154,99	Normal
2416,26	2397,05	2380,23	31	-88,02	150,04	Normal
2392,24	2399,45	2423,47	32,15	-89,8	153,4	Desequilibrado
2394,64	2385,04	2387,44	32,18	-87,16	152,97	Normal
2423,47	2385,04	2413,86	31,89	-86,2	154,65	Normal
2389,84	2399,45	2413,86	34,56	-88,87	154,73	Desequilibrado
2382,64	2411,46	2416,26	32,11	-87,58	151,37	Normal
2425,87	2404,25	2423,47	34,62	-89,62	151,24	Desequilibrado
2418,66	2409,06	2411,46	33,61	-86,82	150,99	Normal
2404,25	2397,05	2413,86	30,69	-87,28	153,37	Normal
2399,45	2399,45	2394,64	34	-88,66	154,47	Normal
2377,83	2397,05	2409,06	34,6	-89	152,22	Normal
2425,87	2377,83	2382,64	33,76	-89,45	154,81	Desequilibrado
2387,44	2409,06	2382,64	34,6	-87,89	153,18	Normal
2423,47	2385,04	2401,85	33,09	-86,93	154,26	Normal
2406,65	2377,83	2413,86	31,98	-88,51	154,92	Desequilibrado
2394,64	2399,45	2377,83	33,83	-87,53	151,09	Normal
2387,44	2385,04	2411,46	31,43	-88,85	152,44	Normal
2406,65	2416,26	2394,64	30,25	-87,69	154,04	Normal
2392,24	2418,66	2425,87	30,61	-87,77	150,57	Normal
2389,84	2413,86	2397,05	34,26	-89,73	153,72	Normal
2394,64	2409,06	2397,05	31,66	-87,05	151,44	Normal
2399,45	2385,04	2399,45	34,46	-89,01	153,84	Desequilibrado
2385,04	2425,87	2399,45	30,1	-88,3	152,95	Normal
2409,06	2416,26	2421,06	33,69	-89,49	152,75	Normal
2404,25	2425,87	2425,87	33,8	-88,96	152,17	Normal
2411,46	2385,04	2421,06	30,61	-89,57	153,55	Normal
2421,06	2425,87	2380,23	34,09	-88,34	151,87	Normal
2392,24	2399,45	2397,05	30,55	-85,36	154,23	Desequilibrado
2406,65	2392,24	2404,25	30,43	-89,7	152,52	Normal
2394,64	2385,04	2385,04	31,86	-87,68	154,9	Normal
2406,65	2423,47	2411,46	31,13	-86,83	151,39	Normal
2394,64	2425,87	2377,83	31	-85,39	151,15	Desequilibrado
2389,84	2397,05	2392,24	30,67	-87,05	150,37	Normal
2404,25	2385,04	2382,64	34,66	-89,08	154,78	Desequilibrado
2382,64	2377,83	2409,06	30,44	-86,82	153,14	Normal
2399,45	2380,23	2377,83	31,34	-85,24	154,05	Normal
2411,46	2389,84	2380,23	34,65	-85,31	154,48	Normal
2394,64	2392,24	2421,06	32,43	-89,92	151,5	Normal

2413,86	2411,46	2425,87	33,58	-87,37	153,88	Normal
2413,86	2404,25	2406,65	33,99	-89,17	153,17	Normal
2387,44	2397,05	2397,05	31,11	-86,09	152,32	Normal
2399,45	2380,23	2380,23	32	-85,74	152,4	Normal
2392,24	2385,04	2413,86	33,02	-86,94	152,57	Normal
2413,86	2413,86	2418,66	33,82	-89,46	151,47	Normal
2406,65	2382,64	2392,24	30,71	-87,9	151,33	Normal
2416,26	2404,25	2406,65	31,99	-89,29	151,54	Normal
2416,26	2411,46	2389,84	31,72	-86,51	150,9	Normal
2406,65	2404,25	2394,64	31,36	-87,77	151,94	Normal
2404,25	2413,86	2377,83	33,81	-89,85	153,01	Normal
2401,85	2382,64	2401,85	33,9	-88,38	153,74	Normal
2418,66	2425,87	2399,45	34,54	-87,65	150,09	Desequilibrado
2404,25	2413,86	2394,64	34,06	-88,63	151,5	Normal
2387,44	2409,06	2387,44	30,07	-86,98	150,64	Normal
2421,06	2401,85	2394,64	31,08	-86,57	152,36	Normal
2382,64	2418,66	2387,44	31,38	-88,91	150,1	Normal
2401,85	2409,06	2387,44	30,26	-89,81	153,34	Normal
2387,44	2399,45	2385,04	33,78	-88,51	151	Normal
2404,25	2416,26	2411,46	34,39	-85,67	151,13	Normal
2425,87	2413,86	2401,85	32,07	-89,7	152,36	Normal
2425,87	2394,64	2413,86	34,18	-88,77	150,85	Desequilibrado
2413,86	2387,44	2416,26	32,83	-89	153,35	Normal
2411,46	2413,86	2387,44	34,33	-88,01	154,62	Normal
2397,05	2385,04	2385,04	34,48	-89,12	154,47	Desequilibrado
2423,47	2397,05	2385,04	34,91	-87,54	154,09	Normal
2416,26	2394,64	2411,46	34,13	-85,8	152,31	Normal
2377,83	2377,83	2399,45	33,26	-86,62	153,11	Normal
2380,23	2404,25	2425,87	30,27	-87,39	150,9	Normal
2385,04	2425,87	2377,83	34,34	-85,82	154,85	Normal
2399,45	2394,64	2418,66	34,49	-89,36	150,21	Desequilibrado
2404,25	2377,83	2411,46	34,86	-89,26	150,24	Desequilibrado
2380,23	2392,24	2387,44	30,13	-85,66	150,37	Desequilibrado
2397,05	2421,06	2425,87	32,23	-86,81	154,16	Normal
2425,87	2413,86	2385,04	30,91	-85,57	151,33	Desequilibrado
2387,44	2394,64	2421,06	33,16	-86,56	150,63	Normal
2425,87	2389,84	2411,46	32,25	-87,94	153	Normal
2411,46	2411,46	2413,86	33,63	-89,78	153,09	Normal
2409,06	2423,47	2406,65	34,01	-86,6	153,7	Normal

2406,65	2397,05	2416,26	33,27	-89,55	153,41	Normal
2394,64	2397,05	2399,45	31,57	-85,81	152,53	Normal
2404,25	2411,46	2406,65	34,16	-87,64	153,56	Normal
2380,23	2411,46	2421,06	32,36	-85,74	151,39	Normal
2406,65	2401,85	2413,86	31,29	-89,18	153,65	Normal
2389,84	2385,04	2399,45	34,31	-89,01	152,78	Normal
2413,86	2425,87	2377,83	32,28	-89,19	151,87	Normal
2406,65	2421,06	2401,85	31,44	-88,69	153,25	Normal
2406,65	2387,44	2406,65	34,23	-85,81	151,43	Normal
2423,47	2425,87	2409,06	32,84	-87,93	152,37	Normal
2418,66	2425,87	2394,64	33,8	-88,17	152,67	Normal
2401,85	2409,06	2423,47	33,98	-85,47	150,63	Normal
2399,45	2409,06	2416,26	34,37	-89,93	151,48	Desequilibrado
2425,87	2394,64	2401,85	30,84	-89,06	150,58	Normal
2387,44	2377,83	2416,26	34,99	-85,91	151,06	Normal
2382,64	2394,64	2380,23	34,25	-89,24	150,43	Desequilibrado
2389,84	2409,06	2382,64	33,2	-86,35	150,51	Normal
2425,87	2392,24	2406,65	31,06	-86,71	151,31	Normal
2423,47	2406,65	2401,85	32,56	-85,76	154,06	Normal
2411,46	2409,06	2387,44	31,03	-87,44	152,86	Normal
2380,23	2382,64	2406,65	32,24	-88,28	151,53	Normal
2401,85	2416,26	2418,66	31,22	-87,97	153,07	Normal
2421,06	2423,47	2397,05	30,94	-85,24	150,16	Desequilibrado
2406,65	2387,44	2418,66	34,37	-89,74	151,92	Desequilibrado
2389,84	2411,46	2387,44	33,66	-87,48	151,57	Normal
2399,45	2406,65	2392,24	32,63	-86,18	150,55	Normal
2392,24	2418,66	2389,84	32,05	-87,59	152,71	Normal
2387,44	2382,64	2387,44	31,47	-87,74	150,03	Normal
2416,26	2382,64	2413,86	32,85	-86	150,62	Normal
2385,04	2421,06	2421,06	30,77	-86,07	154,24	Desequilibrado
2413,86	2416,26	2409,06	32,33	-87,29	150,79	Normal
2425,87	2387,44	2411,46	32,58	-85,48	150,35	Desequilibrado
2401,85	2416,26	2416,26	34,69	-86,95	152,32	Normal
2401,85	2425,87	2404,25	30,09	-88,27	150,17	Normal
2413,86	2421,06	2380,23	30,74	-85,66	153,01	Desequilibrado
2387,44	2404,25	2404,25	31,21	-86,2	150,35	Normal
2385,04	2416,26	2399,45	34,4	-87,08	153,23	Normal
2389,84	2377,83	2380,23	32,32	-85,73	152,39	Normal
2421,06	2401,85	2380,23	34,12	-89,89	151,81	Desequilibrado

2392,24	2392,24	2377,83	33,48	-89,38	151,23	Normal
2425,87	2409,06	2425,87	31,53	-88,96	150,32	Normal
2392,24	2409,06	2392,24	30,07	-85,52	153,39	Desequilibrado
2377,83	2413,86	2421,06	33,54	-88,31	154,54	Normal
2411,46	2401,85	2394,64	32,49	-88,93	154,47	Normal
2416,26	2413,86	2377,83	35	-87,85	152,42	Normal
2411,46	2413,86	2421,06	33,57	-85,91	150,12	Desequilibrado
2409,06	2394,64	2404,25	34,84	-86,72	153,58	Normal
2380,23	2377,83	2421,06	30,11	-86,74	150,76	Normal
2401,85	2387,44	2421,06	32,59	-86,42	154,27	Normal
2423,47	2392,24	2382,64	33,68	-88,67	153,92	Normal
2389,84	2389,84	2392,24	33,66	-85,59	150,97	Normal
2421,06	2397,05	2418,66	33,87	-88,54	151,39	Normal
2385,04	2423,47	2380,23	30,33	-86,06	152,02	Desequilibrado
2411,46	2413,86	2380,23	31,33	-86,6	154,49	Normal
2418,66	2385,04	2382,64	32,94	-87	150,97	Normal
2421,06	2389,84	2413,86	31,81	-88,75	153,85	Normal
2385,04	2416,26	2406,65	32,46	-86,46	153,63	Normal
2399,45	2423,47	2389,84	32,24	-89,85	151,25	Normal
2409,06	2411,46	2385,04	32,75	-89,76	151,83	Normal
2399,45	2389,84	2382,64	30,78	-85,32	154,83	Desequilibrado
2382,64	2404,25	2389,84	32,74	-88,06	153,26	Normal
2399,45	2423,47	2382,64	34,02	-88,04	150,77	Normal
2418,66	2394,64	2389,84	33,28	-88,88	151,03	Normal
2406,65	2404,25	2394,64	32,05	-89,26	151,61	Normal
2425,87	2404,25	2409,06	33,41	-89,59	153,32	Normal
2387,44	2413,86	2399,45	32,84	-86,27	153,1	Normal
2411,46	2406,65	2411,46	33,93	-89,98	154,59	Desequilibrado
2411,46	2409,06	2392,24	33,83	-86,66	154,5	Normal
2380,23	2406,65	2411,46	32,66	-89,25	154,24	Desequilibrado
2421,06	2406,65	2397,05	34,78	-85,95	153,17	Normal
2397,05	2387,44	2406,65	31,16	-88,87	152	Normal
2404,25	2418,66	2421,06	31,48	-88,39	154,14	Normal
2425,87	2416,26	2416,26	34,49	-87,06	151,32	Normal
2409,06	2409,06	2401,85	34,19	-87,46	151,19	Normal
2418,66	2418,66	2399,45	32,46	-88,5	150,04	Normal
2413,86	2406,65	2389,84	30,04	-89,57	154,06	Normal
2418,66	2409,06	2385,04	34,62	-85,64	151,83	Normal
2401,85	2397,05	2392,24	33,32	-88,72	151,81	Normal

2387,44	2380,23	2380,23	32,46	-88,6	153,63	Normal
2411,46	2425,87	2385,04	31,73	-86,25	154,04	Normal
2409,06	2425,87	2399,45	31,06	-88,45	151,97	Normal
2423,47	2413,86	2416,26	32,01	-87,12	154,77	Normal
2409,06	2389,84	2392,24	31,33	-86,29	154,86	Normal
2416,26	2409,06	2382,64	33,88	-87,06	150,11	Desequilibrado
2385,04	2409,06	2409,06	34,42	-86,89	151,3	Normal
2423,47	2401,85	2423,47	31,37	-89,24	154,98	Desequilibrado
2411,46	2397,05	2416,26	34,25	-89,54	150,25	Desequilibrado
2421,06	2392,24	2409,06	34,72	-86,65	154,06	Normal
2399,45	2404,25	2423,47	34,17	-87,02	153,98	Normal
2382,64	2382,64	2425,87	34,04	-88,72	150,9	Normal
2382,64	2423,47	2425,87	31,83	-89,2	153	Normal
2416,26	2421,06	2397,05	33,52	-88,98	151,28	Normal
2382,64	2399,45	2425,87	34,75	-86	150,99	Normal
2392,24	2413,86	2397,05	30,86	-88,13	151,08	Normal
2406,65	2413,86	2385,04	33,62	-88,86	153,94	Normal
2416,26	2411,46	2409,06	34,53	-87,5	154,15	Normal
2382,64	2377,83	2418,66	31,61	-87,31	151,55	Normal
2416,26	2404,25	2401,85	34,74	-89,25	152,63	Desequilibrado
2382,64	2394,64	2406,65	33,42	-87,31	154,74	Normal
2385,04	2425,87	2413,86	34,08	-89,17	152,55	Normal
2387,44	2380,23	2404,25	32,67	-85,66	151,78	Normal
2423,47	2406,65	2385,04	31,34	-89,14	152,91	Normal
2423,47	2394,64	2399,45	31,54	-85,49	152,24	Normal
2399,45	2409,06	2387,44	33,74	-87,87	154,55	Normal
2380,23	2413,86	2389,84	33,47	-87,74	151,43	Normal
2392,24	2389,84	2413,86	33,66	-85,32	152,79	Normal
2377,83	2413,86	2392,24	34,45	-86,95	154,29	Normal
2406,65	2409,06	2380,23	33,3	-87,83	150,28	Normal
2399,45	2377,83	2377,83	31,85	-87,14	150,76	Normal
2423,47	2425,87	2377,83	33,01	-86,9	153,37	Normal
2421,06	2382,64	2377,83	31,18	-85,81	151,32	Normal
2413,86	2377,83	2380,23	30,56	-89,07	152,27	Normal
2380,23	2406,65	2413,86	33,96	-89,61	150,53	Normal
2387,44	2425,87	2380,23	32,26	-87,14	153,8	Normal
2377,83	2401,85	2401,85	30,3	-89,57	153,99	Desequilibrado
2392,24	2421,06	2409,06	30,45	-88,02	153,4	Normal
2411,46	2392,24	2397,05	33,58	-89,89	150,54	Desequilibrado

2406,65	2397,05	2404,25	31,46	-85,01	151,86	Normal
2392,24	2418,66	2409,06	33,82	-87,44	153,4	Normal
2411,46	2411,46	2401,85	31,05	-85,25	151,37	Desequilibrado
2389,84	2385,04	2380,23	30,07	-88,88	154,57	Desequilibrado
2397,05	2397,05	2389,84	34,03	-89,8	152,91	Normal
2397,05	2409,06	2377,83	32,42	-88,63	153,02	Normal
2409,06	2404,25	2399,45	31,79	-89,53	152,36	Normal
2406,65	2421,06	2385,04	31,23	-87,88	150,14	Normal
2406,65	2418,66	2401,85	30,86	-89,71	153,78	Normal
2385,04	2413,86	2418,66	30,07	-86,9	154,99	Desequilibrado
2382,64	2377,83	2401,85	34,18	-87,44	152,28	Normal
2411,46	2418,66	2382,64	32,9	-85,25	154,8	Normal
2377,83	2413,86	2401,85	33,53	-85,07	152,33	Normal
2394,64	2421,06	2387,44	31,35	-87,14	153,48	Normal
2423,47	2397,05	2416,26	30,75	-88,57	154,31	Normal
2421,06	2425,87	2387,44	30,16	-86,08	152,61	Desequilibrado
2387,44	2397,05	2404,25	30,03	-89,08	153,26	Normal
2425,87	2387,44	2399,45	30,21	-88,36	150,6	Normal
2380,23	2406,65	2416,26	32,36	-86,94	153,03	Normal
2409,06	2382,64	2385,04	32,26	-86,92	154,42	Normal
2397,05	2411,46	2389,84	35	-89,35	151,71	Desequilibrado
2423,47	2421,06	2394,64	31,06	-85,9	154,5	Normal
2404,25	2380,23	2404,25	30,28	-88,98	153,48	Normal
2382,64	2380,23	2421,06	33,21	-86	151,53	Normal
2425,87	2382,64	2416,26	34,8	-86,32	154,88	Normal
2413,86	2404,25	2406,65	30,1	-88,9	151,81	Normal
2421,06	2389,84	2425,87	30,17	-89,36	153,13	Normal
2397,05	2406,65	2404,25	34,35	-85,04	152,33	Normal
2377,83	2380,23	2389,84	30,58	-86,01	151,53	Normal
2394,64	2389,84	2411,46	34,43	-89,25	150,39	Desequilibrado
2377,83	2382,64	2411,46	31,57	-89,46	154,95	Desequilibrado
2399,45	2377,83	2406,65	32,19	-86,17	154,03	Normal
2425,87	2401,85	2385,04	34,77	-88,56	154,95	Normal
2421,06	2421,06	2421,06	30,45	-89,68	151,33	Normal
2404,25	2389,84	2418,66	32,06	-87,14	154,47	Normal
2394,64	2382,64	2418,66	32,88	-85,15	152,35	Normal
2425,87	2401,85	2416,26	33,05	-87,09	154,25	Normal
2394,64	2394,64	2382,64	34,65	-89,21	154,59	Desequilibrado
2399,45	2418,66	2389,84	32,11	-85,59	154,2	Normal

2389,84	2406,65	2406,65	33,36	-88,81	154,91	Desequilibrado
2389,84	2423,47	2377,83	30,16	-87,19	154,17	Desequilibrado
2382,64	2377,83	2421,06	33,86	-89,51	151,54	Desequilibrado
2425,87	2389,84	2418,66	34,58	-89,14	154,61	Desequilibrado
2394,64	2387,44	2399,45	30,8	-89,4	154,75	Desequilibrado
2401,85	2404,25	2416,26	33,12	-88,63	152,14	Normal
2389,84	2416,26	2377,83	33,11	-89,28	154,66	Normal
2406,65	2380,23	2387,44	31,35	-87,31	154,58	Normal
2385,04	2411,46	2404,25	34,6	-87,01	151,44	Normal
2399,45	2380,23	2423,47	33,23	-88,01	152,38	Normal
2423,47	2380,23	2392,24	31,59	-89,91	151,1	Normal
2385,04	2423,47	2401,85	34,72	-88,64	152,09	Normal
2380,23	2397,05	2409,06	32,4	-89,1	152,05	Normal
2425,87	2416,26	2399,45	33,02	-88,45	152,8	Normal
2399,45	2406,65	2425,87	31,31	-88,37	151,8	Normal
2425,87	2377,83	2409,06	34,9	-87,28	153,04	Normal
2416,26	2389,84	2377,83	34,57	-87,85	153,44	Normal
2392,24	2382,64	2413,86	34,47	-86,13	154,87	Normal
2382,64	2409,06	2409,06	30,09	-88,58	150,67	Normal
2385,04	2421,06	2404,25	30,69	-86,39	152,68	Normal
2380,23	2404,25	2416,26	33,66	-86,33	153,29	Normal
2389,84	2387,44	2413,86	30,75	-86,73	150,73	Normal
2382,64	2423,47	2413,86	30,92	-89,49	154,86	Desequilibrado
2425,87	2404,25	2387,44	32,4	-86,07	151,31	Normal
2423,47	2387,44	2406,65	31,52	-88,4	151,23	Normal
2421,06	2389,84	2389,84	33,89	-89,41	150,44	Desequilibrado
2411,46	2401,85	2385,04	30,19	-86,97	151,44	Normal
2377,83	2380,23	2421,06	30,27	-89,6	150,83	Normal
2401,85	2397,05	2394,64	32,39	-88,72	153,98	Normal
2382,64	2399,45	2394,64	31,3	-85,12	150,25	Desequilibrado
2397,05	2380,23	2416,26	34,33	-88,01	154,94	Desequilibrado
2387,44	2416,26	2401,85	33,65	-86,45	151,63	Normal
2397,05	2406,65	2404,25	31,54	-89,42	152,8	Normal
2404,25	2423,47	2387,44	34,54	-88,36	151,35	Normal
2389,84	2401,85	2385,04	33,6	-86,06	154,7	Normal
2387,44	2425,87	2394,64	31,96	-88,07	152,09	Normal
2418,66	2409,06	2399,45	33,07	-88,99	152,43	Normal
2397,05	2385,04	2387,44	31,16	-87,08	153,89	Normal
2380,23	2423,47	2406,65	34,11	-87,4	154,3	Normal

2394,64	2423,47	2425,87	31,65	-86,85	153,45	Normal
2389,84	2377,83	2399,45	34,9	-89	152,55	Desequilibrado
2425,87	2387,44	2423,47	34,11	-89	153,59	Desequilibrado
2416,26	2401,85	2421,06	32,58	-87,99	151,63	Normal
2397,05	2404,25	2404,25	33,68	-88,24	153,21	Normal
2401,85	2394,64	2380,23	32,23	-88,1	151,02	Normal
2406,65	2389,84	2425,87	31,25	-89,42	150,52	Normal
2406,65	2416,26	2404,25	31,9	-88,13	154,55	Normal
2380,23	2413,86	2416,26	34,07	-87,27	151,34	Normal
2399,45	2425,87	2409,06	30,85	-85,45	154,32	Desequilibrado
2387,44	2387,44	2404,25	34,72	-86,31	152,02	Normal
2382,64	2406,65	2385,04	31,06	-86,83	151,06	Normal
2392,24	2397,05	2401,85	32,12	-86,57	154,1	Normal
2399,45	2377,83	2416,26	34,64	-89,02	150,57	Desequilibrado
2387,44	2418,66	2389,84	34,88	-85,9	154,73	Normal
2399,45	2411,46	2382,64	31,44	-86,01	152,88	Normal
2394,64	2409,06	2399,45	31,92	-88,64	152,23	Normal
2401,85	2413,86	2425,87	31,9	-89,05	151,72	Normal
2425,87	2409,06	2413,86	33,03	-85,45	154,75	Normal
2399,45	2397,05	2418,66	33,43	-88,55	151,33	Normal
2409,06	2399,45	2387,44	34,5	-87,48	152,36	Normal
2418,66	2411,46	2392,24	31,21	-89,28	154,52	Normal
2406,65	2409,06	2409,06	34,81	-88,9	151,01	Desequilibrado
2425,87	2377,83	2377,83	32,01	-86,49	153,14	Normal
2416,26	2389,84	2387,44	34,04	-87,28	151,6	Normal
2404,25	2404,25	2397,05	31,85	-87,17	154,01	Normal
2416,26	2409,06	2425,87	32,45	-85,89	150,6	Normal
2418,66	2406,65	2394,64	30,89	-86,2	152,59	Normal
2394,64	2416,26	2421,06	30,43	-86,71	151,1	Normal
2416,26	2397,05	2413,86	30,52	-86,73	153,79	Normal
2416,26	2401,85	2404,25	34,26	-88,63	152,48	Normal
2389,84	2404,25	2397,05	33,46	-87,31	150,03	Normal
2392,24	2389,84	2413,86	30,92	-85,24	150,22	Desequilibrado
2389,84	2385,04	2397,05	34	-88,76	153,2	Normal
2409,06	2409,06	2392,24	30,62	-86,57	154,06	Normal
2421,06	2425,87	2387,44	33,9	-87,95	150,73	Normal
2406,65	2399,45	2404,25	32,31	-87,23	153,41	Normal
2409,06	2401,85	2394,64	31,8	-86,09	151,07	Normal
2413,86	2392,24	2411,46	34,34	-88,42	152,07	Normal

2399,45	2423,47	2416,26	33,57	-89,59	154,1	Normal
2394,64	2377,83	2418,66	33,14	-88,14	150,01	Normal
2389,84	2380,23	2394,64	33,17	-85,16	153,14	Normal
2411,46	2404,25	2404,25	34,1	-85,93	153,76	Normal
2423,47	2401,85	2389,84	31,14	-89,69	153,17	Normal
2385,04	2377,83	2382,64	34,96	-86,93	151,01	Desequilibrado
2389,84	2380,23	2423,47	31,66	-85,78	150,81	Normal
2397,05	2425,87	2392,24	30,63	-88,41	151,91	Normal
2397,05	2423,47	2421,06	30,63	-88,42	151,88	Normal
2413,86	2425,87	2389,84	31,98	-87,24	151,64	Normal
2413,86	2380,23	2380,23	30,55	-85,03	154,05	Desequilibrado
2416,26	2418,66	2394,64	31,52	-85,03	151,24	Desequilibrado
2418,66	2401,85	2382,64	33,25	-85,86	154,39	Normal
2418,66	2413,86	2413,86	34,9	-87,83	150,06	Desequilibrado
2423,47	2380,23	2385,04	31,6	-87,56	150,43	Normal
2421,06	2387,44	2404,25	34,94	-86,59	152,1	Normal
2387,44	2423,47	2377,83	30,92	-88,52	153,26	Normal
2380,23	2416,26	2392,24	34,45	-89,91	150,64	Normal
2413,86	2416,26	2401,85	34,31	-88,34	152,02	Normal
2399,45	2409,06	2385,04	30,7	-88,25	154,48	Normal
2385,04	2387,44	2387,44	32,07	-86,68	152,56	Normal
2387,44	2409,06	2409,06	31,67	-87,99	152,96	Normal
2387,44	2421,06	2413,86	33,95	-86,12	152,85	Normal
2404,25	2385,04	2389,84	30,06	-89,07	154,72	Desequilibrado
2404,25	2409,06	2399,45	33,06	-88	152,14	Normal
2385,04	2406,65	2409,06	31,31	-85,01	151,72	Desequilibrado
2394,64	2380,23	2387,44	30,49	-85,89	151,57	Normal
2387,44	2385,04	2385,04	32,1	-86,42	151,47	Normal
2404,25	2423,47	2416,26	31,57	-88,15	152,87	Normal
2421,06	2387,44	2385,04	32,43	-86,72	153,61	Normal
2413,86	2392,24	2406,65	33,92	-89,71	153,36	Desequilibrado
2377,83	2389,84	2421,06	31,01	-89,92	153,02	Desequilibrado
2399,45	2421,06	2411,46	33,98	-89,88	151,45	Normal
2423,47	2392,24	2392,24	33,83	-87,75	151,61	Normal
2392,24	2425,87	2382,64	31,17	-87,27	152,3	Normal
2382,64	2380,23	2377,83	30,35	-86,49	154,67	Desequilibrado
2385,04	2394,64	2392,24	30,67	-85,79	151,43	Normal
2394,64	2377,83	2423,47	31,13	-86,12	152,44	Normal
2377,83	2392,24	2406,65	30,66	-85,34	153,07	Desequilibrado

2397,05	2416,26	2404,25	32,63	-86,01	150,77	Normal
2387,44	2380,23	2382,64	31,16	-85,14	152,05	Normal
2399,45	2425,87	2416,26	33,04	-86,04	154,09	Normal
2401,85	2394,64	2387,44	33,01	-86,36	153,52	Normal
2377,83	2406,65	2385,04	33,73	-86,3	154,19	Normal
2392,24	2389,84	2401,85	33,72	-86,05	150,46	Normal
2411,46	2409,06	2404,25	33,52	-88	154,95	Normal
2418,66	2401,85	2416,26	33,76	-87,54	150,18	Normal
2411,46	2397,05	2397,05	32,5	-88,4	151,66	Normal
2399,45	2382,64	2411,46	32,79	-85,89	153,18	Normal
2385,04	2399,45	2421,06	34,29	-87,69	150,63	Normal
2387,44	2387,44	2409,06	30,95	-87,02	152,28	Normal
2382,64	2382,64	2409,06	32,31	-89,13	150,21	Normal
2406,65	2392,24	2397,05	32,48	-86,46	153,04	Normal
2423,47	2421,06	2413,86	30,96	-87,47	150,66	Normal
2387,44	2389,84	2385,04	32,41	-89,9	153,92	Normal
2404,25	2399,45	2389,84	31,7	-88,41	154,49	Normal
2394,64	2425,87	2399,45	33,19	-86,74	151,96	Normal
2425,87	2389,84	2421,06	31,74	-89,43	151,4	Normal
2416,26	2425,87	2397,05	31,19	-87,07	150,27	Normal
2423,47	2394,64	2392,24	31,56	-89,66	153,34	Normal
2418,66	2377,83	2392,24	34,98	-86,16	152,07	Normal
2389,84	2385,04	2416,26	31,1	-88,43	150,66	Normal
2421,06	2387,44	2399,45	34,05	-85,64	151,63	Normal
2413,86	2377,83	2399,45	30,96	-85,55	151,58	Normal
2409,06	2399,45	2392,24	32,97	-89,51	151,86	Normal
2416,26	2394,64	2380,23	33,83	-87,09	151,41	Normal
2416,26	2394,64	2387,44	31,15	-85,87	154,16	Normal
2421,06	2399,45	2399,45	30,99	-85,89	151,52	Normal
2389,84	2394,64	2413,86	30,84	-87,33	150,23	Normal
2421,06	2385,04	2404,25	32,46	-88,06	153,7	Normal
2399,45	2380,23	2387,44	32,44	-88,07	154,52	Normal
2397,05	2416,26	2404,25	31,64	-88,44	152,99	Normal
2404,25	2425,87	2413,86	33,1	-85,72	152,73	Normal
2401,85	2416,26	2385,04	33,27	-88,48	150,93	Normal
2416,26	2397,05	2404,25	31,85	-89,25	153,04	Normal
2385,04	2399,45	2399,45	33,16	-85,15	152,47	Normal
2394,64	2404,25	2387,44	34,23	-89,9	153,43	Normal
2401,85	2382,64	2421,06	30,07	-89,67	154,55	Desequilibrado

2404,25	2425,87	2401,85	33,86	-86	150,97	Normal
2392,24	2401,85	2387,44	34,28	-87,01	153,84	Normal
2413,86	2399,45	2399,45	30,57	-85,79	153,44	Normal
2377,83	2380,23	2394,64	30,71	-85,72	150,8	Normal
2389,84	2377,83	2423,47	33,02	-89,59	152,84	Desequilibrado
2411,46	2421,06	2399,45	30,31	-89,86	154,18	Desequilibrado
2418,66	2397,05	2401,85	32,76	-85,69	150,37	Desequilibrado
2387,44	2401,85	2411,46	32,63	-88,65	152,86	Normal
2418,66	2413,86	2423,47	31,91	-89,29	154,69	Desequilibrado
2399,45	2399,45	2385,04	31,78	-89,65	151,68	Normal
2397,05	2421,06	2382,64	34,9	-87,34	152,3	Normal
2399,45	2389,84	2401,85	33,67	-85,42	151,02	Normal
2397,05	2418,66	2387,44	31,41	-88,65	150,49	Normal
2416,26	2380,23	2377,83	34,97	-87,29	152,32	Normal
2380,23	2394,64	2377,83	33,27	-89,33	153,65	Normal
2397,05	2411,46	2380,23	31,68	-88,56	150,89	Normal
2394,64	2385,04	2421,06	32,35	-89,13	150,03	Normal
2411,46	2394,64	2416,26	30,36	-86,98	151,76	Normal
2406,65	2380,23	2411,46	31,32	-86,53	152,54	Normal
2397,05	2397,05	2425,87	33,65	-88,84	150,67	Normal
2382,64	2406,65	2411,46	34,35	-88,05	150,91	Normal
2401,85	2392,24	2406,65	31,3	-87,25	151,92	Normal
2397,05	2389,84	2389,84	32,86	-86,45	151,27	Normal
2421,06	2413,86	2413,86	31,37	-85,75	154,74	Normal
2382,64	2377,83	2385,04	34,7	-85,66	153,28	Normal
2385,04	2382,64	2406,65	34,84	-88,54	153,55	Normal
2411,46	2423,47	2392,24	31,01	-89,56	153,28	Normal
2382,64	2416,26	2425,87	30,94	-86,02	153,87	Desequilibrado
2385,04	2423,47	2397,05	34,55	-89,71	152,88	Normal
2418,66	2416,26	2404,25	34,39	-89,31	153,78	Normal
2399,45	2416,26	2387,44	31,38	-86,58	151,29	Normal
2416,26	2399,45	2416,26	31,31	-85,91	152,01	Normal
2392,24	2406,65	2418,66	33,17	-85,21	151,15	Normal
2392,24	2387,44	2397,05	31,13	-85,95	151,86	Normal
2387,44	2380,23	2385,04	34,33	-85,15	151,9	Normal
2418,66	2425,87	2401,85	30,92	-87,11	153,59	Normal
2380,23	2392,24	2397,05	31,34	-87,08	154	Normal
2382,64	2377,83	2418,66	33	-87,51	155	Normal
2382,64	2406,65	2413,86	31,17	-89,28	153,2	Normal

2380,23	2394,64	2421,06	30,93	-85,82	153,91	Desequilibrado
2411,46	2387,44	2401,85	34,53	-87,22	150,39	Desequilibrado
2377,83	2409,06	2416,26	32,9	-86,18	150,27	Normal
2399,45	2397,05	2423,47	33,77	-89,89	154,23	Desequilibrado
2413,86	2385,04	2411,46	31,28	-87,21	154,62	Normal
2406,65	2382,64	2399,45	30,85	-86,98	154,27	Normal
2421,06	2425,87	2394,64	31,7	-89,38	150,74	Normal
2411,46	2406,65	2421,06	32,78	-88,9	152,18	Normal
2423,47	2377,83	2382,64	34,59	-87,06	153,56	Normal
2387,44	2409,06	2413,86	32,37	-86,25	151,75	Normal
2385,04	2377,83	2406,65	33,14	-86	151,77	Normal
2380,23	2385,04	2392,24	31,82	-89,61	154,78	Desequilibrado
2399,45	2382,64	2389,84	34,71	-85,25	153,09	Normal
2394,64	2418,66	2411,46	33,8	-87,93	150,51	Normal
2421,06	2416,26	2399,45	32,7	-87,72	153,65	Normal
2421,06	2421,06	2387,44	31,04	-87,68	154,02	Normal
2392,24	2382,64	2423,47	33,79	-86,52	153,52	Normal
2423,47	2394,64	2380,23	32,01	-88,41	154,34	Normal
2401,85	2404,25	2421,06	33,19	-89,24	150,22	Normal
2411,46	2377,83	2416,26	33,63	-86,32	152,4	Normal
2423,47	2387,44	2385,04	34,31	-89,93	154,26	Desequilibrado
2418,66	2401,85	2377,83	30,52	-88,88	151,12	Normal
2399,45	2377,83	2377,83	34,34	-89,45	153,38	Desequilibrado
2418,66	2387,44	2418,66	33,93	-85,09	152,42	Normal
2377,83	2421,06	2399,45	31,14	-86,97	153,99	Normal
2387,44	2411,46	2380,23	30,96	-85,05	150,68	Desequilibrado
2421,06	2397,05	2380,23	30,39	-89,61	151,81	Normal
2423,47	2392,24	2413,86	34,15	-86,17	151,64	Normal
2404,25	2394,64	2377,83	30,42	-87,64	150,44	Normal
2389,84	2416,26	2397,05	33,98	-86	154,64	Normal
2389,84	2413,86	2377,83	33,73	-86,83	151,81	Normal
2392,24	2421,06	2394,64	30,01	-89,91	150,23	Normal
2401,85	2385,04	2382,64	30,51	-86,04	154,81	Desequilibrado
2423,47	2377,83	2382,64	34,24	-87,97	151,76	Normal
2392,24	2401,85	2413,86	32,45	-88,94	152,8	Normal
2418,66	2380,23	2399,45	34,22	-89,45	152,45	Desequilibrado
2385,04	2394,64	2382,64	34,84	-86,32	154,89	Normal
2409,06	2397,05	2397,05	33,61	-85,33	153,71	Normal
2399,45	2404,25	2382,64	31,15	-87,44	154,8	Normal

2377,83	2425,87	2411,46	31,29	-86,3	152,93	Normal
2380,23	2377,83	2409,06	33,32	-87,32	151,99	Normal
2399,45	2416,26	2397,05	31,68	-88,09	154,49	Normal
2399,45	2385,04	2421,06	34,37	-86,62	153,83	Normal
2385,04	2377,83	2380,23	30,68	-88,34	151,57	Normal
2392,24	2380,23	2416,26	34,63	-88,54	151,47	Desequilibrado
2380,23	2425,87	2423,47	31,93	-89,34	154,76	Desequilibrado
2413,86	2387,44	2387,44	33,16	-86,41	152,68	Normal
2423,47	2382,64	2399,45	30,14	-85,03	150,54	Desequilibrado
2394,64	2411,46	2416,26	30,64	-85,53	151,73	Desequilibrado
2397,05	2387,44	2382,64	30,89	-87,98	152,07	Normal
2411,46	2416,26	2399,45	31,79	-89,87	153,08	Normal
2382,64	2385,04	2401,85	32,05	-86,52	150,59	Normal
2397,05	2406,65	2382,64	33,35	-86,97	153,42	Normal
2382,64	2411,46	2387,44	33,53	-89,06	152,47	Normal
2385,04	2418,66	2423,47	34,93	-85,83	154,14	Normal
2394,64	2382,64	2406,65	30,25	-89,41	151,81	Normal
2389,84	2401,85	2409,06	34,9	-86,22	154,47	Normal
2399,45	2406,65	2413,86	34,33	-85,44	150,59	Desequilibrado
2416,26	2389,84	2389,84	34,13	-89,7	150,21	Desequilibrado
2389,84	2397,05	2377,83	32,92	-85,7	154,36	Normal
2380,23	2418,66	2380,23	34,09	-88,37	153,97	Normal
2425,87	2392,24	2382,64	33,57	-89,54	153,23	Normal
2387,44	2397,05	2382,64	34,62	-89,24	151,78	Normal
2377,83	2416,26	2409,06	30,41	-89,56	154,96	Desequilibrado
2385,04	2411,46	2401,85	32	-85,3	152,96	Normal
2401,85	2401,85	2406,65	32,15	-89,39	151,27	Normal
2380,23	2385,04	2394,64	34,56	-87,94	150,14	Desequilibrado
2416,26	2413,86	2387,44	33,54	-88,67	152,42	Normal
2382,64	2382,64	2409,06	32,1	-85,74	151,44	Normal
2392,24	2382,64	2409,06	34,85	-88,98	150,62	Desequilibrado
2416,26	2380,23	2392,24	34,24	-89,55	152,04	Desequilibrado
2401,85	2409,06	2394,64	32,86	-88,14	153,17	Normal
2413,86	2394,64	2385,04	34,07	-85,66	150,25	Desequilibrado
2413,86	2418,66	2394,64	30,65	-85,55	152,94	Desequilibrado
2416,26	2385,04	2377,83	33,51	-86,13	151,7	Normal
2394,64	2387,44	2416,26	30,15	-86,24	154,18	Desequilibrado
2385,04	2377,83	2380,23	34	-89,76	153,3	Desequilibrado
2411,46	2399,45	2416,26	30,2	-86,64	154,93	Desequilibrado

2382,64	2421,06	2421,06	30,51	-85,71	152,17	Desequilibrado
2397,05	2399,45	2418,66	30,61	-86,69	154,45	Desequilibrado
2401,85	2399,45	2425,87	30,5	-86,09	151,58	Normal
2416,26	2413,86	2385,04	33,33	-86,44	154,17	Normal
2397,05	2397,05	2380,23	32,53	-88,05	153,78	Normal
2416,26	2421,06	2377,83	32,16	-87,42	153,16	Normal
2409,06	2377,83	2406,65	33,39	-87,34	152,24	Normal
2425,87	2385,04	2380,23	33,42	-89,62	152,6	Normal
2418,66	2418,66	2377,83	30,71	-89,12	153,8	Normal
2421,06	2416,26	2418,66	31,43	-85,34	154,45	Normal
2394,64	2397,05	2423,47	33,12	-88,66	154,91	Desequilibrado
2423,47	2425,87	2404,25	33,68	-85,99	153,3	Normal
2416,26	2380,23	2394,64	32,27	-85,73	152,05	Normal

Fonte: Elaborado pelo autor.