



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA – LABORAL

**ANÁLISE DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE
TRANSPORTE SUL NO PERÍODO 2022/23 – ESTUDO DE CASO**

Carmona José Elias

Supervisor: Prof. Dr. Eng. Manuel Jossai Namburete Cumbi

Maputo, Novembro de 2023



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE**

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA – LABORAL

**ANÁLISE DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE
TRANSPORTE SUL NO PERÍODO 2022/23 – ESTUDO DE CASO**

Carmona José Elias

Supervisor: Prof. Dr. Eng. Manuel Jossai Namburete Cumbi

Maputo, Novembro de 2023



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Curso de Engenharia Eléctrica

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE TRABALHO DE LICENCIATURA

REFERÊNCIA DO TEMA: 2023ELTLD03

Data: 20/02/2023

1. TÍTULO DO TEMA

ANÁLISE DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE TRANSPORTE SUL NO PERÍODO 2022/23 – ESTUDO DE CASO

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

Introdução:

Numa rede de energia eléctrica de corrente alternada, todos os geradores a ela ligados operam em sincronismo, o qual é assegurado por forças electromagnéticas. O regime estacionário é caracterizado pelo equilíbrio, em cada gerador, entre a potência mecânica fornecida pela máquina motriz e a potência eléctrica fornecida pela rede (acrescidas de perdas), pelo que o rotor roda com velocidade constante. (Paiva, 2011)

Entretanto, uma perturbação decorrente de um curto-circuito ou perda de uma unidade geradora, dá lugar a um regime transitório durante o qual o ângulo e a velocidade angular do rotor, medidos em relação a uma referência síncrona, experimenta oscilações de tal modo que se o ângulo do rotor exceder um valor crítico, a máquina perde o sincronismo com a rede, sendo desligada por actuação das protecções ou em circunstâncias extremas, colapso total do sistema.

Portanto, o estudo da estabilidade transitória é um dos aspectos importantes a considerar na exploração do sistema de energia eléctrica (SEE), pois permite conhecer o comportamento dinâmico das máquinas síncronas após a ocorrência de uma perturbação ou contingência.

Formulação do Problema

A robustez de um Sistema Eléctrico de Energia (SEE) é medida pela capacidade do sistema funcionar numa situação de equilíbrio em condições normais e de perturbação. Os estudos de estabilidade analisam o comportamento do sistema aquando da ocorrência de alterações bruscas do sistema ou da produção, bem como aquando da ocorrência de curto-circuitos nas linhas de transmissão. Portanto, o sistema é dito estável se após a ocorrência destas perturbações continuar a funcionar em sincronismo (Barbosa, 2013).

A rede de transporte sul tem registrado nos últimos anos um crescimento substancial, devido a entrada de novas unidades de produção de energia eléctrica, tais como a Central Térmica de Ciclo Combinado de Maputo (CTM), Central Térmica de Ressano Garcia (CTRG) e muito brevemente, a Central Térmica de Temane (CTT). Para além deste crescimento, o País tem sido assolado constantemente por desastres naturais, como sejam, tempestades tropicais e ciclones que podem destruir infraestruturas de geração, transporte e distribuição de energia eléctrica. Na sequência de tais eventos, se o operador e/ou os sistemas automáticos de controlo e protecção não actuarem correctamente, podem ocorrer situações de instabilidade. Deste modo, o presente estudo pretende responder a seguinte questão: Qual é o índice de estabilidade da rede de transporte sul operada pela empresa Electricidade de Moçambique, EP?

Justificativa

Na exploração de um Sistema Eléctrico de Energia (SEE) é imperioso garantir a capacidade do sistema alimentar as cargas de uma forma contínua e com qualidade de serviço, ou seja, com as características de tensão e frequência dentro dos valores contratuais. Isto significa que a tensão e a frequência, embora possam variar, têm que ser mantidas dentro de valores apertados de tolerância, para que os equipamentos dos consumidores possam funcionar de uma maneira satisfatória. Portanto, os centros de controlo devem monitorar o estado sistema eléctrico de modo que tal objectivo seja atingido.

Deste modo, com o estudo pretende-se analisar o índice de estabilidade da rede

de transporte aquando da ocorrência de alterações bruscas do sistema, da produção bem como da ocorrência de curto-circuitos nas linhas de transmissão. A realização do mesmo é de interesse das empresas concessionárias de energia eléctrica, e do público em geral, pois pretende avaliar o índice de estabilidade da rede de transporte bem como, propor medidas de controlo preventivo com vista a aprimorar a estabilidade da rede.

Objectivos gerais.

Analisar a estabilidade transitória da rede de transporte sul

Objectivos específicos:

- Apresentar o estado da arte referente ao estudo e análise da estabilidade transitória em Sistemas Eléctricos de Energia.
- Caracterizar a rede de transporte sul.
- Avaliar a estabilidade transitória da rede de transporte sul aquando da ocorrência de contingencias.
- Discutir os resultados obtidos da análise de estabilidade.
- Propor medidas de controlo preventivo eficiente.

METODOLOGIA

Para a elaboração do relatório serão aplicadas metodologias classificadas nas seguintes categorias segundo Oliveira 2011:

- **Quanto aos objectivos da pesquisa: pesquisa exploratória**

A pesquisa exploratória tem como objectivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.

- **Quanto à escolha do objecto de estudo: estudo de caso único**

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo dos factos objectos de investigação, permitindo um amplo e pormenorizado conhecimento da realidade e dos fenómenos pesquisados.

- **Quanto à técnica de colecta de dados:**

I. Pesquisa documental

A pesquisa documental consiste na colecta de dados em fontes primárias, como documentos escritos, pertencentes a arquivos

públicos, arquivos particulares de instituições, e fontes estatísticas.

II. Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos.

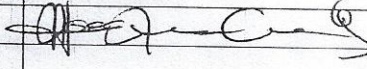
- Quanto à técnica de análise de dados:

- I. Simulação: uso de ferramentas computacionais para obtenção de respostas rápidas e precisas sobre o fenómeno em estudo.
- II. Interpretação: verificação das relações entre as variáveis em estudo, a fim de aprofundar os conhecimentos sobre o fenómeno.

3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

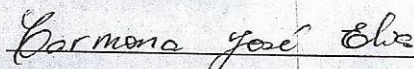
- Universidade Eduardo Mondlane
- Electricidade de Moçambique, EP

4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Prof. Dr. Eng. Manuel J. N. Cumbi	
Co-supervisor		
Da Instituição		

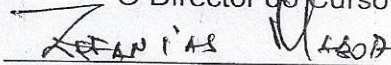
Maputo, 12 de Abril de 2023

O estudante



(Carmona José Elias)

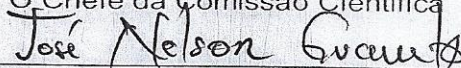
O Director do Curso



(Eng.º Zefanias José Mabote)

17.04.2023

O Chefe da Comissão Científica



(Mestre José Nelson Guambe, Eng.º.)

03/05/23

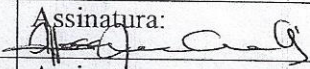
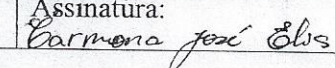
Plano de actividades

Trabalho de Licenciatura

Tema: ANÁLISE DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE TRANSPORTE SUL – ESTUDO DE CASO

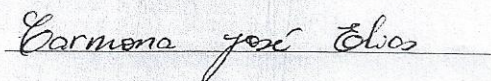
Referência: 2023ELTLD03

Data: 20/02/2023

Semana prevista	Data prevista	Hora prevista	Semana real	Data real	Duração real	Assunto
5	24/03/23	15H30				Avaliação do Capitulo 1: Introdução
6	31/03/23	15H30				Avaliação do Capitulo 2: Revisão Bibliográfica
7	07/04/23	15H30				Revisão do Capitulo 2
8	14/04/23	15H30				Análise dos dados da Rede (EDM)
9	21/04/23	15H30				Análise dos Resultados de Simulação
10	28/04/23	15H30				Avaliação do Capitulo 3: Memorial Descritivo
11	05/05/23	15H30				Revisão do Capitulo 3
12	12/05/23	15H30				Avaliação do Capitulo 4: Conclusão
			Supervisor: Eng. Manuel J. N. Cumbi			Assinatura: 
			Estudante: Carmona José Elias			Assinatura: 

Data: 12 / 04 / 2023

Nome do estudante:



(Carmona José Elias)

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA _____

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Carmena José Elias

Referência do tema: _____ Data: 09/11/23

Título do tema: _____

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)	4				

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)	42									

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)	28									

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal(max: 20)	16				

Total de pontos (max: 100)	90	Nota (=Total*0,2)	18
-----------------------------------	----	--------------------------	----

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA _____

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Carmena José Elias

Referência do tema: _____ Data: 09/11/23

Título do tema: _____

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)	4				

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)	42									

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)	28									

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal(max: 20)	16				

Total de pontos (max: 100)	90	Nota (=Total*0,2)	18
-----------------------------------	----	--------------------------	----

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
 FACULDADE DE ENGENHARIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA Electrónica

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Carvalho José Elias

Referência do tema:

Data: 1/1

Título do tema: Análise de Estabilidade Transiente de um Sistema de Potência

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)	<u>74</u>	Nota (=Total*0,2)	<u>14,8</u>
-----------------------------------	-----------	--------------------------	-------------

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

Carvalho José Elias
1/1/23

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Jose Elias Carmoza

Referência do tema:

Data: 1/1

Título do tema: Análise de estatística da rede de transportes sul

1. Resumo										
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)										
	1	2	3	4	5					
				4						
Secção 1 subtotal (max: 5)										04

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos										
	1	2	3	4	5					
				5						
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									9	
2.3. Metodologias										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										10
2.4. Resultados, sua análise e discussão										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									9	
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									9	
Secção 2 subtotal(max: 45)										40

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade										
	1	2	3	4	5					
					5					
3.2. Rigor										
	1	2	3	4	5					
					5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões										
	1	2	3	4	5					
					5					
3.5. Relevância										
	1	2	3	4	5					
				4						
Secção 3 subtotal(max: 30)										29

4. Apresentação e estilo da escrita										
4.1. Legibilidade e organização										
	1	2	3	4	5					
					4					
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas										
	1	2	3	4	5					
										5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)										
	1	2	3	4	5					
										5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)										
	1	2	3	4	5					
										5
Secção 4 subtotal(max: 20)										19

Total de pontos (max: 100) 92

Nota (=Total*0,2) 18,4

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

Fernando Chachava

ANEXO 11.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA
(PELO JÚRI)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA Electrotécnica

F2 - GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Carmona José Elias

Referência do tema:

Titulo do tema: Análise de Estabilidade de Transição da Rede de Transmissão FUC No Período 2022/2023 Data: 1/1

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)	6									

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 25)	20									

3. Estilo da apresentação										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 15)	14									

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)	40									

Total de pontos (max: 100)	80	Nota (=Total*0,2)	16,0
----------------------------	-----------	-------------------	-------------

16,0

22/12/23

ANEXO 11.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA
(PELO JÚRI)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Jose Elias Carmona

Referência do tema:

Data: 1/1

Título do tema: Análise de estabilidade transitória da rede de transporte

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)	08									

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal(max: 25)	22									

3. Estilo da apresentação										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 15)	15									

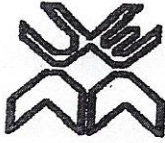
4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)	49									

Total de pontos (max: 100)	89	Nota (=Total*0,2)	17,8
----------------------------	----	-------------------	------

Fernando Chacusa

ANEXO 11.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA
(PELO JÚRI)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: CARMONA JOSÉ ELIAS

Referência do tema: _____

Data: 1 / 1

Título do tema:

ANÁLISE DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE TRANSPORTE SUL
NO PERÍODO 2022/23 - ESTUDO DE CASO.

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)	10									

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 25)	23									

3. Estilo da apresentação										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 15)	13									

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)	48									

Total de pontos (max: 100)	94	Nota (=Total*0,2)	18,8
----------------------------	----	-------------------	------

ANEXO 12.

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA _____

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE
(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Carmona José Elias

Referência do tema: _____ Data: 09/11/23

Título do tema: _____

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)				4	
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)					5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)					5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)				4	
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)					5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)				4	
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)					5
Total de pontos (max: 35)	32.0				

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35) 32.0

Nota (=Total*20/35) 18.0

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

ANEXO 12.

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA _____

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE
(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Carmona José Elias

Referência do tema: _____ Data: 09/11/23

Título do tema: _____

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)				4	
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)					5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)					5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)				4	
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)					5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)				4	
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)					5
Total de pontos (max: 35)	32.0				

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35) 32.0

Nota (=Total*20/35) 18.0

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

**ANEXO 13.
FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA Elétrica

F1 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: CARMONA JOSE EMM

Referência do tema: _____ Data: 1/1

Título Analise de Estabilidade do Transiente da Rede tema:
de Transporte Sul no Período 2022/23

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1= 17.0	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2= 17.53	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL = (N1*A+N2*B)/100	17.0
--	-------------

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	<u>Zé Maria José Mitor</u>
O Oponente	<u>Fernando Hausse Chalchava</u>
Os Supervisores	<u>ANACLETO JOAO ALBINO</u>

[Signature]
22/12/23



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
Curso de Engenharia Eléctrica

Disciplina: Trabalho de Licenciatura (TL)
Estudante: **Carmona José Elias**
Título do Trabalho de Licenciatura: ANÁLISE DE ESTABILIDADE
TRANSITÓRIA DA REDE DE TRANSPORTE
SUL NO PERÍODO 2022/23 – ESTUDO DE
CASO
Docente Supervisor: Doutor Eng^o Manuel Jossai Namburete Cumbi
Data: 09 de Novembro de 2023

PARECER DO DOCENTE SUPERVISOR

1. Apresentação do Trabalho de Licenciatura

O Trabalho de Licenciatura (TL) constitui um dos requisitos parcial para a conclusão do curso de Engenharia Eléctrica ministrado pela Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane-UEM.

O TL do estudante Carmona José Elias, cujo título é supra epigrafado, compreende um corpo principal apresentado em 52 páginas, começando da página 1, sobre a introdução, a antepenúltima página com texto (49) é dedicada às conclusões e as duas últimas páginas referem-se às referências bibliográficas. O trabalho inclui ainda lista de símbolos, lista de figuras, lista de tabelas e anexos que totalizam 16 páginas.

A parte principal é estruturalmente constituída por três (3) capítulos, designadamente:

1. CONTEXTUALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO TEMA
2. ESTABILIDADE DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA
3. MEMORIAL DESCRITIVO DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE

O capítulo CONTEXTUALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO TEMA é subdividido em 5 sub-capítulos, nomeadamente:

- 1.1 INTRODUÇÃO
- 1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

- 1.3 JUSTIFICATIVA
- 1.4 OBJECTIVOS
- 1.5 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta sucintamente a contextualização do tema do trabalho, a formulação do problema e descrição das motivações que ditaram a sua escolha, os objectivos do trabalho e a metodologia de sua execução.

No capítulo 2, referente à ESTABILIDADE DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA, é fundamentalmente dedicada à revisão bibliográfica, começando pela caracterização da estabilidade de sistemas de energia eléctrica e classificação dos respectivos diferentes tipos. Seguidamente, é feita apresentação da MODELAGEM DO SISTEMA ELÉCTRICO DE ENERGIA com destaque para máquina síncrona, linhas de transporte de energia, transformadores, cargas e simulação dos diferentes tipos de contingências. Depois é feita uma descrição sucinta dos MÉTODOS DE SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE UM SISTEMA ELÉCTRICO DE ENERGIA, com destaque para Métodos de Integração numérica, Métodos Directos e Métodos Híbridos e por fim é apresentada a sua análise comparativa.

O capítulo 3, que constitui o cerne do trabalho, é composto por cinco sub-capítulos principais, nomeadamente:

- 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE TRANSPORTE
- 3.2 ANÁLISE DA ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE TRANSPORTE SUL

Primeiramente é feita uma descrição resumida da constituição do Sistema Eléctrico Nacional (SEN) e dos proprietários das respectivas infra-estruturas.

Seguidamente, o autor faz a descrição do trabalho que realizou de modelação de cada um dos componentes que constituem a rede de energia sul, a qual compreende um parque gerador constituído por 47 máquinas síncronas. Os respectivos parâmetros estão apresentados nos anexos 5 a 7.

As máquinas síncronas são representadas pelos modelos dinâmicos descritos na secção 2.1.1. Para simplificar o estudo de estabilidade transitória, assumiu-se que a potência mecânica fornecida pelas turbinas é constante, desprezando-se assim a acção dos reguladores de velocidade das turbinas.

Foram também consideradas as seguintes simplificações:

- As resistências dos alternadores foram consideradas desprezíveis;
- Não foram considerados binários amortecedores, nomeadamente a acção das bobinas amortecedoras;
- As variações das constantes de inércia com a variação das velocidades angulares dos alteradores não foram consideradas;
- As cargas são supostas poderem ser representadas por admitâncias constantes ao longo do período em estudo.
- Assumiu-se que as flutuações da frequência são pequenas e, portanto, não foram consideradas;



- O tempo de simulação e actuação das protecções foi de cinco segundos (5s) e cinco ciclos (0.1s) respectivamente.

As simulações foram realizadas por meio de integração numérica no domínio do tempo através do software Power World Simulator cujo fluxograma para simulação é apresentado na Figura 3.2.1.

O programa de simulação é testado sob diferentes condições de funcionamento do Sistema Eléctrico de Energia Sul e sob ocorrência de diversas perturbações.

Antes de se iniciar o cálculo necessário para a análise de estabilidade transitória do sistema o autor realizou a simulação do sistema funcionando no estado seguro, isto é, antes da ocorrência de alguma contingência perturbação para o conhecimento do trânsito de potências do sistema eléctrico de energia no estado normal seguro e, deste modo, conhecer as respectivas condições iniciais. Nas Tabela 3.2.1 e 3.2.2 são apresentados os resultados de problema de trânsito de potências da rede em estudo.

A primeira constatação é de que as tensões em todos os barramentos encontram-se dentro dos limites admissíveis com linhas e transformadores levemente carregados bem como unidades geradoras suprindo a demanda da carga sem exceder os limites de operação, caracterizando assim o funcionamento do sistema eléctrico sul no estado normal seguro.

Seguidamente, o autor procedeu ao estudo do comportamento dinâmico da rede na presença das perturbações seguintes:

- Abertura da linha de transmissão de 275kV (BL3),
- Curto-circuito tripolar franco na linha de 275kV (BL5),
- Abertura da linha de 110kV (CL4) após ocorrência de um curto-circuito tripolar,
- Curto-circuito no barramento de 66kV na subestação de Infulene e Matola.

Os resultados das simulações são apresentados nas figuras 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5, 3.2.6, 3.2.7 e 3.2.8. a discussão dos resultados é apresentada no sub-capítulo 2.4.1, seguida pela apresentação das medidas de controlo preventivo.

Por fim, o autor apresenta as conclusões deduzidas a partir dos resultados do trabalho realizado.

2 **Apreciação do Docente Supervisor**

O trabalho em apreço é sobre um tema não só bastante interessante, mas também muito importante e pertinente para a empresa EDM, porquanto trata-se de um trabalho de engenharia para solução de um problema concreto resultante da necessidade da caracterização do Sistema Eléctrico de Energia – Sul e conhecimento dos limites de seu funcionamento sob condições de ocorrência de diversas contingências.

Tomando em consideração a abordagem das matérias apresentadas, analisadas e discutidas com elevado nível técnico-científico, sou de considerar que o trabalho



preenche sobremaneira os requisitos de uma dissertação académica relevante e excelente e, por conseguinte, que o estudante finalista *Carmona José Elias* possui conhecimentos sólidos das matérias de engenharia e um apurado saber fazer meretório do grau de licenciatura em engenharia eléctrica pela Universidade Eduardo Mondlane.

Abaixo segue-se a apreciação do supervisor do TL no que diz respeito à sua organização, argumentação e apresentação e estilo de escrita.

2.2 Organização (Estrutura) e Explicação

A. Objectivos

Os objectivos do trabalho são claramente definidos, estando subdivididos em objectivo geral e uma série de quatro (4) objectivos específicos.

- Caracterizar a rede de transporte sul.
- Avaliar a estabilidade transitória da rede de transporte sul aquando da ocorrência de contingências.
- Discutir os resultados obtidos da análise de estabilidade.
- Propor medidas de controlo preventivo eficientes..

B. Introdução, Antecedentes e Pesquisa Bibliográfica

Não obstante bastante resumida, a introdução é suficientemente clara e objectiva. Fornece uma base de contextualização e formulação do problema que resulta na necessidade analisar a estabilidade transitória da rede de transporte – sul.

Avaliando as referências bibliográficas enumeradas e a clareza na abordagem das matérias arroladas infere-se que a pesquisa bibliográfica é satisfatoriamente compreensiva e aprofundada.

C. Metodologia

A organização do trabalho, o seu ordenamento lógico e a estrutura da dissertação estão em consonância com a metodologia proposta pelo autor, traduzindo-se num trabalho científico de boa qualidade. Contudo, refira-se que existem algumas matérias que carecem de melhor abordagem. Por exemplo, não justifica as simplificações que considerou e nem discute as respectivas implicações nos resultados.

D. Resultados, Análise e Discussão

Segundo o índice, os resultados, a análise e a discussão deveriam fazer parte do capítulo 3, com designação de “MEMORIAL DESCRITIVO DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE”. No entanto, este capítulo 3 não existe no texto do trabalho recebido. Os textos do sub-capítulo 3 aparecem como sub-capítulos do capítulo 2.



Fora este erro editorial, os resultados apresentados, a sua análise e discussão demonstram que o autor possui conhecimentos técnico-científicos abrangentes e o saber fazer bastante sólido, meritório de grau de Licenciado em Engenharia Eléctrica.

E. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)

Por fim o autor dedica-se á apresentação das conclusões deduzidas a partir dos resultados do seu trabalho.

2.3 Argumentação

A. Criatividade e Originalidade

Ao longo do tabalho o autor demonstrou bom domínio das matérias de engenharia que o tema abrange, assim como muita criatividade e originalidade. Com efeito, o tema abordado é bastante importante e pertinente para a empresa EDM uma vez trata-se de um trabalho de engenharia para solução de um problema concreto resultante da necessidade da caracterização do Sistema Eléctrico de Energia – Sul e conhecimento dos limites de seu funcionamento sob condições de ocorrência de diversas contingências..

B. Rigor

Há alguns aspectos que carecem de revisão para maior rigor na abordagem e apresentação. Um dos exemplos é o acima referido sobre a não existência do capítulo 3 no texto do trabalho não obstante alistado no índice.

C. Análise Crítica, Evidência e Lógica

No geral o autor apresenta material com fundamentos técnico-científico sólidos na base de análise crítica, evidências comprovadas e formulação lógica.

D. Relação Objectivos/Métodos/Resultados/Conclusões

No material apresentado é evidente a relação Objectivos → Metodologia → Resultados → Conclusões.

E. Relevância

A relevância do trabalho desenvolvido pelo autor resulta do facto de ser, sem sombra de dúvidas, extremamente importante e pertinente para a empresa EDM.

 5 / 6

2.4 Apresentação e Qualidade da Escrita

A. Legibilidade e Organização

A legibilidade e organização carecem de algumas melhorias. Há erros ortográficos evitáveis, a linguagem continua caracterizada por misturas de abordagem Brasileira, Portuguesa, etc.

B. Ilustração e Qualidade das Figuras e Tabelas

As ilustrações e qualidade das figuras e tabelas é de boa qualidade e ajudam bastante a leitura e compreensão do material apresentado.

C. Estilo (Qualidade) da Escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)

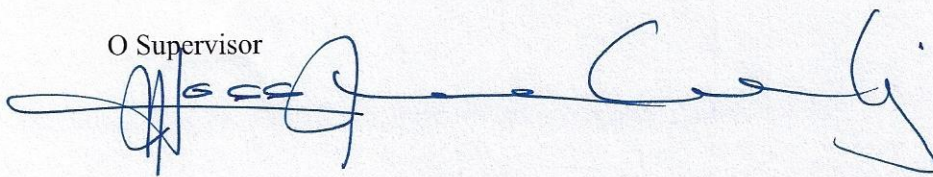
O relatório carece de revisão no que diz respeito a mistura de estilos da escrita e da língua Portuguesa e erros ortográficos evitáveis.

D. Fontes Bibliográficas (citação correcta, referências, etc.)

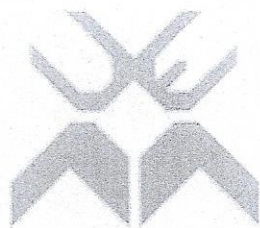
O autor faz referência a uma lista de fontes bibliográficas deveras extensa, devidamente referenciadas ao longo do texto.

Maputo 09 de Novembro de 2023

O Supervisor



Doutor Eng.º Manuel Jossai Namburete Cumbi



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA (LABORAL)

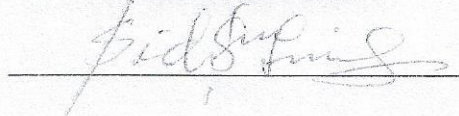
TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Carmona José Elias entregou no dia 17/11/2022 as 3 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com referência: 2023ELTLD03

Intitulado: ANÁLISE DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE TRANSPORTE SUL NO PERÍODO 2022/23 – ESTUDO DE CASO

Maputo, 17 de 11 de 2022/3

P/ A chefe da Secretaria



Maputo, 27 de Fevereiro de 2024

Ao Eng. Anacleto Albino, MSc.

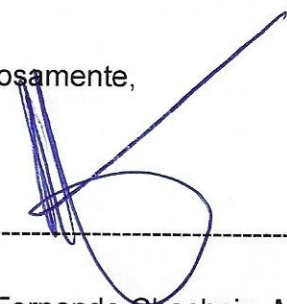
Coordenador da Cadeira de Estágio Profissional e Trabalho de Licenciatura

Assunto: **Parecer do júri da defesa do Trabalho de Licenciatura apresentado pelo estudante Carmona José Elias**

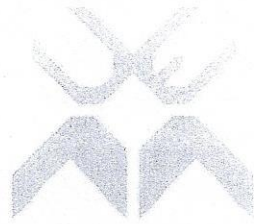
No dia 22 de Dezembro de 2023, pelas 14:00, na sala H2A1 do Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia, ocorreu a defesa o Trabalho de Licenciatura do estudante Carmona José Elias, cujo tema foi **Análise de Estabilidade Transitória da Rede de Transporte Sul No Período 2022/2023 – Estudo de Caso**. A defesa constou com uma mesa do júri formada pelos Eng. Zefanias Mabote (Presidente), Eng. Anacleto Albino, MSc (Supervisor Substituto) e o Eng. Fernando Chachaia MSc. (Oponente).

Após término da defesa nenhuma recomendação foi dada ao estudante, pelo que, está permitido a avançar com os passos subsequentes para a submissão do trabalho na Biblioteca da Faculdade de Engenharia.

Atenciosamente,



(Eng. Fernando Chachaia, MSc)



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA (LABORAL)

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que este Relatório de Trabalho de Licenciatura nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ela constitui o resultado do meu labor individual.

Maputo, 17 de Novembro de 2023

Carmona José Elias

(Carmona José Elias)

DIRECÇÃO DE GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS

A
UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Mestre, Nelson Jose Guambe

MAPUTO

Nossa Referência:
329/DGRH/2023
No. de Páginas: 1+0

Vossa Referência:

Data:
11-05-2023

Contacto:
José Segene
Jose.segene@edm.co.mz
Telefone: +258 82 092 6690

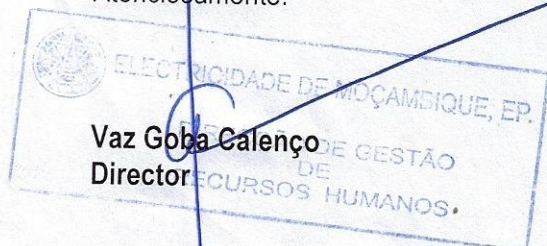
Assunto: Resposta ao pedido de recolha de dados

Exmos. Senhores,

Em resposta à carta de V.Excias, através da qual solicitam recolha de dados para o desenvolvimento de pesquisa, a favor do **Sr. Carmona José Elias**, finalista do curso de **Licenciatura em Engenharia Elétrica** com o tema: "Análise de Estabilidade Transitória da Rede de Transporte Sul- **Caso Eletricidade de Moçambique** " vimos pela presente informar que o pedido foi deferido e desde já solicitamos que seja partilhada com a nossa Instituição os resultados da informação agregada deste exercício.

Para o efeito, o estudante deverá dirigir-se à Divisão de Transporte Sul, sita no Bairro Zona Verde, Rua da SONEF na Subestação de Infulene, a partir do dia 15.05.23 e terá como seu supervisor o **Eng. Cláudio Langa**. O mesmo deverá assinar o Termo de Confidencialidade e Sigilo.

Atenciosamente.



AGRADECIMENTOS

A todos, e foram muitos, os que de algum modo contribuíram para que pudesse realizar este trabalho. O meu sincero reconhecimento e profunda gratidão, em especial ao meu supervisor científico, Professor Doutor Engenheiro Manuel Jossai Namburete Cumbi, do Departamento de Engenharia Electrotécnica, da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, quero expressar meus agradecimentos pela orientação, apoio científico, sugestões, críticas, incentivos e disponibilidade que sempre manifestou ao longo do trabalho aqui apresentado. Aos Engenheiros Augusto Paulo Machiane, Alfredo Timane da Divisão de Transporte Sul (DTSU) e Sebastião Ngululu da Direcção de Planeamento de Sistemas e Engenharia (DPSE) pela disponibilidade em facultar os dados e informações relevantes para o êxito do trabalho. Gostaria também de expressar os meus agradecimentos aos colegas em geral pela colaboração e em especial a Karen Herculano e Faidate Zaide pela contribuição nos aspectos referentes aos pacotes do programa de simulação bem como na apreciação e revisão do texto.

Aos meus pais, José Elias e Carolina Macaringue, quero expressar a minha profunda gratidão pela amizade, encorajamento e ajuda incondicional que sempre dispensaram. Um agradecimento especial ao meu irmão Crisódio Elias pelo aconselhamento, incentivo e apoio constante.

RESUMO

O âmbito desta tese é o estudo, a simulação e a análise da estabilidade transitória de Rede de Transporte – Sul no período compreendido entre os anos 2022 a 2023 no qual foi aplicado um pacote de programas de simulação (*Power World Simulator – PWS*) visando aferir o índice de estabilidade da rede de transporte. Os resultados obtidos foram analisados e comparados de modo a propor medidas de controlo preventivo que conduzam a um aumento significativo da segurança dinâmica de rede nacional.

Palavras-chave: Estabilidade transitória em Sistema Eléctrico de Energia (SEE), Sincronismo, Integração numérica, Segurança dinâmica em SEE, Controlo em tempo real

ÍNDICE

LISTA DE SIMBOLOS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
CAPÍTULO 1	1
DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA DISSERTAÇÃO	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICATIVA	2
1.4 OBJECTIVOS.....	3
1.4.1 Objectivo Geral	3
1.4.2 Objectivos Específicos	3
1.5 METODOLOGIA.....	3
CAPÍTULO 2	5
ESTABILIDADE DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA.....	5
2.1 MODELAGEM DO SISTEMA ELÉCTRICO DE ENERGIA.....	7
2.1.1 Máquina Síncrona.....	7
2.1.2 Linhas	12
2.1.3 Transformadores.....	12
2.1.4 Cargas	13
2.1.5 Simulação dos diferentes tipos de contingências	15
2.2 MÉTODOS DE SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE UM SISTEMA ELÉCTRICO DE ENERGIA.....	16
2.2.1 Métodos de Integração numérica.....	16
2.2.2 Métodos Directos	17
2.2.3 Métodos Híbridos	27
2.2.4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS	29
CAPÍTULO 3	31

MEMORIAL DESCRITIVO DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE.....	31
3.1 BREVE HISTORIAL	31
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE TRANSPORTE	32
3.3 ANÁLISE DA ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE TRANSPORTE SUL	39
3.3.1 Discussão dos Resultados.....	48
3.3.2 Medidas de Controlo Preventivo	48
CONCLUSÃO	49
RECOMENDAÇÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXO 1 PRINCIPAIS PARÂMETROS DAS LINHAS DE TRANSPORTE.....	1
ANEXO 2 CARREGAMENTO DAS LINHAS DE TRANSPORTE	2
ANEXO 3 DADOS DOS TRANSFORMADORES DA REDE DE TRANSPORTE ..	5
ANEXO 4 CARREGAMENTO DOS TRANSFORMADORES DA REDE DE TRANSPORTE	7
ANEXO 5 PARÂMETROS DO MODELO DA MÁQUINA SÍNCRONA	10
ANEXO 6 PARÂMETROS DO MODELO DA EXCITAÇÃO	11
ANEXO 7 PARÂMETROS DO MOEDLO DO REGULADOR DE TENSÃO	12

LISTA DE SIMBOLOS

Com vista a facilitar a leitura desta tese, apresenta-se a lista de símbolos, abreviaturas e acrónimos mais utilizados, estando os mesmos devidamente definidos e caracterizados no local do texto onde surgem pela primeira vez.

M_i – coeficiente de inércia

δ_i – ângulo rotórico

t – coeficiente de inércia

D_i – coeficiente de amortecimento

P_{aci} – potência de aceleração

H_i – constante de inércia da máquina i

f – frequência nominal do sistema

P_{meci} – potência mecânica desenvolvida pela máquina i

P_{elec} – potência eléctrica gerada pela máquina i

ω_i – velocidade angular da máquina síncrona i

ω_s – velocidade angular síncrona

ΔP_{elec} – variação da potência eléctrica gerada

ΔP_{mec} – variação da potência mecânica desenvolvida

E'_d – força electromotriz correspondente ao eixo directo

E'_q – força electromotriz correspondente ao eixo em quadratura

I_d – Intensidade de corrente eléctrica no estator segundo o eixo directo

I_q – Intensidade de corrente eléctrica no estator segundo o eixo em quadratura

X_d – reactância de eixo directo síncrona

X'_d – reactância de eixo directo transitória

X_q – reactância de eixo em quadratura síncrona

X'_q – reactância de eixo em quadratura transitória

\bar{E}'_i – força electromotriz da máquina i

\bar{V}'_i – tensão nos terminais da máquina i

R_a – resistência do enrolamento do estator

\bar{V}_s – tensão na emissão

\bar{I}_s – intensidade de corrente eléctrica na emissão

\bar{V}_R – tensão na recepção

\bar{I}_R – intensidade de corrente eléctrica na recepção

R – resistência série do condutor

X – reactância série do condutor

\bar{Y}_{sh} – admitância transversal da linha

\bar{V}_p – tensão no enrolamento primário

\bar{I}_p – intensidade de corrente eléctrica no enrolamento primário

\bar{V}_s – tensão no enrolamento secundário

\bar{I}_s – intensidade de corrente eléctrica no enrolamento secundário

N_p – número de espiras do enrolamento primário

N_s – número de espiras do enrolamento secundário

R_m – resistência de magnetização

\bar{Z}_p – impedância equivalente do primário

\bar{Z}_s – impedância equivalente do secundário

\bar{Z}_t – impedância equivalente do terciário

\bar{P}_{Li} – potência activa da carga ligada ao barramento i

V_i – módulo da tensão no barramento i

\bar{Q}_{Li} – potência reactiva da carga ligada ao barramento i

\bar{Y}_{Li} – admitância da carga ligada ao barramento i

SEE – Sistema Eléctrico de Energia

TEF – função de energia transitória

PEBS – superfície limite de energia potencial

PWS – *Power World Simulator*

SIME – *Single Machine Equivalent*

CND – Centro Nacional de Despacho

EDM – Electricidade de Moçambique

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.5.1 – Classificação dos diferentes tipos de estabilidade nos SEE (N. Hatziargyriou, 2021).	6
Figura 2.1.1 Diagrama esquemático da máquina síncrona (Kundur, 1994).	9
Figura 2.1.2 Diagrama de fasores da máquina síncrona no período transitório (Ferreira, 2005).	10
Figura 2.1.3 Modelo funcional do gerador síncrono em regime transitório (Paiva, 2011)	10
Figura 2.1.4 Modelo dinâmico da máquina síncrona de polos salientes (<i>GENSAL</i>).....	11
Figura 2.1.5 Modelo dinâmico de excitação (<i>IEEE ESAC5A</i>).....	11
Figura 2.1.6 Modelo dinâmico do regulador de velocidade (<i>IEE2ST</i>).....	11
Figura 2.1.7 Esquema equivalente de uma linha (Ferreira, 2005).....	12
Figura 2.1.8 Circuito equivalente de um transformador (Ferreira, 2005).....	12
Figura 2.2.1 Principais fases do método das áreas iguais generalizado (Ferreira, 1995)	20
Figura 2.2.2 Representação gráfica do método das áreas iguais generalizado (Ferreira, 2005)	25
Figura 3.2.1 (a) Traçado da linha de 400kV interligando Vilanculos e Maputo; (b) Centro Nacional de Despacho a construir em Matalane (EDM, 2018).....	34
Figura 3.2.2 Mapa de Moçambique ilustrando a rede de transmissão (DPSE, 2023) ...	35
Figura 3.3.1 Fluxograma para a simulação da estabilidade transitória.....	40
Figura 3.3.2 Evolução temporal do ângulo de carga das unidades geradoras após perturbação na linha BL3.....	44
Figura 3.3.3 Progressão das velocidades angulares em pu dos alternadores após perturbação na linha BL3.....	44
Figura 3.3.4 Evolução das potências activas geradas pelos alternadores após perturbação na linha BL3.....	45
Figura 3.3.5 Tensão terminal das unidades geradoras após contingência na linha BL3	45
Figura 3.3.6 Evolução temporal do ângulo de carga após curto-circuito na barra de 66kV na SE de Infulene	46
Figura 3.3.7 Velocidade angular em pu das unidades geradoras após curto-circuito na barra de 66kV na SE de Infulene.....	47
Figura 3.3.8 Potência activa gerada após curto-circuito na barra de 66kV na SE de Infulene.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.1 Impedâncias de defeito efectivas (Ferreira, 2005).....	15
Tabela 2.2.1 Análise comparativa das diversas classes de métodos para a avaliação da estabilidade transitória de um Sistema Eléctrico de Energia (Ferreira, 2005)	30
Tabela 3.1.1 Parque produtor hidroeléctrico (EDM , 2018)	31
Tabela 3.1.2 Parque produtor termoeléctrico (EDM , 2018)	32
Tabela 3.2.1 Comprimento das linhas (em km) instaladas na RNT nos diferentes níveis de tensão.....	36
Tabela 3.2.2 Principais Características dos compensadores	38
Tabela 3.3.1 Resultados de trânsito de potências.....	41
Tabela 3.3.2 Nível de carregamento das Linhas e Transformadores	42

CAPÍTULO 1

DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA DISSERTAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

As sociedades modernas são cada vez mais dependentes da energia eléctrica, pelo que actualmente, os Sistemas Eléctricos de Energia (SEE) são extraordinariamente complexos, de modo a garantir que os consumos possam ser feitos com uma elevada qualidade e continuidade de serviço com as características de tensão e frequência dentro dos valores contratuais. Isto significa que a tensão e a frequência, embora possam variar, têm que ser mantidas dentro de valores apertados de tolerância, para que os equipamentos possam funcionar de maneira satisfatória.

Numa rede de energia eléctrica de corrente alternada, todos os geradores a ela ligados operam em sincronismo, o qual é assegurado por forças electromagnéticas. O regime estacionário é caracterizado pelo equilíbrio, em cada gerador, entre a potência mecânica fornecida pela máquina motriz e a potência eléctrica fornecida pela rede (acrescidas de perdas), pelo que o rotor roda com velocidade constante (Paiva, 2011). Entretanto, uma perturbação decorrente de um curto-circuito ou perda de uma unidade geradora, dá lugar a um regime transitório durante o qual o ângulo e a velocidade angular do rotor, medidos em relação a uma referência síncrona, experimenta oscilações de tal modo que se o ângulo do rotor exceder um valor crítico, a máquina perde o sincronismo com a rede, sendo desligada por actuação das protecções ou em circunstâncias extremas, colapso total do sistema (Paiva, 2011).

Portanto, o estudo da estabilidade transitória é um dos aspectos importantes a considerar na exploração do sistema de energia eléctrica (SEE), pois permite conhecer o comportamento dinâmico das máquinas síncronas após a ocorrência de uma perturbação ou contingência.

Nesse âmbito, no presente trabalho pretende-se analisar a estabilidade transitória da rede de transporte sul operada pela empresa Electricidade de Moçambique, EP, bem como propor medidas de controlo preventivo com vista a melhorar o índice de estabilidade da rede.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A robustez de um Sistema Eléctrico de Energia SEE é medida pela capacidade do sistema funcionar numa situação de equilíbrio em condições normais e de perturbação. Os estudos de estabilidade analisam o comportamento do sistema aquando da ocorrência de alterações bruscas do sistema ou da produção, bem como aquando da ocorrência de curto-circuitos nas linhas de transmissão. Portanto, o sistema é dito estável se após a ocorrência destas perturbações continuar a funcionar em sincronismo (Barbosa, 2013).

A rede de transporte sul tem registado nos últimos anos um crescimento substancial, devido à entrada de novas unidades de produção de energia eléctrica, tais como a Central Térmica de Ciclo Combinado de Maputo (CTM), Central Térmica de Ressano Garcia (CTRG) e muito brevemente, a Central Térmica de Temane (CTT). Para além deste crescimento, o País tem sido assolado constantemente por desastres naturais, como sejam, tempestades tropicais e ciclones que podem destruir infraestruturas de geração, transporte e distribuição de energia eléctrica.

Na sequência de tais eventos, se o operador e/ou sistemas automáticos de controlo e protecção não actuarem correctamente, podem ocorrer situações de instabilidade causando oscilações do ângulo e velocidade angular do rotor das unidades geradoras de tal forma que se a amplitude da oscilação exceder um valor crítico, a máquina perde o sincronismo com a rede, sendo desligada por actuação das protecções separando a rede interligada em ilhas eléctricas no seio das quais existe normalmente um desequilíbrio entre a geração e o consumo que conduz a variações acentuadas de frequência. Com défice de geração, pode desencadear-se um processo que leva ao colapso total do sistema (apagão ou *blackout*). Deste modo, o presente estudo pretende responder a seguinte questão: Qual é o índice de estabilidade da rede de transporte sul operada pela empresa Electricidade de Moçambique, EP?

1.3 JUSTIFICATIVA

Na exploração de um Sistema Eléctrico de Energia (SEE) é imperioso garantir a capacidade do sistema alimentar as cargas de forma contínua e com qualidade de serviço, ou seja, com as características de tensão e frequência dentro dos valores contractuais. Isto significa que a tensão e a frequência, embora possam variar, têm que ser mantidas dentro de valores apertados de tolerância, para que os equipamentos dos

consumidores possam funcionar de maneira satisfatória. Portanto, os centros de controlo devem monitorar o estado do sistema eléctrico de modo que tal objectivo seja atingido.

Deste modo, com o estudo pretende-se analisar o índice de estabilidade da rede de transporte aquando da ocorrência de alterações bruscas do sistema, da produção bem como da ocorrência de curto-circuitos nas linhas de transmissão. A realização do mesmo é de interesse das empresas concessionárias de energia eléctrica, e do público em geral, pois pretende avaliar o índice de estabilidade da rede de transporte bem como, propor medidas de controlo preventivo com vista a aprimorar a estabilidade da rede.

1.4 OBJECTIVOS

1.4.1 Objectivo Geral

- Analisar a estabilidade transitória da rede de transporte – sul no período de 2022/23

1.4.2 Objectivos Específicos

- Caracterizar a rede de transporte sul.
- Avaliar a estabilidade transitória da rede de transporte sul aquando da ocorrência de contingências.
- Discutir os resultados obtidos da análise de estabilidade.
- Propor medidas de controlo preventivo eficientes.

1.5 METODOLOGIA

Para a elaboração do relatório serão aplicadas metodologias classificadas nas seguintes categorias segundo Oliveira 2011:

- **Quanto aos objectivos da pesquisa: pesquisa exploratória**

A pesquisa exploratória tem como objectivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.

- **Quanto à escolha do objecto de estudo: estudo de caso único**

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo dos factos objectos de investigação, permitindo um amplo e pormenorizado conhecimento da realidade e dos fenômenos pesquisados.

- **Quanto à técnica de colecta de dados:**

I. Pesquisa documental

A pesquisa documental consiste na colecta de dados em fontes primárias, como documentos escritos, pertencentes a arquivos públicos, arquivos particulares de instituições, e fontes estatísticas.

II. Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos.

- **Quanto à técnica de análise de dados:**

I. Simulação: uso de ferramentas computacionais (*Power World Simulator – PWS*) para obtenção de respostas rápidas e precisas sobre o fenómeno em estudo.

II. Interpretação: verificação das relações entre as variáveis em estudo, a fim de aprofundar os conhecimentos sobre o fenómeno.

CAPÍTULO 2

ESTABILIDADE DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA

A segurança do sistema envolve um vasto conjunto de subproblemas, que podem ser enquadrados em dois níveis: a segurança do funcionamento em regime estacionário, associada ao comportamento da rede face à saída de serviço de alguns componentes e a segurança do funcionamento dinâmico do sistema, associada com problemas de estabilidade (N. Hatziargyriou, 2021). Apesar de todas as precauções tomadas aquando do planeamento e concepção de um sistema eléctrico de energia, a ocorrência de algumas contingências pode conduzir a situações de perda total ou parcial do sistema (Ferreira, 2005).

De entre os múltiplos eventos que podem provocar o colapso da rede, salientam-se o aumento súbito da carga numa ou em várias linhas de interligação, produção insuficiente de energia reactiva, podendo provocar a degradação do plano de tensão, produção deficitária de energia activa originada pela saída de serviço de uma unidade do sistema electroprodutor, que se traduz na queda do valor da frequência. Todos estes fenómenos, directa ou indirectamente, conduzem a problemas de estabilidade na rede eléctrica (Barbosa, 2013).

A estabilidade de um Sistema de Eléctrico Energia (SEE) pode definir-se, em termos gerais, como a sua capacidade de regressar a um regime de funcionamento estacionário após ter sido sujeito a uma perturbação (Paiva, 2011).

De acordo com as características da perturbação e do intervalo de tempo considerado, é usual dividir os estudos de estabilidade em três tipos: estabilidade estática, transitória e de longo termo (Ferreira, 2005).

Nos estudos de estabilidade estática é analisado o comportamento do sistema após a ocorrência de pequenas perturbações associadas fundamentalmente à variação dos níveis de carga. O SEE apresenta estabilidade estática se, após a perturbação evoluir para um ponto de funcionamento próximo do anterior. A análise deste tipo de estabilidade pode ser realizada através da linearização das equações de funcionamento do sistema em torno do ponto de operação inicial (Ferreira, 2005).

Os estudos de estabilidade transitória analisam o comportamento do sistema durante os primeiros segundos, após a ocorrência de grandes perturbações. O sistema considera-se transitoriamente estável para uma determinada repartição de cargas se, após a ocorrência de uma contingência importante, se mantiver em sincronismo, evoluindo para um ponto de funcionamento caracterizado por ser estacionariamente estável (Ferreira, 2005).

A estabilidade de longo termo estuda o comportamento dinâmico do sistema durante períodos de grande duração após a ocorrência de pequenas perturbações. Este tipo de problemas pode ser analisado quer no domínio temporal quer no domínio de frequência (Ferreira, 2005).

Para o desenvolvimento de métodos de análise e dos respectivos algoritmos é necessária a segmentação do problema em estudo de acordo com tipo e amplitude da perturbação, as variáveis necessárias, as ferramentas matemáticas, o período sob análise e as acções de controlo correctivo a implementar (Ferreira, 2005). Actualmente, por razões metodológicas, o problema de análise de estabilidade de um SEE divide em três grandes classes conforme se ilustra na Figura 1.5.1 (N. Hatziaargyriou, 2021).

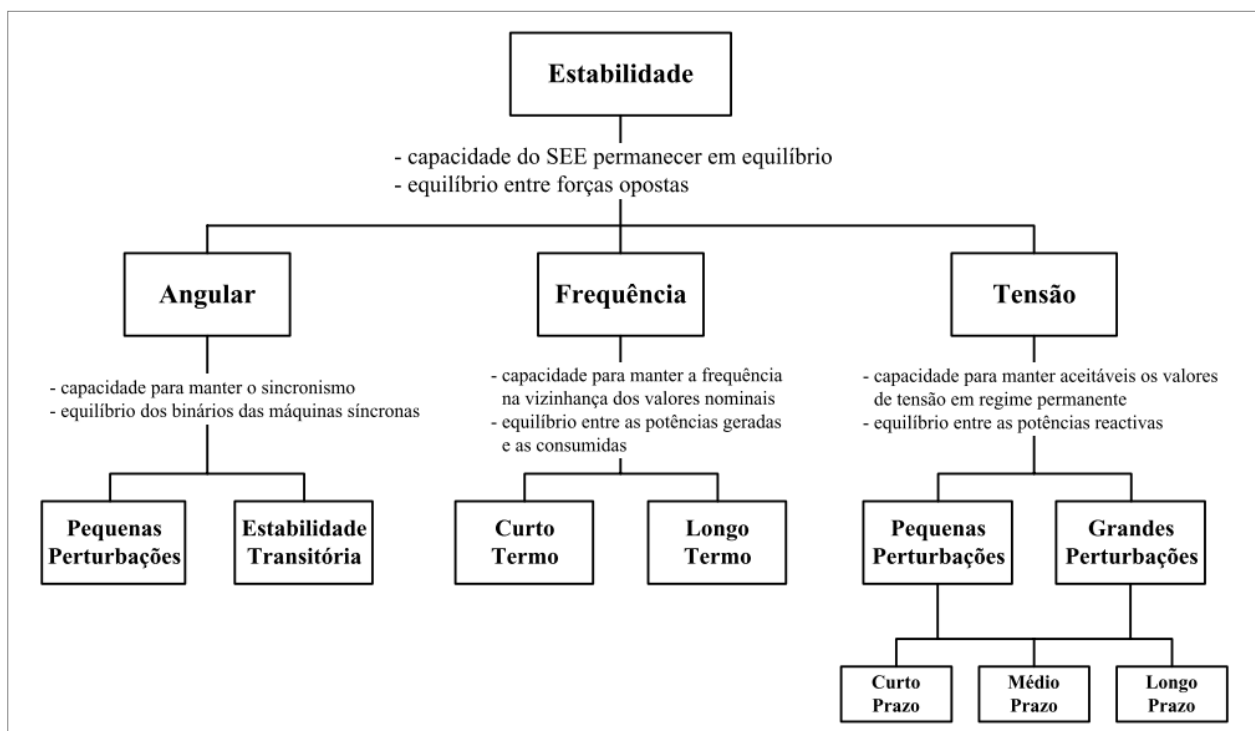


Figura 1.5.1 – Classificação dos diferentes tipos de estabilidade nos SEE (N. Hatziaargyriou, 2021).

2.1 MODELAGEM DO SISTEMA ELÉTRICO DE ENERGIA

Para estudos de estabilidade estática, as máquinas são descritas por um conjunto de equações diferenciais linearizadas em torno do ponto de funcionamento em regime estacionário. A seguir, serão estudados os modelos dos diversos componentes do sistema (máquinas síncronas, linhas, transformadores e cargas), bem como o modelo global da rede (Paiva, 2011).

2.1.1 Máquina Síncrona

A máquina síncrona será modelada tendo em conta separadamente as suas componentes mecânica e eléctrica. A parte mecânica inclui a equação de oscilação, a regulação de velocidade e o comportamento da máquina primária. Na parte eléctrica é incluído o alternador e o regulador automático de tensão (*Automatic Voltage Regulator - AVR*) (Ferreira, 2005).

A equação de oscilação de uma determinada máquina síncrona i pode ser representada pela equação diferencial de segunda ordem:

$$M_i \frac{d^2 \delta_i}{dt^2} + D_i \frac{d\delta_i}{dt} = P_{ac_i} \quad (2.1)$$

Onde:

M_i – Coeficiente de inércia

δ_i – Ângulo rotórico

t – Tempo

D_i – Coeficiente de amortecimento

P_{ac_i} – Potência de aceleração

Sendo

$$M_i = \frac{H_i}{\pi f} \quad (2.2)$$

$$P_{ac_i} = P_{mec_i} - P_{elec_i} \quad (2.3)$$

A equação diferencial de segunda ordem (2.1) pode ser escrita como duas equações diferenciais de primeira ordem:

$$\frac{d\delta_i}{dt} = \omega_i - \omega_s \quad (2.4)$$

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{1}{M_i} [(P_{mec_i} - P_{elec_i}) - D_i(\omega_i - \omega_s)] \quad (2.5)$$

Com

ω_i – Velocidade angular da máquina síncrona i

ω_s – Velocidade angular síncrona

Nos estudos de estabilidade transitória despreza-se, habitualmente, o efeito dos amortecimentos mecânicos, D_i bem como as variações das constantes de inércia, provocados pela alteração das velocidades angulares das máquinas (Paiva, 2011).

Antes da ocorrência de qualquer contingência, considera-se que a máquina está a funcionar em regime estacionário. No caso dos geradores, a potência mecânica fornecida pela turbina é igual à potência eléctrica e a máquina opera à velocidade síncrona. As variações na potência da turbina são inteiramente dependentes das acções de controlo iniciadas pelo controlador carga-frequência (Kundur, 1994).

No caso de se desprezar o efeito da acção dos reguladores de velocidade das turbinas, admite-se que a sua resposta, após a ocorrência de uma perturbação não é suficientemente rápida, assumindo-se que a potência mecânica será constante durante todo o período em análise (Ferreira, 2005).

Para se representar electricamente a máquina síncrona, recorre-se normalmente à transformação de Park. Nesta formulação, convertem-se os três enrolamentos do estator em dois enrolamentos fictícios equivalentes, representados nos eixos directo (d) em quadratura (q), que se movem em sincronismo, sendo todas as grandezas da máquina então referidas a estes eixos (d e q). Na ilustra-se Figura 2.1.1 o diagrama esquemático em corte da máquina síncrona de polos salientes constituída por um par de polos (Kundur, 1994).

As componentes dos fasores, segundo a referência da máquina, correspondem às projecções nos eixos directo e em quadratura e as componentes dos fasores segundo a referência da rede, são as projecções nos eixos real e imaginário do sistema (Ferreira, 2005).

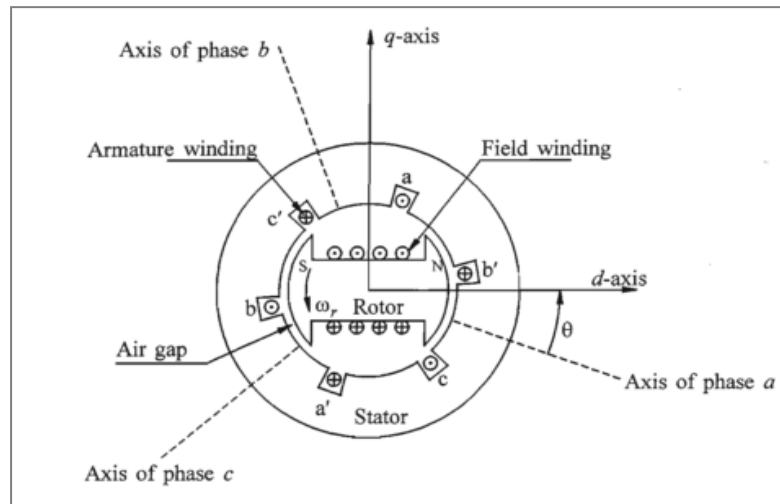


Figura 2.1.1 Diagrama esquemático da máquina síncrona (Kundur, 1994).

Para a máquina síncrona i as equações diferenciais que descrevem o comportamento dinâmico das forças electromotrizes são dadas por:

$$\frac{dE'_q}{dt} = \frac{1}{T'_{do}} [E_{fd} - (X_d - X'_d)I_d - E'_q] \quad (2.6)$$

$$\frac{dE'_d}{dt} = \frac{1}{T'_{qo}} [(X_q - X'_q)I_q - E'_d] \quad (2.7)$$

Onde:

E_{fd} – Tensão de saída do sistema de excitação

E'_d – Força electromotriz correspondente ao eixo directo

E'_q – Força electromotriz correspondente ao eixo em quadratura

I_d – Intensidade de corrente eléctrica no estator segundo o eixo directo

I_q – Intensidade de corrente eléctrica no estator segundo o eixo em quadratura

T'_{do} – Constante de tempo em circuito aberto do eixo directo

T'_{qo} – Constante de tempo em circuito aberto do eixo em quadratura

X_d – Reactância de eixo directo síncrona

X'_d – Reactância de eixo directo transitória

X_q – Reactância de eixo em quadratura síncrona

X'_q – Reactância de eixo em quadratura transitória

Para se estabelecer o modelo da máquina síncrona devem ser associadas às equações diferenciais (2.6) e (2.7) as seguintes equações algébricas que traduzem as relações entre as grandezas fasoriais representadas na Figura 2.1.2.

$$E'_q - V_q = R_a I_q + X'_d I_d \quad (2.8)$$

$$E'_d - V_d = R_a I_d - X'_q I_q \quad (2.9)$$

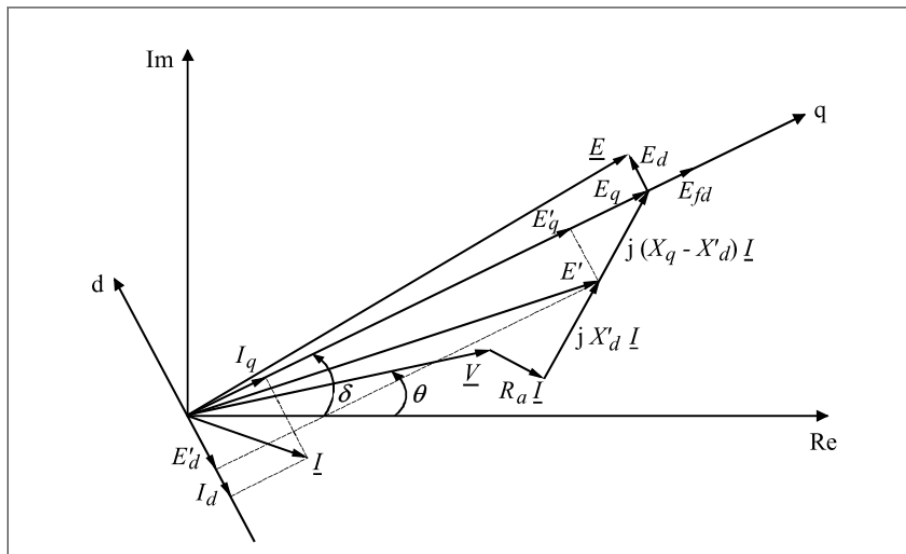


Figura 2.1.2 Diagrama de fasores da máquina síncrona no período transitório (Ferreira, 2005).

O modelo completo do gerador em regime transitório, para além das equações electromecânicas, inclui as equações electromagnéticas, o sistema de regulação de tensão (incluído a excitação) e o sistema de regulação de velocidade (incluindo a turbina), tal como se apresenta esquematicamente na Figura 2.1.3.

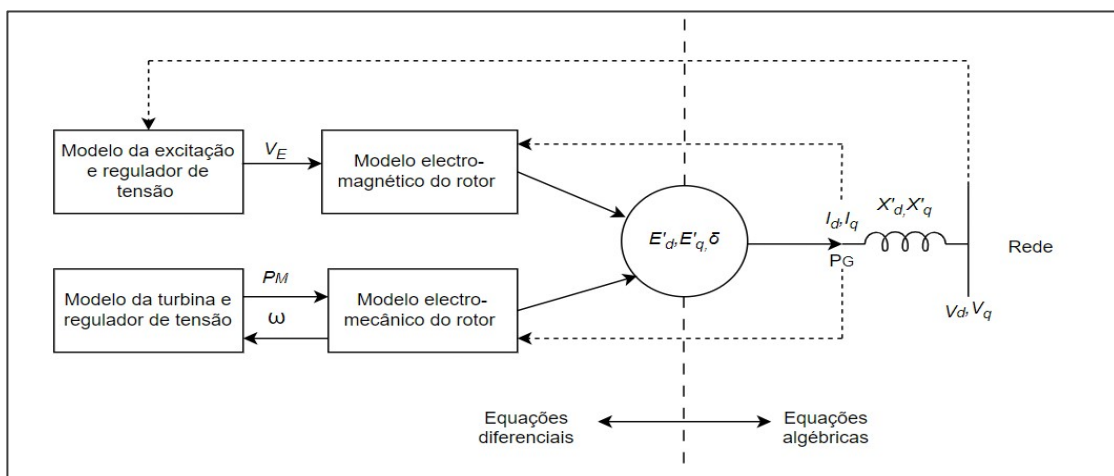


Figura 2.1.3 Modelo funcional do gerador síncrono em regime transitório (Paiva, 2011)

Para a rede em estudo foram usados os modelos da máquina síncrona, excitação e regulador de tensão recomendados pela norma IEEE 421.5-1992 cujos parâmetros encontram-se nos Anexos 5 a 7 e os diagramas de bloco ilustrados abaixo.

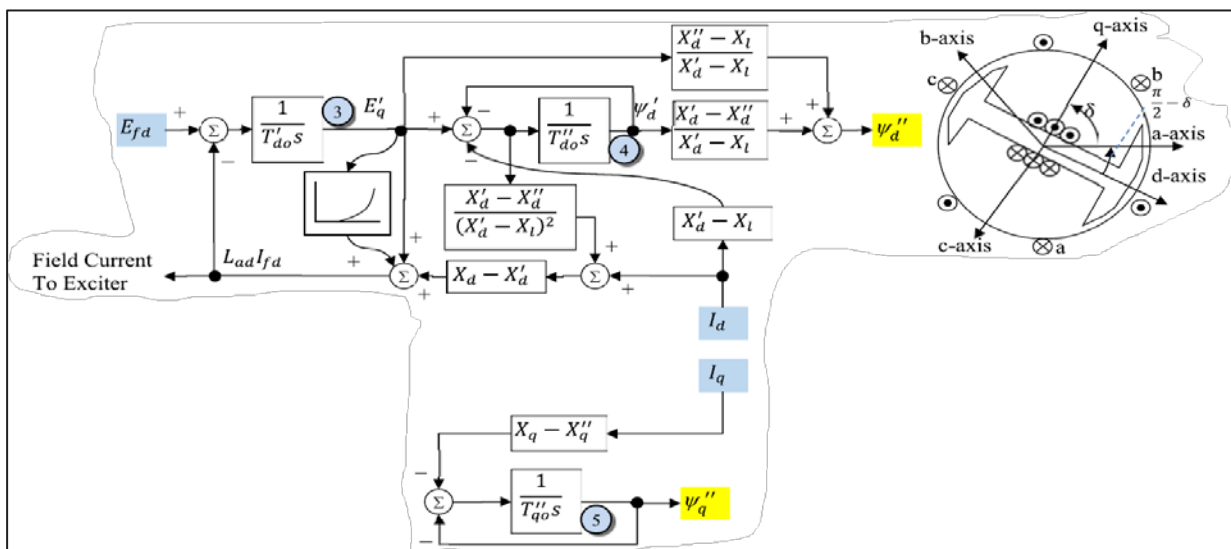


Figura 2.1.4 Modelo dinâmico da máquina síncrona de polos salientes (GENSAL)

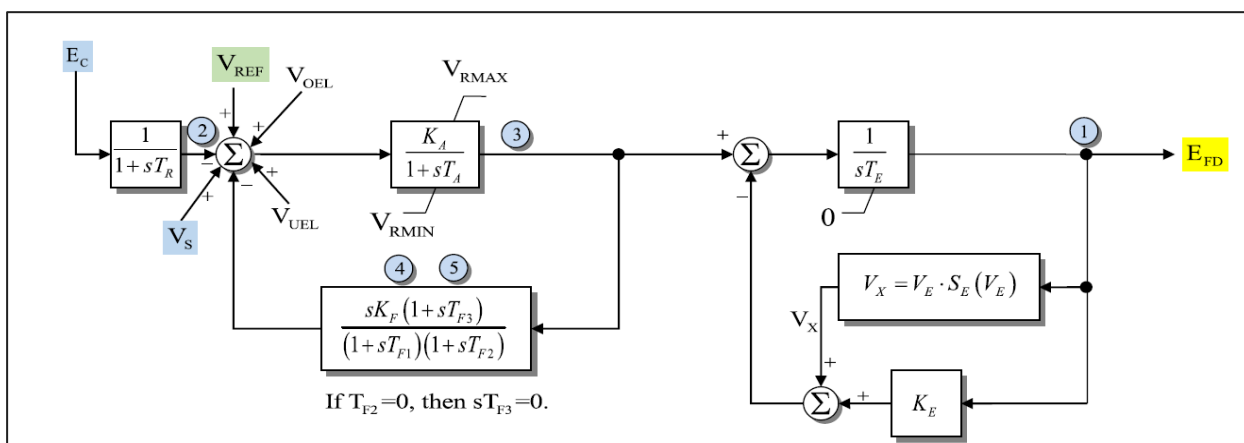


Figura 2.1.5 Modelo dinâmico de excitação (IEEE ESAC5A)

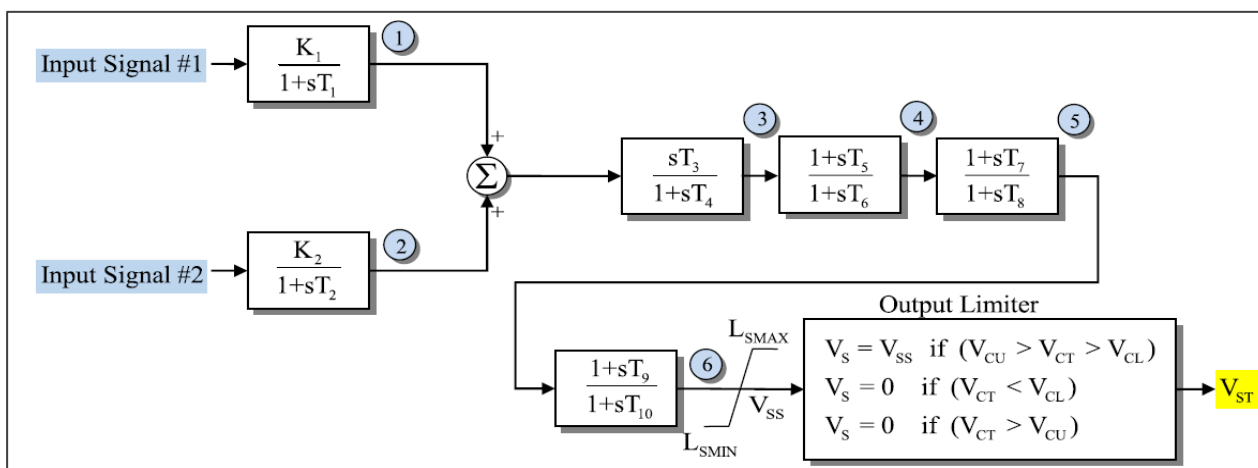


Figura 2.1.6 Modelo dinâmico do regulador de velocidade (IEE2ST)

2.1.2 Linhas

Nos estudos dos Sistemas Eléctricos de Energia, em que a frequência se mantém praticamente constante, as linhas aéreas ou cabos subterrâneos, podem ser modelados através de esquemas com parâmetros concentrados. Normalmente prefere-se o modelo em π conforme ilustra a Figura 2.1.7 (Ferreira, 2005).

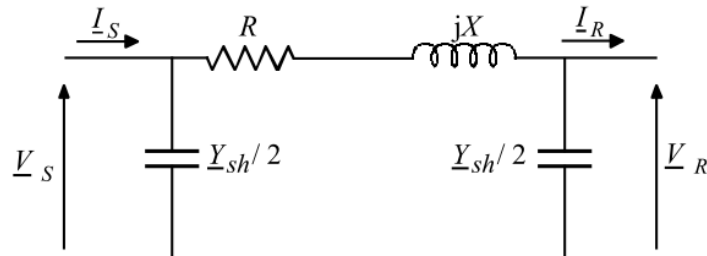


Figura 2.1.7 Esquema equivalente de uma linha (Ferreira, 2005)

No esquema equivalente de uma linha tem-se:

\bar{V}_S - Tensão na emissão

\bar{I}_S - Intensidade de corrente eléctrica na emissão

\bar{V}_R - Tensão na recepção

\bar{I}_R - Intensidade de corrente eléctrica na recepção

R - Resistência série do condutor

X - Reactância série do condutor

\bar{Y}_{sh} - Admitância transversal da linha

2.1.3 Transformadores

Os transformadores mais utilizados nos Sistemas Eléctricos de Energia são os transformadores com dois enrolamentos por fase, transformadores com enrolamento terciário e transformadores com tomadas de regulação (Ferreira, 2005). No regime de funcionamento equilibrado, um transformador trifásico, pode ser representado pelo circuito equivalente representado na Figura 2.1.8.

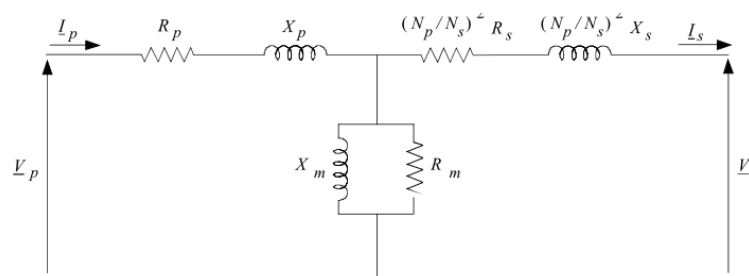


Figura 2.1.8 Circuito equivalente de um transformador (Ferreira, 2005)

No esquema equivalente de um transformador:

\bar{V}_p – Tensão no enrolamento primário

\bar{I}_p – Intensidade de corrente eléctrica no enrolamento primário

\bar{V}_s – Tensão no enrolamento secundário

\bar{I}_s – Intensidade de corrente eléctrica no enrolamento secundário

N_p – Número de espiras do enrolamento primário

N_s – Número de espiras do enrolamento secundário

R_m – Resistência de magnetização

X_m – Reactância de magnetização

2.1.4 Cargas

Para se modelar com precisão aceitável, a enorme variedade de dispositivos eléctricos utilizados pelos consumidores, é comum definirem-se diferentes tipos de cargas. As expressões seguintes traduzem, de uma forma genérica, o comportamento de uma carga ligada a um barramento i em função da tensão (Ferreira, 2005).

$$P_{L_i} = P_{L_{i0}} \left(\frac{V_i}{V_{i0}} \right)^{n_{pi}} \quad (2.10)$$

$$Q_{L_i} = Q_{L_{i0}} + \left(\frac{V_i}{V_{i0}} \right)^{n_{qi}} \quad (2.11)$$

Onde

\bar{P}_{L_i} – potência activa da carga ligada ao barramento i

$\bar{P}_{L_{i0}}$ – valor inicial da potência activa da carga ligada ao barramento i

\bar{V}_i - módulo da tensão no barramento i

\bar{V}_{i0} - valor inicial do módulo da tensão no barramento i

\bar{Q}_{L_i} - potência reactiva da carga ligada ao barramento i

$\bar{Q}_{L_{i0}}$ – valor inicial da potência reactiva da carga ligada ao barramento i

n_{pi} – parâmetro da carga, associado à potência activa, relativo à tensão

n_{qi} – parâmetro da carga, associado à potência reactiva, relativo à tensão

Os valores iniciais são obtidos pelo estudo do trânsito de potências que precede a análise da estabilidade transitória. Os parâmetros que traduzem a dependência da tensão (n_{pi} e n_{qi}) conduzem a três tipos de modelos para as cargas comumente utilizados, conforme os valores que assumem: potência constante ($n_p = n_q = 0$) corrente constante ($n_p = n_q = 1$) e impedância constante ($n_p = n_q = 2$). A representação das cargas de um modelo polinomial permite combinar as características anteriormente referidas (Ferreira, 2005):

$$P_{L_i} = P_{L_{io}} \left[p_1 \left(\frac{V_i}{V_{io}} \right)^2 + p_2 \left(\frac{V_i}{V_{io}} \right) + p_3 \right] \quad (2.12)$$

$$Q_{L_i} = Q_{L_{io}} \left[q_1 \left(\frac{V_i}{V_{io}} \right)^2 + q_2 \left(\frac{V_i}{V_{io}} \right) + q_3 \right] \quad (2.13)$$

Os coeficientes p e q representam a proporção em que cada um dos três contribui para a função polinomial. Os valores recomendados para os parâmetros assumidos nos modelos descritos encontram-se especificados na publicação do IEEE (Price W., 1993).

A obtenção de um esquema equivalente das diferentes cargas, que permita descrever o seu comportamento dinâmico, é uma tarefa complexa. Por isso, é comum, recorrer-se a modelos simples, em que as cargas são representadas por uma admitância constante (Ferreira, 2005):

$$\overline{Y}_{L_i} = G_{L_i} + jB_{L_i} = \frac{P_{L_i} - jQ_{L_i}}{V_i^2} \quad (2.14)$$

Com

\overline{Y}_{L_i} - admitância da carga ligada ao barramento i

G_{L_i} - condutância referente à carga ligada ao barramento i

B_{L_i} - susceptância referente à carga ligada ao barramento i

Este modelo não tem em conta as variações da frequência na rede nem as perturbações da tensão terminal da carga. No entanto, esta representação é suficientemente precisa durante o período de defeito, visto que a influência da redução da tensão na potência absorvida é muito superior ao efeito da variação da frequência. No período pós-defeito esta modelagem é menos precisa, pois a influência da variação da frequência na potência absorvida não pode ser desprezada face à influência das oscilações de tensão (Ferreira, 2005).

2.1.5 Simulação dos diferentes tipos de contingências

No estudo de estabilidade transitória de um Sistema Eléctrico de Energia, os curto-circuitos são normalmente considerados simétricos, embora os defeitos assimétricos ocorram com maior frequência. Para se simularem os diversos tipos de curto-circuitos assimétricos (fase-terra, fase-fase e fase-fase-terra) ter-se-á de introduzir, convenientemente, as correspondentes impedâncias inversas e homopolares no esquema directo da rede (Ferreira, 2005).

Na tabela Tabela 2.1.1 apresentam-se as expressões que permitem calcular, para cada tipo de curto-circuito, a impedância de defeito efectiva Z_{ef} . As impedâncias inversa e homopolar da rede, vistas do ponto de defeito F, são representadas respectivamente por Z_- e Z_0 .

Tabela 2.1.1 Impedâncias de defeito efectivas (Ferreira, 2005)

Tipo de Defeito	Z_{ef}
Trifásico	0
Fase-terra	$Z_- + Z_0$
Fase-fase	Z_-
Fase-fase-terra	$\frac{Z_- Z_0}{Z_- + Z_0}$

No caso dos curto-circuitos fase-terra existem duas possibilidades para actuação das protecções. O defeito é isolado pela abertura de um único polo dos disjuntores correspondente à fase afectada ou a contingência é eliminada pela abertura simultânea dos três polos dos disjuntores situados nas extremidades da linha onde ocorreu o defeito. A abertura independente dos polos dos disjuntores requer o uso de mecanismos de actuação separados para cada fase do aparelho de protecção e um estudo pormenorizado da extinção do arco secundário. Esta estratégia de eliminação do defeito, devido ao binário inverso, produz um acréscimo na fadiga das lâminas das turbinas bem como nos veios dos alternadores (Ferreira, 2005).

2.2 MÉTODOS DE SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE UM SISTEMA ELÉCTRICO DE ENERGIA

Para um correcto planeamento e uma óptima exploração de um Sistema Eléctrico de Energia (SEE) é necessário efectuar complexos estudos de simulação e análise, suportados por poderosos meios computacionais. O estudo de estabilidade transitória permite simular e analisar o comportamento dinâmico do sistema, aquando da ocorrência de grandes perturbações, como por exemplo curto-circuitos, súbita variação de carga ou saída de serviço de uma linha de interligação ou de um grupo gerador de potência significativa (Ferreira, 2005).

Para se proceder ao estudo de estabilidade transitória é necessário conhecer previamente o estado do Sistema Eléctrico. Esta informação é conseguida com um estudo de trânsito de potências ou pelos resultados fornecidos por um programa de estimação de estado. A partir dos resultados produzidos é possível conhecer os tempos de actuação das protecções, que garantam que os geradores se mantenham em sincronismo, após a ocorrência de qualquer uma das perturbações anteriormente referidas (Ferreira, 2005).

A seguir, descrevem-se sucintamente alguns dos métodos e técnicas de simulação usados na resolução do problema de estabilidade transitória dos Sistemas Eléctricos de Energia. Começa-se por descrever os métodos de integração numérica, bem como as formulações directas. Posteriormente, apresentam-se os métodos híbridos. Finalmente é efectuada uma análise comparativa das diferentes metodologias apresentadas.

2.2.1 Métodos de Integração numérica

O problema da simulação dinâmica de um Sistema Eléctrico de Energia tem por base a resolução de um sistema de equações diferenciais e algébricas que descrevem a trajectória ao longo do tempo das variáveis de estado. Tradicionalmente, utilizam-se métodos de integração numérica no domínio do tempo para se obter a solução deste problema. A técnica utilizada consiste em transformar o sistema de equações diferenciais ordinárias num conjunto de equações algébricas de diferenças. Estas são associadas ao sistema de equações algébricas originais que descrevem o comportamento da rede eléctrica, constituindo o modelo numérico, que será resolvido no domínio do tempo durante o período previamente especificado.

O método de integração numérica utilizado para resolver o modelo que apresenta o comportamento dinâmico de um Sistema Eléctrico de Energia, deve satisfazer as seguintes características (Ferreira, 2005):

- *Exactidão na obtenção dos resultados* – o modelo adoptado para resolver o sistema de equações deve fornecer resultados suficientemente precisos, para que a resposta obtida pela simulação seja mais próxima possível do comportamento real do SEE. Em estudos de estabilidade transitória é habitual medir o erro da simulação computacional através do máximo desvio dos ângulos rotóricos das máquinas síncronas;
- *Robustez* – o método utilizado para resolver o conjunto de equações deve ser robusto, permitindo que qualquer perturbação ou fenómeno real na rede possa ser reproduzido durante a simulação sem que isto conduza a problemas de estabilidade numérica ou de exactidão dos resultados;
- *Eficiência computacional* – o método utilizado deve ser eficiente para que possa ser usado em estudos de estabilidade transitória em tempo real no caso de redes eléctricas de pequena dimensão ou combinado com outras formulações para sistemas de média e grande dimensão.

2.2.2 Métodos Directos

O estudo de estabilidade transitória com base nos métodos de integração numérica necessita de elevados tempos de computação, pelo que tais métodos não são aplicáveis em estudos efectuados em ambiente de tempo real, neste caso, pode-se utilizar métodos directos para o controlo preventivo e de emergência (Ferreira, 2005).

A primeira formulação directa usada no estudo e análise do comportamento dinâmico de um Sistema Eléctrico de Energia baseava-se nos conceitos matemáticos do segundo teorema de Lyapunov. A partir do método de Lyapunov novas formulações foram desenvolvidas, entre as quais se destacam a função de energia transitória (*TEF*), a superfície limite de energia potencial (*PEBS*) e o método do ponto de equilíbrio instável de controlo (*BCU*). Foram também desenvolvidos métodos baseados em considerações energéticas, directamente ligadas com a generalização do critério das áreas iguais (Ferreira, 2005).

Nesta classe de métodos as simulações no domínio do tempo confinam-se ao período de permanência do defeito no sistema, enquanto na determinação dos limites de estabilidade transitória reduzem drasticamente o número de simulações. Apesar da

sua eficiência computacional, os métodos directos são poucos robustos em situações de operação específicas, particularmente quando os sistemas operam na vizinhança dos seus limites de funcionamento (Ferreira, 2005).

2.2.2.1 Método de Lyapunov

O método de Lyapunov considera que um sistema físico é estável desde que a energia total se mantenha continuamente decrescente no tempo. Assim se a derivada temporal da energia $E(x)$ de um dado sistema for negativa para qualquer possível estado x , com excepção do(s) ponto(s) de equilíbrio x_e , então a energia decrescerá continuamente com o tempo, até atingir o seu valor mínimo $E(x_e)$ (Vu & Turitsyn, 2016).

A função de energia $E(x)$ é normalmente substituída pela função de Lyapunov $V(x)$. Para que a partir da função escalar $V(x)$ se possa concluir que o sistema é estável, após a ocorrência de uma perturbação, ter-se-ão de verificar as seguintes condições (Sauer & Pai, 2006):

- A função $V(x)$ é definida positiva, excepto para $x = x_e$ em que assume o valor zero;
- A derivada em ordem ao tempo da função $V(x)$ é semi-definida negativa, excepto para $x = x_e$ em que se anula.

No caso de $V(x)$ se definida negativa então o comportamento dinâmico do sistema é assintoticamente estável.

A função de Lyapunov $V(x)$ de um Sistema Eléctrico de Energia é formada por duas componentes, estando uma associada à energia cinética e outra à energia potencial. A estabilidade ou instabilidade de um sistema, utilizando o método directo de Lyapunov envolve três fases distintas (Sauer & Pai, 2006):

- Construção de uma função escalar para a configuração pós-defeito do sistema;
- Determinação de uma região de estabilidade em torno de um ponto estável da configuração pós-defeito;
- Verificação da estabilidade através da integração das equações do modelo matemático do sistema durante o período de defeito, calculando o valor da função de energia nesse ponto.

Se o valor da energia no momento de eliminação do defeito for menor ou igual ao valor da função no ponto crítico o sistema é considerado estável, caso contrário o sistema é

instável. Esta metodologia pode ser usada em formulações que tenha por base funções de energia do tipo Lyapunov (Vu & Turitsyn, 2016).

A grande vantagem deste método, bem como de todas as restantes formulações directas é não ser necessário conhecer explicitamente, no período pós-defeito, a evolução temporal dos ângulos rotóricos nem das velocidades angulares dos geradores para poder concluir se o sistema é ou não estável. A análise da estabilidade de Sistemas Eléctricos de Energia de grande dimensão, e em particular a determinação de todos os pontos singulares do sistema de equações que descreve o modelo, poderá, no entanto, apresentar alguns problemas na determinação da solução. Outra grande dificuldade da aplicação deste método directo a sistemas físicos consiste na falta de procedimentos formais e sistemáticos para se estabelecer a função de Lyapunov a partir das equações diferenciais que descrevem o comportamento dinâmico dum sistema, particularmente quando apresentam não-linearidades, como é o caso de um SEE (Vu & Turitsyn, 2016).

2.2.2.2 Método das áreas iguais generalizado

Num sistema constituído por uma máquina síncrona, ligada a um barramento de potência infinita, é possível estudar a estabilidade em regime transitório, por um critério extremamente simples, sem haver necessidade de recorrer à resolução numérica da equação da máquina síncrona. Este critério, designado por critério das áreas iguais é extremamente importante, porque não só permite compreender como alguns factores influenciam a estabilidade do sistema como, em muitos casos é possível reduzir um sistema a um sistema equivalente constituído por uma máquina síncrona ligada a um barramento de potência infinita, podendo assim ser analisado utilizando o método das áreas iguais (Ferreira, 2005).

O método das áreas iguais generalizado procura melhorar as vantagens dos métodos directos (para sistemas multimáquinas), adoptando para esse efeito expressões analíticas simples e efectuando uma análise ultra-rápida. Permite também obter índices de sensibilidade para o controlo preventivo do sistema. Para tal, utiliza o critério das áreas iguais conjugado com as seguintes hipóteses (Ferreira, 1995):

- A perda de sincronismo de um sistema multimáquina, sempre que ocorre, conduz irrevogavelmente à separação das máquinas do sistema em dois grupos;

- A estabilidade pode ser avaliada considerando que as máquinas de cada grupo podem ser substituídas pelo seu centro de inércia parcial;
- A evolução temporal das duas máquinas equivalentes resultantes pode ser descrita através de séries de Taylor convenientemente truncadas.

O método pode ser dividido nos seguintes passos (Ferreira, 1995):

- 1) Para uma determinada contingência, divide-se o sistema multimáquina em dois subconjuntos: o grupo das máquinas críticas e o grupo das restantes máquinas;
- 2) Transformar os dois subconjuntos de máquinas em duas máquinas equivalentes, usando o respectivo centro de inércia;
- 3) Reduzir estas duas máquinas ao caso de uma máquina ligada a um barramento infinito;
- 4) Aplicar o método das áreas iguais ao sistema obtido em (3), o que permite calcular o tempo crítico de actuação das protecções e as margens de estabilidade transitória;
- 5) Usar as séries de Taylor convenientemente truncadas para obter expressões que permitam determinar as medidas de estabilidade indicadas acima.

Para que o método seja eficiente é necessário conhecer qual o grupo crítico de máquinas, o qual é determinado recorrendo a um método heurístico de ordenação das máquinas, como por exemplo, o critério das acelerações iniciais ou o critério misto. Este último combina a influência das acelerações iniciais com as distâncias eléctricas entre cada máquina e o local onde ocorreu a perturbação, nos períodos pré e pós-defeito. Na Figura 2.2.1 encontram-se representadas as principais fases do método das áreas iguais generalizado (Ferreira, 1995).

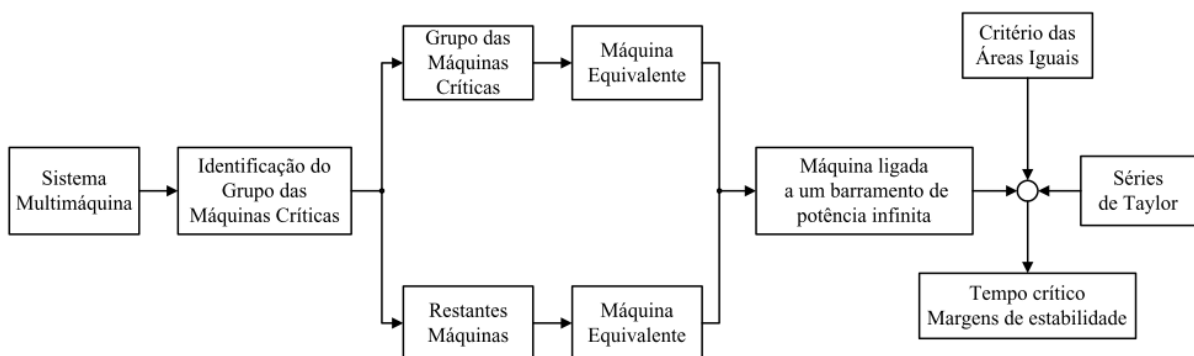


Figura 2.2.1 Principais fases do método das áreas iguais generalizado (Ferreira, 1995)

Um dos pontos importantes do método das áreas iguais generalizado consiste em subdividir o SEE em dois conjuntos: o conjunto das máquinas críticas **S** e o das restantes máquinas **A**. Assim supondo que esta divisão já foi estabelecida, cada conjunto é agregado de forma a obter-se uma máquina equivalente para cada um dos conjuntos. As máquinas equivalentes às do conjunto **S** e às do conjunto **A** são designadas respectivamente por **s** e por **a**. A obtenção dessas máquinas equivalentes é feita por um processo de agregação baseado no conceito de centro de inércia parcial (Ferreira, 2005).

O cálculo dos coeficientes de inércia das máquinas equivalentes é obtido a partir das seguintes expressões:

$$M_s = \sum_{k \in S} M_k \quad (2.15)$$

$$M_a = \sum_{j \in A} M_j \quad (2.16)$$

Sendo:

M_s - Coeficiente de inércia da máquina equivalente **s**

M_a - Coeficiente de inércia da máquina equivalente **a**

Aplicado a formulação do centro de inércia aos conjuntos **S** e **A**, obtém-se os ângulos das correspondentes máquinas equivalentes:

$$\delta_s = M_s^{-1} \sum_{k \in S} M_k \delta_k \quad (2.17)$$

$$\delta_a = M_a^{-1} \sum_{j \in A} M_j \delta_j \quad (2.18)$$

Com

δ_s - ângulo da máquina equivalente ao conjunto **S**

δ_a - ângulo da máquina equivalente ao conjunto **A**

Os desvios dos ângulos rotóricos de cada uma das máquinas em relação ao respectivo centro de inércia parcial, são calculados considerando as equações:

$$\xi_k = \delta_k - \delta_s \quad \text{com } k \in S \quad (2.19)$$

$$\zeta_j = \delta_j - \delta_a \text{ com } j \in \mathbf{A} \quad (2.20)$$

Sendo

ξ_k - Desvio do ângulo rotórico da máquina k em relação ao centro de inércia da máquina equivalente do conjunto **S**

δ_k - Ângulo rotórico da máquina k pertencente ao conjunto **S**

ζ_j - Desvio do ângulo rotórico da máquina j em relação ao centro de inércia da máquina equivalente do conjunto **A**

δ_j - ângulo rotórico da máquina equivalente j pertencente ao conjunto **A**

Para a máquina equivalente ao conjunto **S**, a correspondente equação de oscilação é definida pela expressão:

$$M_s \frac{d^2 \delta_s}{dt^2} = \sum_{k \in \mathbf{S}} P_{mk} - P_{ek} \quad (2.21)$$

Sendo

P_{mk} - Potência mecânica da máquina k pertencente ao conjunto **S**

P_{ek} - Potência eléctrica da máquina k pertencente ao conjunto **S**

A potência eléctrica da máquina k pertencente ao conjunto **S** é calculada pela equação

$$\begin{aligned} P_{ek} &= E_k^2 Y_{kk} \cos \theta_{kk} \\ &+ E_k \sum_{\substack{l \in \mathbf{S} \\ l \neq k}} E_l Y_{kl} \cos(\xi_k - \zeta_l - \theta_{kl}) \\ &+ E_k \sum_{j \in \mathbf{A}} E_j Y_{kj} \cos(\delta_s - \delta_a + \xi_k - \zeta_j - \theta_{kj}) \end{aligned} \quad (2.22)$$

Onde

E_k - Módulo da força electromotriz da máquina k pertencente ao conjunto **S**

Y_{kk} - Módulo da admitância própria do nó k referente à matriz de admitâncias de transferência

θ_{kk} - Argumento da admitância própria do nó k referente à matriz de admitâncias de transferência

E_l - Módulo da força electromotriz da máquina l pertencente ao conjunto **S**

E_j - Módulo da força electromotriz da máquina j pertencente ao conjunto **A**

Y_{kl} - Módulo da admitância mútua entre os nós k e l referente à matriz de admitância de transferência

θ_{kl} - Módulo da admitância mútua entre os nós k e l referente à matriz de admitância de transferência

Para a máquina do equivalente ao conjunto **A**, obtém-se expressões semelhantes às anteriores.

Reduzido o sistema multimáquina a duas máquinas síncronas equivalentes utiliza-se uma metodologia semelhante ao critério das áreas iguais. Assim, o ângulo rotórico da máquina resultante, equivalente às duas anteriores (**s** e **a**), é definido por:

$$\delta = \delta_s - \delta_a \quad (2.23)$$

As potências mecânica e eléctrica da máquina resultante, equivalente a todas as máquinas do sistema serão dadas por

$$P_m = M \left(M_s^{-1} \sum_{k \in S} P_{mk} - M_a^{-1} \sum_{j \in A} P_{mj} \right) \quad (2.24)$$

$$P_e = M \left(M_s^{-1} \sum_{k \in S} P_{ek} - M_a^{-1} \sum_{j \in A} P_{ej} \right) \quad (2.25)$$

Ou ainda

$$P_e = P_c + P_{m\acute{a}x} \sin(\delta - \nu) \quad (2.26)$$

Com

P_m - Potência mecânica da máquina equivalente ligada a um barramento de potência infinita

P_e - Potência eléctrica da máquina equivalente ligada a um barramento de potência infinita

M - Coeficiente de inércia da máquina equivalente ligada ao barramento de potência infinita

P_c - Componente constante da potência eléctrica (independente do ângulo δ)

$P_{m\acute{a}x}$ - Potência eléctrica máxima

ν - Desvio angular

O coeficiente M é obtido a partir da expressão

$$M = \frac{M_a M_s}{M_a + M_s} \quad (2.27)$$

A equação de oscilação da máquina ligada ao barramento de potência infinita será da pela expressão

$$M \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m - [P_c + P_{m\acute{a}x} \sin(\delta - \nu)] \quad (2.28)$$

Os valores P_c , $P_{m\acute{a}x}$ e ν são funções dos parâmetros do SEE, bem como, das características de cada uma das máquinas síncronas, sendo calculados a partir das equações

$$P_c = \frac{M_a}{M_T} \sum_{k \in S} \sum_{l \in S} g_{kl} \cos(\xi_k - \xi_l) - \frac{M_s}{M_T} \sum_{j \in A} \sum_{l \in A} g_{jl} \cos(\zeta_j - \zeta_l) \quad (2.29)$$

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{C^2 + D^2} \quad (2.30)$$

$$\nu = -\tan^{-1} \frac{C}{D} \quad (2.31)$$

Os parâmetros C , D , g_{ij} e b_{ij} são calculados através das expressões:

$$C = \sum_{k \in S} \sum_{j \in A} b_{kj} \sin(\xi_k - \zeta_j) + \frac{M_a - M_s}{M_T} \sum_{k \in S} \sum_{j \in A} g_{kj} \cos(\xi_k - \zeta_j) \quad (2.32)$$

$$D = \sum_{k \in S} \sum_{j \in A} b_{kj} \cos(\xi_k - \zeta_j) + \frac{M_a - M_s}{M_T} \sum_{k \in S} \sum_{j \in A} g_{kj} \sin(\xi_k - \zeta_j) \quad (2.33)$$

$$g_{ij} = E_i E_j G_{ij} = E_i E_j Y_{ij} \cos \theta_{ij} \quad (2.34)$$

$$b_{ij} = E_i E_j B_{ij} = E_i E_j Y_{ij} \sin \theta_{ij} \quad (2.35)$$

Uma análise das expressões anteriores permite concluir que, sendo os parâmetros P_c , $P_{m\acute{a}x}$ e ν função de ξ_k e de ζ_j , dependem do tempo. Na formulação estática do método das áreas iguais generalizado, admite-se que o ângulo rotórico da cada máquina síncrona do sistema é representado pelo ângulo da máquina equivalente ao respectivo conjunto. Neste caso os desvios dos ângulos rotóricos ξ_k e ζ_j serão nulos quaisquer que sejam os valores de k e j , isto é, $\delta_k = \delta_s$ e $\delta_j = \delta_a$ (Ferreira, 2005).

Esta hipótese, que conduz a uma simplificação do modelo, é válida, visto que as energias transitórias responsáveis pela eventual separação do sistema, são as que

existem entre dois centros de inércias parciais e não entre duas quaisquer máquinas da rede. Por outro lado, tratando-se de um método directo, a avaliação da estabilidade do sistema é feita com base na informação disponível no início do período pós-defeito, isto é, o conhecimento da evolução do sistema, somente até se atingir o tempo crítico e o respectivo ângulo (Ferreira, 2005).

Na Figura 2.2.2 mostram-se as curvas de potência eléctrica versus o ângulo rotórico equivalente para períodos de pré-defeito, P_eO , (só parcialmente representada), durante o defeito, P_eD , e pós-defeito P_eP . A avaliação de segurança do sistema é efectuada com boa margem de estabilidade transitória que é calculada a partir da equação:

$$\eta = A_{des} - A_{ace} \quad (2.36)$$

Para uma determinada contingência, o critério das áreas iguais estabelece que o sistema será estável sempre que $\eta > 0$, independentemente das condições relativas à eliminação do defeito.

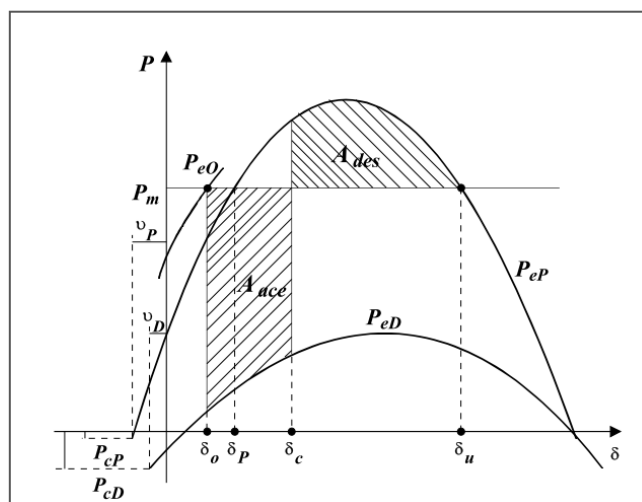


Figura 2.2.2 Representação gráfica do método das áreas iguais generalizado (Ferreira, 2005)

Na representação gráfica do critério das áreas iguais generalizado temos:

A_{ace} - área de aceleração

A_{des} - área de desaceleração

δ_0 - ângulo a máquina equivalente que caracteriza a situação de pré-defeito

δ_p - ângulo a máquina equivalente correspondente ao ponto de equilíbrio estável no período de pós-defeito

δ_c - ângulo crítico

δ_u – ângulo a máquina equivalente correspondente ao ponto de equilíbrio instável no período de pós-defeito

Para se determinar o tempo crítico, relativo a uma dada contingência a que corresponde um determinado conjunto de máquinas críticas, procede-se da seguinte forma:

- a) Calcula-se o ângulo crítico δ_c , utilizando a equação seguinte:

$$\delta_c = \delta_0 + \frac{1}{2}\gamma t^2 + \alpha\gamma \frac{t^4}{24} \quad (2.37)$$

Com

γ - aceleração inicial

α - factor de correcção do erro por truncatura na série de Taylor

- b) O tempo crítico é dado por

$$t_c = \sqrt{-\frac{6\gamma\alpha^{-1}}{\ddot{\gamma}} \pm \sqrt{\frac{36\gamma^2\alpha^{-2}}{\ddot{\gamma}^2} + \frac{24\alpha^{-1}}{\ddot{\gamma}} (\delta_c - \delta_0)}} \quad (2.38)$$

Atendendo que a equação (2.38) tem duas soluções, será escolhida para efeitos de análise de estabilidade transitória do sistema a que tiver menor valor numérico (Ferreira, 2005).

Na formulação dinâmica do método das áreas iguais generalizado os parâmetros do sistema são calculados várias vezes durante os períodos de defeito e pós-defeito, utilizando um processo de identificação das máquinas críticas diferente, baseado na análise da evolução temporal dos ângulos rotóricos das máquinas síncronas (Ferreira, 2005).

A trajectória do sistema é obtida através de séries de Taylor devidamente truncadas. Se para uma determinada contingência o SEE for instável, então as máquinas são ordenadas de ordem decrescente dos ângulos rotóricos no momento em que se iniciou a perda do sincronismo. Com base nesta lista são formados vários grupos, compostos pelas máquinas mais avançadas. O conjunto das máquinas críticas é aquele que apresentar o valor mais baixo para o tempo crítico de eliminação do defeito (Ferreira, 2005).

2.2.3 Métodos Híbridos

2.2.3.1 *Single Machine Equivalent (SIME)*

O método SIME, cuja designação resulta de *Single Machine Equivalent* é uma formulação híbrida para o estudo e análise da estabilidade transitória de um SEE, que utiliza o método directo das áreas iguais generalizado combinado com um de integração numérica no domínio do tempo. Ao contrário do método directo, que utiliza uma modelização clássica (simplificada) do sistema, o SIME tem em conta as variações no domínio do tempo dos parâmetros das máquinas (ângulos rotóricos, velocidades angulares, acelerações e potências), obtidos pelo programa de estabilidade transitória que lhe está acoplado. Por isso, esta formulação híbrida apresenta uma precisão idêntica à que é obtida utilizando-se separadamente o correspondente método de integração numérica (Ferreira, 2005).

À semelhança do método das áreas iguais generalizado, o SIME tem como base as seguintes hipóteses (Ferreira, 2005):

- Após a ocorrência de uma perturbação num sistema, independentemente do grau de complexidade desta, a perda de sincronismo de um SEE é produzida pela separação das máquinas em dois conjuntos;
- O mecanismo da estabilidade transitória do sistema pode ser estabelecido através de um *OMIB (One Machine Infinite Bus)* equivalente seleccionado correctamente.

Aplicando o critério das áreas iguais à máquina equivalente, calcula-se a margem de estabilidade transitória (definida como o excesso da sua energia de desaceleração sobre sua energia de aceleração) (Ferreira, 2005).

A transformação de um sistema multimáquina numa única máquina equivalente, é obtida utilizando a seguinte metodologia:

- Para um determinado defeito, o sistema multimáquina é dividido em dois subconjuntos, o subconjunto das máquinas críticas e o subconjunto das restantes máquinas (não críticas);
- Os dois subconjuntos de máquinas são transformados em duas máquinas equivalentes utilizando a formulação do centro de inércia;

- Seguidamente as duas máquinas equivalentes obtidas anteriormente são reduzidas a uma máquina ligada a um barramento de potência infinita.

A máquina equivalente *OMIB* traduz fielmente o comportamento dinâmico do sistema multimáquina, dado que em cada passo de integração os parâmetros correspondentes ao *OMIB* são novamente calculados. Embora possam existir erros numéricos associados a este passo de cálculo, são de segunda ordem face aos erros do correspondente método de integração numérica (Ferreira, 2005).

Na análise de um sistema constituído por duas máquinas, em que se utilize o modelo clássico, o critério das áreas iguais é outra forma de expressão do critério directo de Lyapunov, que fornece condições suficientes e necessárias para a avaliação da estabilidade (e não condições suficientes como acontece no caso geral). Quando o sistema de duas máquinas representa um sistema multimáquina e, além disso se utiliza uma modelização pormenorizada, a teoria de Lyapunov deixa de ser rigorosamente aplicável, tornando-se necessária a validação dos modelos estabelecidos com exemplos reais. Esta validação tem sido efectuada para diferentes cenários de estabilidade e vários tipos de modelização em diversos sistemas de potência (Ferreira, 2005).

Este método híbrido avalia a estabilidade transitória através dos seguintes procedimentos:

- 1) Utiliza um programa de simulação no domínio do tempo para analisar o comportamento dinâmico do sistema multimáquina durante um período de integração indicado pelo critério das áreas iguais, sendo a integração numérica parada antes de atingir o tempo de análises previamente especificado;
- 2) Calcula com base no critério das áreas iguais as margens de estabilidade correspondentes;
- 3) Determina os limites de estabilidade (tempo crítico de eliminação do defeito e/ou limites de potência), através de extrapolações sucessivas das margens de estabilidade.

Utilizando esta metodologia de cálculo consegue-se uma redução significativa do tempo de integração numérica, obtêm-se as margens de estabilidade e identificam-se as máquinas críticas. Este tipo de informação é essencial quando se pretende

efectuar uma análise de sensibilidade ou sugerir medidas de controlo preventivo e de emergência (Ferreira, 2005).

O *SIME* avalia a estabilidade transitória de um Sistema Eléctrico de Energia principalmente através de simulações instáveis. Estas necessitam de menor tempo de integração e permitem identificar facilmente o conjunto das máquinas críticas. Em síntese, as vantagens significativas do *SIME* face aos métodos de integração numérica no domínio do tempo são as seguintes (Ferreira, 2005):

- i. Os limites de estabilidade são calculados com base em margens de estabilidade transitória, o que conduz a um tempo de integração menor;
- ii. Atendendo a que a avaliação do limite da estabilidade se baseia fundamentalmente em simulações instáveis, o tempo de computação é drasticamente reduzido;
- iii. O aumento do número de simulações instáveis implica um acréscimo na precisão dos resultados produzidos por este método híbrido.

2.2.4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS

As diferentes formulações apresentadas anteriormente podem ser comparadas considerando os seguintes critérios: possibilidade de modelização, tipo de informação necessária para a sua implementação, tarefas preparatórias (em tempo diferido), requisitos computacionais em tempo real e tipo de informação fornecida. Atendendo a que cada classe de métodos inclui diversas formulações, foram somente considerados os seus melhores desempenhos. Na Tabela 2.2.1 mostra-se a comparação das diversas metodologias para o estudo e análise da estabilidade transitória de um Sistema Eléctrico de Energia.

Analisando a Tabela 2.2.1 verifica-se que, com excepção dos métodos directos, todas as outras formulações permitem uma modelização pormenorizada dos componentes da rede eléctrica. Isto deve-se ao facto de directa ou indirectamente, utilizarem métodos de integração numérica para analisar a evolução do sistema. Assim, em situações de tempo diferido, requerem uma informação completa acerca das características do SEE em estudo. Os métodos directos requerem uma validação exaustiva, para garantir que as hipóteses e as simplificações utilizadas na sua implementação são válidas para um grande número de situações reais.

Os métodos directos e de integração numérica no domínio do tempo, fornecem informação que permite a análise detalhada da segurança dinâmica do sistema. As

outras formulações possibilitam ainda uma análise sintética da condição de estabilidade da rede.

Tabela 2.2.1 Análise comparativa das diversas classes de métodos para a avaliação da estabilidade transitória de um Sistema Eléctrico de Energia (**Ferreira, 2005**)

Critérios	Integração Numérica	Métodos Directos	Métodos Híbridos
Possibilidade de Modelização	Pormenorizada	Modelo clássico ou pouco pormenorizada	Pormenorizada
Informação necessária			
- Em tempo diferido	Informação completa acerca do sistema	Informação parcial acerca do sistema	Informação completa acerca do sistema
- Em tempo real	Informação completa acerca do sistema	Informação parcial acerca do sistema	Informação completa acerca do sistema
Etapa preparatória (em tempo diferido)	Validação	Validação exhaustiva	Validação
Aplicação em tempo real	Grande esforço computacional	Reduzido esforço computacional	Esforço computacional relativo
Informação fornecida			
- Análise	Detalhada	Detalhada	Detalhada e sintética
- Filtragem e ordenação de contingencia	Muito difícil	Extremamente fácil	Fácil
- Análise de sensibilidade	Difícil	Fácil	Fácil
- Medidas de controlo	Não sugere	Preventivo	Preventivo
- Gestão de incertezas	Não é possível	Não é possível	Não é possível

CAPÍTULO 3

MEMORIAL DESCRITIVO DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE.

3.1 BREVE HISTORIAL

O sistema eléctrico nacional comporta infraestruturas de produção, transporte e distribuição, onde operam diferentes actores, particularmente a nível de produção e de transporte, onde para além da EDM há registo de outras empresas no sector energético como a HCB que detém o maior parque produtor nacional e um dos maiores sistemas de transporte em corrente contínua em África, a rede da MOTRACO que detém e opera uma infraestrutura de transporte a 400kV que interliga Moçambique, Swazilândia e a África do Sul (EDM, 2016)

O Sistema Eléctrico Nacional (SEN) compreende uma capacidade de produção firme de 2 688MW, com um parque produtor predominantemente hidroeléctrico, onde a HCB detém o maior activo nacional, nomeadamente a central de Cahora Bassa, com capacidade instalada de 2 075MW (5x415MW). A Tabela 3.1.1 ilustra as fontes de produção hídrica e suas características (EDM, 2016).

Tabela 3.1.1 Parque produtor hidroeléctrico (EDM , 2018)

Central	Potência Instalada (MW)	Potência Produtível (MW)	Energia firme do projecto (MWh)	Factor de Carga (%)
Corumana	16.6	16	38800	21
Chicamba	44	44	48000	21
Mavuzi	52	44	232000	73
Cuamba	1.09	0.9	5600	60
Lichinga	0.73	0.5	4320	67
TOTAL	114.42	105.4	328720	

Adicionalmente, regista-se um parque termoeléctrico em crescimento à base de gás natural conforme descrito na Tabela 3.1.2, de modo a suprir o défice de produção que se vinha registando no País e na região da África Austral nos últimos anos, totalizando cerca de 500MW (EDM, 2016).

Tabela 3.1.2 Parque produtor termoelétrico (EDM , 2018)

Central	Potência Instalada (MW)	Potência Produtível (MW)	Tipo de Central	Combustível
Pemba	1.2	1.2	Emergência - Turbina a gás	Diesel
Nampula	2	2	Emergência - Turbina a gás	Diesel
Quelimane	6.8	3	Emergência - Turbina a gás	Diesel
Inhambane	4.6	4.6	Emergência - Turbina a gás	Diesel
Xai-Xai	3.6	3.6	Emergência - Turbina a gás	Diesel
GTG3 Maputo	24	22	Emergência - Turbina a gás	Diesel
GTG Beira	14	12	Emergência - Turbina a gás	Diesel
Termoelétrica de Temane	11.2	11.2	Carga Base - Motores de combustão	Gás natural
Termoelétrica de Ressano Garcia (CTRG)	175	175	Carga Base - Motores de combustão	Gás natural
Termoelétrica da GIGAWATT	109	109	Carga Base - Motores de combustão	Gás natural
Termoelétrica de Maputo (CTM)	160	120	Carga Base - Ciclo combinado	Gás natural
TOTAL	472.4	449.6		

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE TRANSPORTE

A rede de fornecimento de energia de Moçambique é actualmente composta por dois sistemas de transmissão separados e isolados (EDM , 2018):

- Sistema Centro – Norte: Este sistema é composto pelas áreas central (DTCE), centro-norte (DTCN) e norte (DTNO). Este sistema é alimentado pela Central Hidroelétrica de Cahora Bassa (2 075MW), bem como por outras centrais menores, como Chicamba e Mavuzi (38 MW e 52 MW, respectivamente), uma

central a diesel na Beira (15 MW) e uma central fotovoltaica (30 MW) em Mocuba.

- Sistema Sul (DTSU): este sistema está fortemente interligado e alimentado pela rede de África do Sul através de linhas de 110 kV e 275 kV de Komatipoort e através de uma linha de 400 kV de Camden e Marathon através da subestação de Maputo. A rede é também alimentada por uma central hidroeléctrica de 16MW Corumana, a nova Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado de Maputo (CTM, 160 MW), inaugurada em 2018, a Central Termoeléctrica de Ressano Garcia (270 MW) e a Central de Kuvaninga (40 MW) na Província de Gaza.

Esses dois sistemas estão actualmente sincronizados por link AC contínuo através do Zimbábue (rede ZESA) e da rede da África do Sul (rede ESKOM).

As interligações a outras redes eléctricas são as seguintes:

- A área sul está interligada com a África do Sul e Suazilândia através de:
 - Duas linhas de 400kV (Maputo-Arnot e Maputo-Edwaleni II)
 - Uma linha de 275kV (Ressano Garcia-Komatipoort)
 - Uma linha de 110kV (Corumana-Komatipoort)
- A região central está interligada com o Zimbábue e a África do Sul através de:
 - Duas linhas de ± 535 kV HVDC
 - Uma linha 330kV (Bindura-Songo)
 - Uma linha 110kV (Mutare-Manica)

Uma visão geral da Rede de Transmissão pode ser vista na Figura 3.2.2 que ilustra o estado da rede de transmissão em todo o país em 2022. Pode-se observar pelo mapa que as províncias de Tete, Sofala e Maputo têm a melhor conectividade de rede.

A rede sul não está ligada às redes norte e centro, em vez disso, o interconector com a África do Sul é utilizado para alimentar a região sul. Assim, a maior parte da electricidade gerada no Norte é exportada para África do Sul e depois reimportada. Os dois sistemas de rede eléctrica serão interligados após a conclusão do Sistema de Transmissão Integrado de Espinha dorsal de Moçambique (projecto STE). Este projecto irá interligar os sistemas de energia isolados e ligar Tete e a província de Maputo com linhas de Alta Tensão. A primeira fase do projecto ora em curso inclui a construção de uma linha de 400 kV ligando Vilanculos a Maputo Figura 3.2.1 (a).

Foi aprovado o projecto de construção de um novo Centro Nacional de Despacho (CND) para conectar até 150 subestações acima de 66 kV Figura 3.2.1 (b). Isto ajudará a aumentar a estabilidade da rede e a exportar mais energia para o *Southern Africa Power Pool (SAPP)* (EDM , 2018). Com a entrada em serviço deste conjunto de infraestruturas que constituem o sistema de controlo a nível nacional será possível:

- Optimizar a produção eléctrica através do balanceamento instantâneo da produção com o consumo correspondente;
- Minimizar o impacto das interrupções, através da redução do tempo de reposição do sistema;
- Melhorar a qualidade de energia eléctrica através da selecção adequada e em tempo real dos equipamentos de compensação ao serviço do sistema eléctrico nacional;
- Obter a informação da rede em tempo real o que permitirá o planeamento e gestão do sistema com maior fiabilidade.

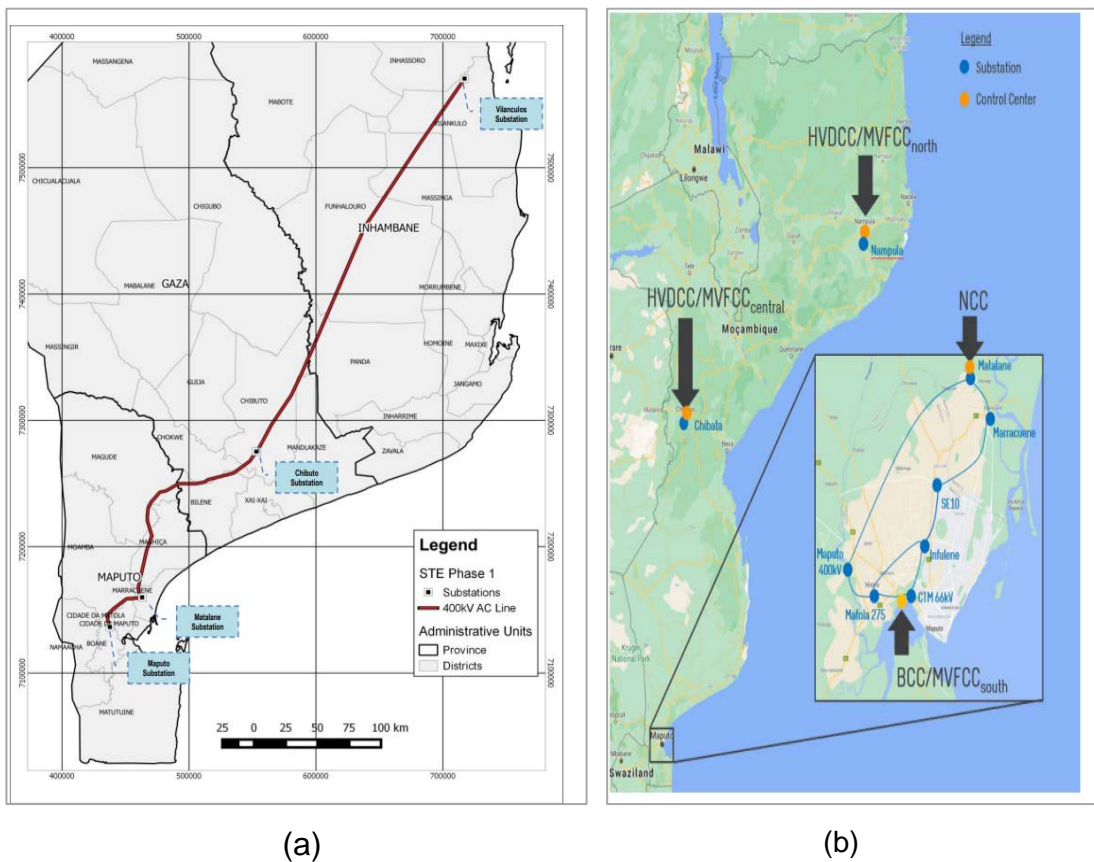


Figura 3.2.1 (a) Traçado da linha de 400kV interligando Vilanculos e Maputo; (b) Centro Nacional de Despacho a construir em Matalane (EDM, 2018)

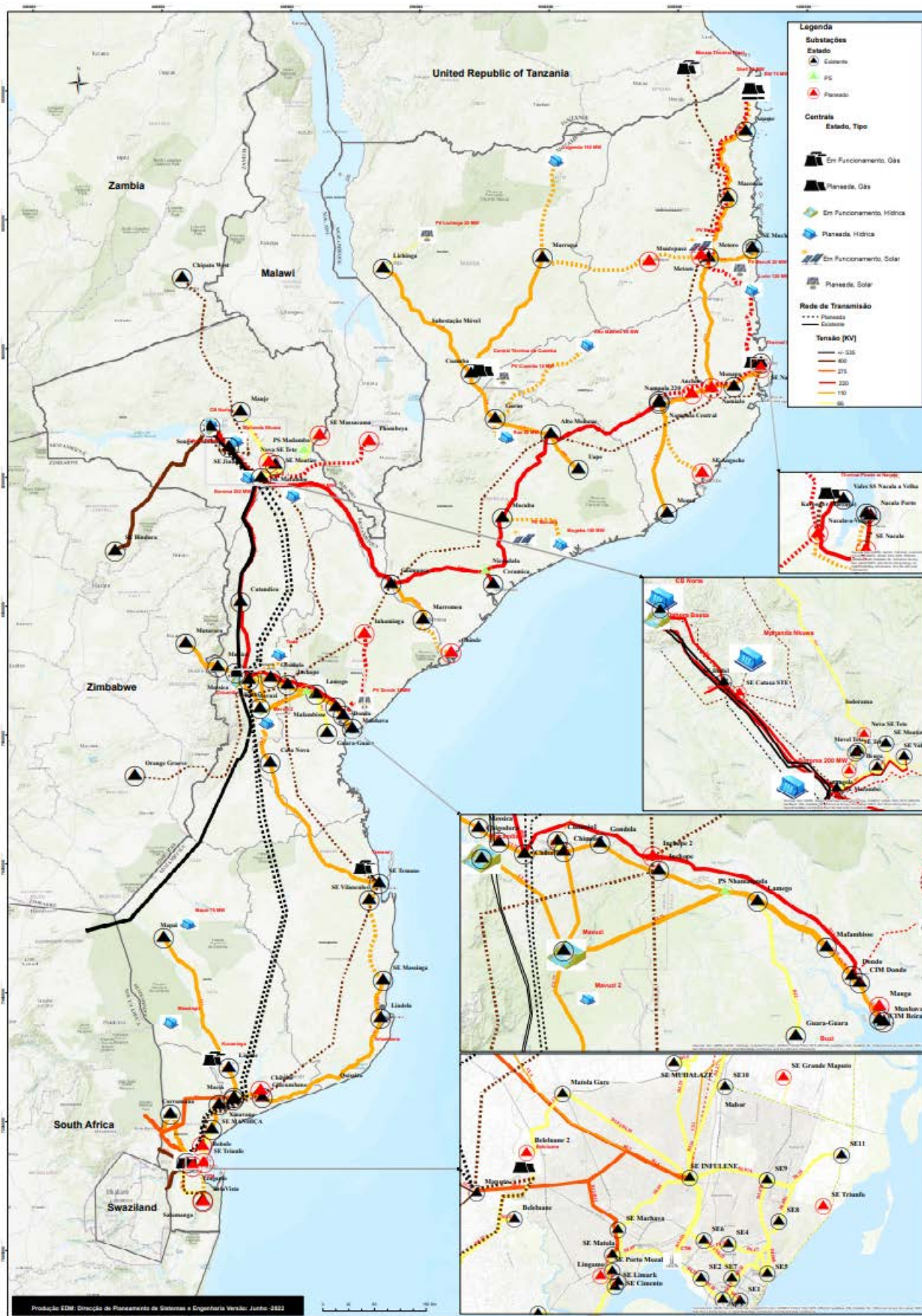


Figura 3.2.2 Mapa de Moçambique ilustrando a rede de transmissão (DPSE, 2023)

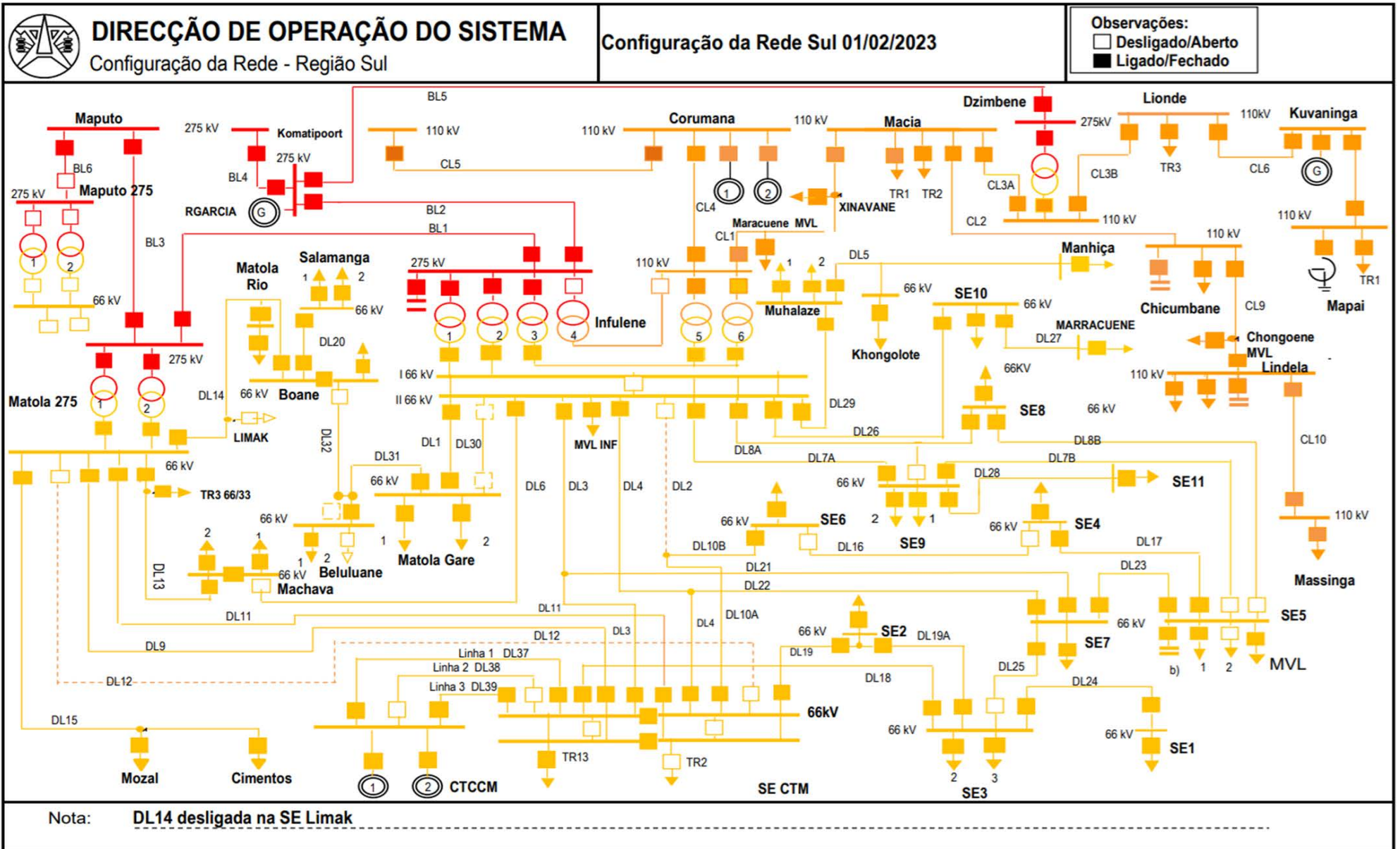
A Rede Nacional de Transporte é constituída por 7 364km de linhas de transporte subdivididos em 87 linhas de diferentes níveis de tensão. A Tabela 3.2.1 ilustra os comprimentos totais das linhas em diferentes níveis de tensão

Tabela 3.2.1 Comprimento das linhas (em km) instaladas na RNT nos diferentes níveis de tensão

	±535kV	400/330kV	275kV	220kV	132kV	110kV	66kV	Total
DTSU			117			593	351	1061
DTCE		125				603	194	922
DTCN				1316		256		1572
DTNO						1129		1129
HCB	1794			440				2234
MOTRACO		108			11			119
OUTROS				50		198	79	327

Pela tabela acima, as linhas de 400kV e 132kV perfazendo um total de 119km pertencem a rede da MOTRACO, enquanto ao nível de ±535kV e 220kV totalizando 2234km de comprimento pertencem a rede da HCB, dos quais 1 794km percorrem o território nacional em HVDC da linha Songo – Apollo. As linhas privadas de 220kV, 110kV e 66kV pertencente a Vale, Corredor Logístico de Nacala e Kenmare respectivamente, perfazem um total de 327km e os restantes 4 628km são exclusivamente da EDM em diferentes níveis de tensão distribuídas em todas as Divisões de Transporte.

A rede de transporte – sul é uma rede que se estende ao longo de toda região sul e tem como objectivo principal a transmissão da energia eléctrica desde o local de produção até aos consumidores finais. Esta rede é de muito alta tensão (MAT) sendo usados os níveis de 400kV, 275kV, 110kV e 66kV. É constituída maioritariamente por linhas aéreas apresentando uma topologia fortemente malhada (Vide secção seguinte). Deste modo, a rede apresenta redundância permitindo manter equilíbrio dinâmico entre a produção e o consumo, limitando os impactos quando ocorre uma perturbação (contingência). Nos Anexos 1 e 2 são apresentados os parâmetros das linhas de transporte de divisão sul bem como o seu nível de carregamento ao longo do ano de 2022.



Em relação a capacidade de transformação instalada, a DTSU possui uma capacidade de transformação de 4 137MVA, dos quais 1500MVA estão instalados na subestação de Maputo e pertencem a MOTRACO (EDM, 2016). As características dos transformadores de potência, incluindo seu nível de carregamento ao longo do ano de 2022 apresentam-se nos Anexos 4 e 5.

A rede é também composta por equipamentos de compensação instalados em diversas subestações cujas características encontram-se na Tabela 3.2.2.

Tabela 3.2.2 Principais Características dos compensadores

DIVISAO DE TRANSPORTE SUL - DTSU			
	Subestacao	Tensao Nominal [kV]	Capacidade [MVAr]
Capacitores Paralelo	Infulene	275	72
	Chicumbane	110	10
	Lindela	110	6
	Temane	110	6
Reactores	Mapai	110	6

A gestão global do sistema é garantida através de sistemas de supervisão, controlo e protecção em tempo real, apoiados de tecnologia por forma a assegurar o fornecimento ininterrupto de electricidade, ao menor custo, satisfazendo os critérios de qualidade e segurança. Este objectivo é assegurado pelo Centro Nacional de Despacho (CND) instalado em 2010 na Cidade de Maputo cuja missão é coordenar o funcionamento do sistema eléctrico, garantindo a segurança do sistema e o equilíbrio entre a geração e o consumo de energia (EDM , 2018).

O CND tem a responsabilidade de supervisionar e controlar a rede de transmissão, sendo complementado por dois Centros de Controlo de Alimentadores de Média Tensão (*Mid Voltage Feeder Control Centre – MVFCC*), com a responsabilidade de supervisionar e controlar as redes e subestações de média tensão, bem como pelo Centro de Despacho *Backup* (CDB), na região Sul garantindo a operacionalidade do CND (EDM , 2018).

O CND permite que em caso de perturbação na rede ou na sequência de interrupções de serviço devido a incidentes ou avarias, procede-se à recativação das instalações afectadas e à reposição do fornecimento de energia eléctrica, tão rapidamente quanto possível de forma que sejam atingidos os mais elevados padrões de qualidade e continuidade de serviço (EDM , 2018).

3.3 ANÁLISE DA ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DA REDE DE TRANSPORTE SUL

Nesta secção são apresentados e analisados os resultados de simulação realizados por meio de integração numérica no domínio do tempo através do *software Power World Simulator* cujo fluxograma para simulação é apresentado na Figura 3.3.1. Para tal é utilizada a rede de transporte sul descrita na secção 3.1 constituída por 47 máquinas síncronas cujos parâmetros encontram-se nos Anexos 5 a 7. O programa de simulação é testado em diferentes condições de funcionamento do SEE e na presença de diversas perturbações.

Neste estudo, as máquinas síncronas são representadas pelos modelos dinâmicos descritos na secção 2.1.1. Para simplificar o estudo de estabilidade transitória, assumiu-se constante a potência mecânica fornecida pelas turbinas, desprezando-se assim a acção dos reguladores de velocidade das turbinas.

Foram também consideradas as seguintes hipóteses simplificativas com base nos conceitos discutidos na secção 2.1:

- As resistências dos alternadores foram desprezadas;
- Não foram considerados binários amortecedores, nomeadamente a acção das bobinas amortecedoras;
- As cargas são supostas poderem ser representadas por admitâncias constantes ao longo do período em estudo.
- As flutuações da frequência são pequenas e, portanto, não foram consideradas;
- O tempo de simulação e actuação das protecções determinado foi de cinco segundos (5s) e cinco ciclos (100ms) respectivamente.

Antes de se iniciar o cálculo necessário para a análise de estabilidade transitória do sistema há necessidade de conhecer o estado do sistema no momento em que se deu a perturbação, pelo que foi resolvido o problema de trânsito de potências para o instante anterior ao da ocorrência da contingência para se conhecerem as condições iniciais do sistema eléctrico. Nas Tabela 3.3.1 e Tabela 3.3.2 apresentam-se os resultados de problema de trânsito de potências da rede em estudo.

Pode-se notar que as tensões em todos os barramentos encontram-se dentro dos limites admissíveis com linhas e transformadores levemente carregados bem como unidades geradoras suprindo a demanda da carga sem exceder os limites de operação.

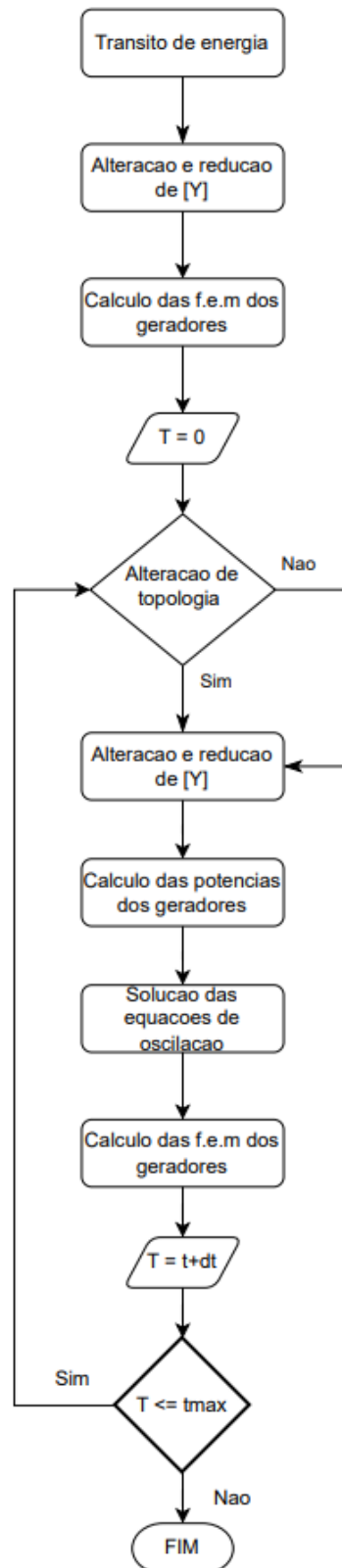


Figura 3.3.1 Fluxograma para a simulação da estabilidade transitória

Tabela 3.3.1 Resultados de trânsito de potências

Barra	Nome	U [pu]	U [kV]	δ (Deg)	P [MW]	Q [MVar]	Gen [MW]	Gen [MVar]
1	Maputo	1	275	27.79			182.31	-37.04
2	Matola 275	0.995	273.8	27.12				
3	Infulene	0.994	273.4	26.87				
4	CTRG /Gigawatt	1	275	30.55			227.09	-39.93
5	Komatipoort 275kV	1	274.9	30.53	10.49	11.04		
6	Komatipoort 110kV	1	110	28.65	1.5	0.33		
7	Matola 66kV	0.981	64.74	23.61				
8	Boane	0.947	62.52	21.66	34.66	20.06		
9	Salamanga	0.943	62.25	17.77	8.98	0.4		
10	Infulene 66kV II	0.981	64.72	23.47				
11	Infulene 66kV I	0.977	64.5	23.8				
12	Infulene 110kV	0.995	109.4	26.91	14.76	4.2		
13	Matola Gare	0.96	63.33	22.21	33.78	9.28		
14	CTM 66kV I	0.986	65.1	23.21	18.89	4.79		
15	CTM	0.995	65.64	23.43			84	80
16	Mozal/Cimentos	0.98	64.69	23.53	5.87	2.63		
17	SE3	0.975	64.37	22.45	41.52	14.94		
18	SE2	0.977	64.49	22.59	14.8	6.26		
19	SE6	0.975	64.33	22.92	22.08	8.88		
20	SE4	0.971	64.08	22.76	7.68	1.92		
21	SE7	0.968	63.9	22.67	22.78	7.73		
22	SE5	0.966	63.76	22.6	19.89	6.76		
23	SE9	0.965	63.7	22.83	20.83	6.21		
24	SE8	0.965	63.67	22.56	25.75	6.53		
25	SE10	0.961	63.43	22.76	27.62	20.71		
26	Marracuene	0.95	62.68	21.01	10	2		
27	Muhalaze	0.965	63.68	21.87	40.6	13.41		
28	Manhica	0.94	62.05	20.42	5	1.68		
29	Corumana	1	110	28.77			12	-3.51
30	Macia	1.007	110.7	27.89	19.09	7.22		
31	Dzimbene 110kV	1.007	110.8	28.35				
32	Dzimbene 275kV	1.004	276	29.59				
34	Kuvinga	1	110	33.41	9.7	1.4	38.75	-10.47
35	Mapai	1.03	113.3	32.66	0.65	0.21		
36	Chicumbane	1.017	111.9	23.04	23.46	4.22		
37	Lindela	1.012	111.4	16.22	19.22	4.35		
38	Massinga	1.01	111.1	15.32	4.77	1.17		
39	Machava	0.975	64.37	23.19	44.91	14.7		
40	CTM 66kV II	0.978	64.53	23.31	26	6.53		
41	Infulene 110kV	0.994	65.63	26.89				

MEMORIAL DESCRITIVO DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE

Tabela 3.3.2.1 Nível de carregamento das Linhas e Transformadores

Nome	Linha/Trafo	P [MW]	Q [MVar]	S [MVA]	Lim MVA	Limit [%]	ΔP [MW]
BL3	Linha	182.3	35	185.6	479	38.8	0.4
BL1	Linha	61.9	3.9	62	479	13	0.05
TR1	Trafo	60	16.5	62.2	160	38.9	0
TR2	Trafo	60	16.5	62.2	160	38.9	0
BL2	Linha	169.6	8.2	169.8	479	36	1.88
TR1	Trafo	123.5	32.8	127.7	250	51.1	0
TR3	Trafo	0.3	-0.1	0.3	120	0.3	0
TR2	Trafo	108.3	38.1	114.8	250	45.9	0
TR4	Trafo	0	0	0	50	0	0
BL4	Linha	10.5	8.4	13.4	479	3.2	0
BL5	Linha	45	7.5	45.6	479	11.1	0.14
CL5	Linha	1.5	-1.1	1.8	99	1.9	0
DL14	Linha	40	20	44.7	50	89.4	0.73
DL12	Linha	11.8	-16.1	20	60	33.4	0.05
DL15	Linha	5.9	2.6	6.4	50	12.9	0
DL13	Linha	36.1	-11.8	38	50	76.4	0.12
DL11	Linha	13.2	3.9	13.8	60	22.9	0.02
DL9	Linha	12.8	2.7	13.1	50	26.2	0.03
DL20	Linha	9	-0.4	9	50	18	0.02
DL32	Linha	4.4	-2	4.8	38	12.8	0.04
DL30	Linha	18	10.5	20.8	99	21	0.16
DL3	Linha	1.4	-9.5	9.6	38	25.3	0.04
DL4	Linha	1.4	-9.5	9.6	38	25.3	0.04
DL10B	Linha	25.3	5.7	25.9	50	51.9	0.1
DL21	Linha	22.6	9.3	24.5	50	48.9	0.16
DL29	Linha	46	15.8	48.7	120	40.6	0.32
DL6	Linha	8.8	-2.9	9.2	38	24.4	0.03
TR5	Trafo	0.1	0.1	0.2	30	0.5	0
TR6	Trafo	0.1	0.1	0.2	30	0.5	0
DL1	Linha	20.7	1.4	20.8	38	54.7	0.35
DL7A	Linha	26	-2.7	26.2	38	69.7	0.28
DL8A	Linha	23.3	4.2	23.7	66	35.9	0.22
DL26	Linha	37.9	23	44.3	120	37	0.22
CL4	Linha	10.4	-0.5	10.4	99	10.9	0.09
CL1	Linha	4.6	-3.8	6	99	6.1	0.03
DL37	Linha	37.5	35.7	51.7	66	78.4	0.17
DL38	Linha	23.3	22.2	32.1	66	48.7	0.11
DL39	Linha	23.3	22.2	32.1	66	48.7	0.11
DL18	Linha	31.3	12	33.5	50	67	0.2
DL19	Linha	25.3	-9.7	27.1	50	54.6	0.13
DL10B	Linha	22.3	-16.9	28	38	74.5	0.18

Tabela 3.3.2.2 Nível de carregamento das Linhas e Transformadores

DL19	Linha	10.5	3.4	11	50	22	0.01
DL16	Linha	17.2	7.5	18.8	38	49.5	0.05
SE6	Linha	8.2	6	10.1	50	20.3	0.03
DL17	Linha	9.5	5.5	11	38	29	0.03
DL23	Linha	7.9	7.2	10.7	88	12.2	0.01
DL7B	Linha	5.2	-3.5	6.2	66	9.5	0.01
DL8B	Linha	2.6	2.7	3.7	66	5.7	0
DL27	Linha	10.1	1.4	10.2	120	8.5	0.07
DL5	Linha	5.1	1.1	5.2	38	13.9	0.1
CL3	Linha	73.1	11.7	74.1	99	74.9	0.15
CL2	Linha	49.4	-18.4	52.7	99	53.2	1.15
TR1	Trafo	45	-7.5	45.6	250	18.3	0
CL6	Linha	28.3	2.7	28.4	99	28.9	0.07
CL7	Linha	0.7	-8.3	8.3	99	8.4	0.03
CL9	Linha	24.8	-6.6	25.6	99	25.9	0.76
CL10	Linha	4.8	-2.4	5.3	99	5.4	0.02

Após resolver o problema de transito de potências, procedeu-se ao estudo do comportamento dinâmico da rede na presença de diversas perturbações, nomeadamente: abertura da linha de transmissão de 275kV (BL3), curto-circuito tripolar franco na linha de 275kV (BL5), abertura da linha de 110kV (CL4) após ocorrência de um curto-circuito tripolar, curto-circuito no barramento de 66kV na subestação de Infulene e Matola.

Pode-se observar nas Figura 3.3.2 e Figura 3.3.3 a evolução temporal dos ângulos de carga e velocidade das unidades geradoras após abertura da linha BL3, onde o sistema tende para estabilidade, com os ângulos rotóricos das unidades geradoras dentro do limite máximo admissível de 120 graus eléctricos, verificando-se um amortecimento progressivo das grandezas em estudo após a actuação das protecções em 100ms e oscilando ao redor do seu novo ponto de equilíbrio. Nota-se também, a partir das Figura 3.3.4 e Figura 3.3.5 que a potência activa gerada sofre, no instante em que se dá a perturbação oscilações maiores e um afundamento da tensão nos barramentos de geração que, no entanto, retornam ao seu valor nominal, sem extravasar os limite de tensão de $\pm 5\%$ nos barramentos das unidades geradoras pelo que, pode-se concluir que o sistema é transitoriamente estável perante a contingência analisada. Resultados similares foram obtidos na simulação da abertura da linha de 275kV (BL5) e de 110kV (CL4) resultando em uma resposta dinâmica estável da rede de transporte para um tempo de abertura das protecções de 100ms.

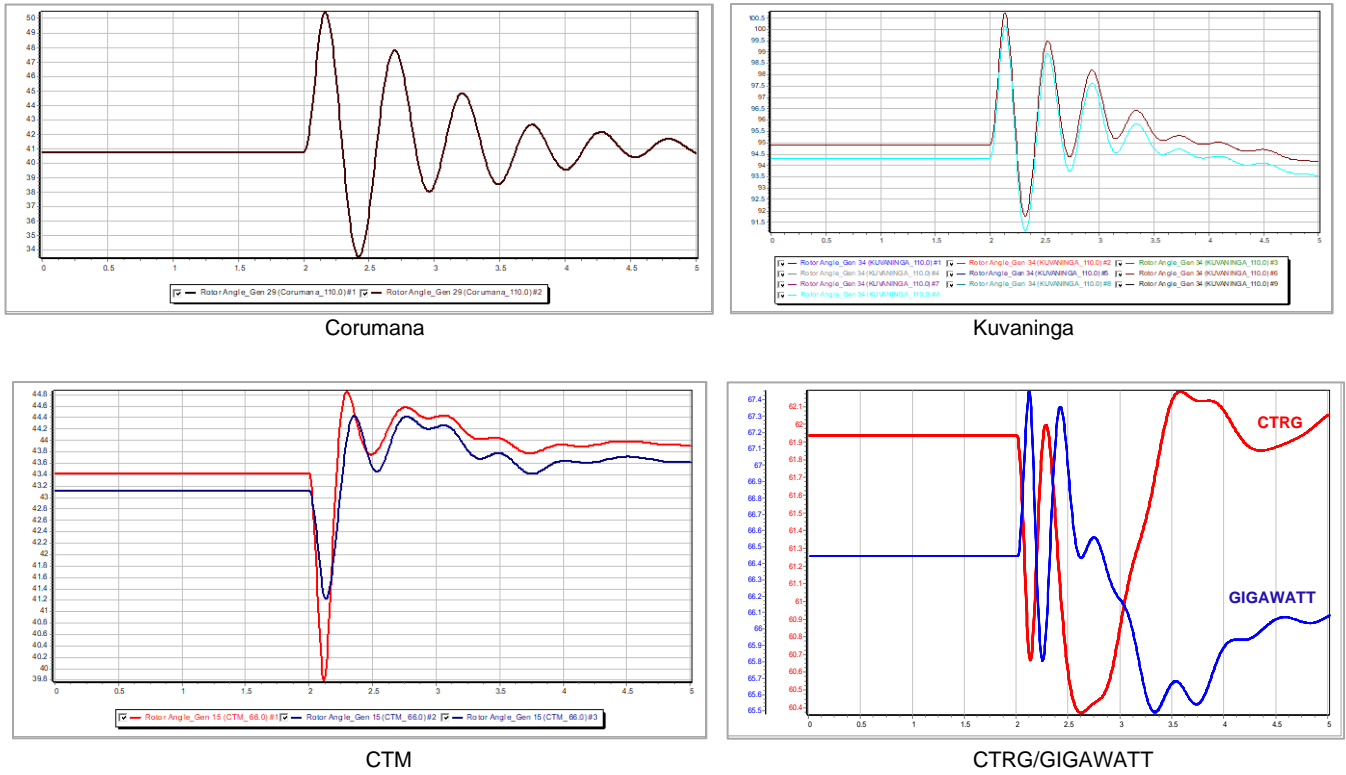


Figura 3.3.2 Evolução temporal do ângulo de carga das unidades geradoras após perturbação na linha BL3

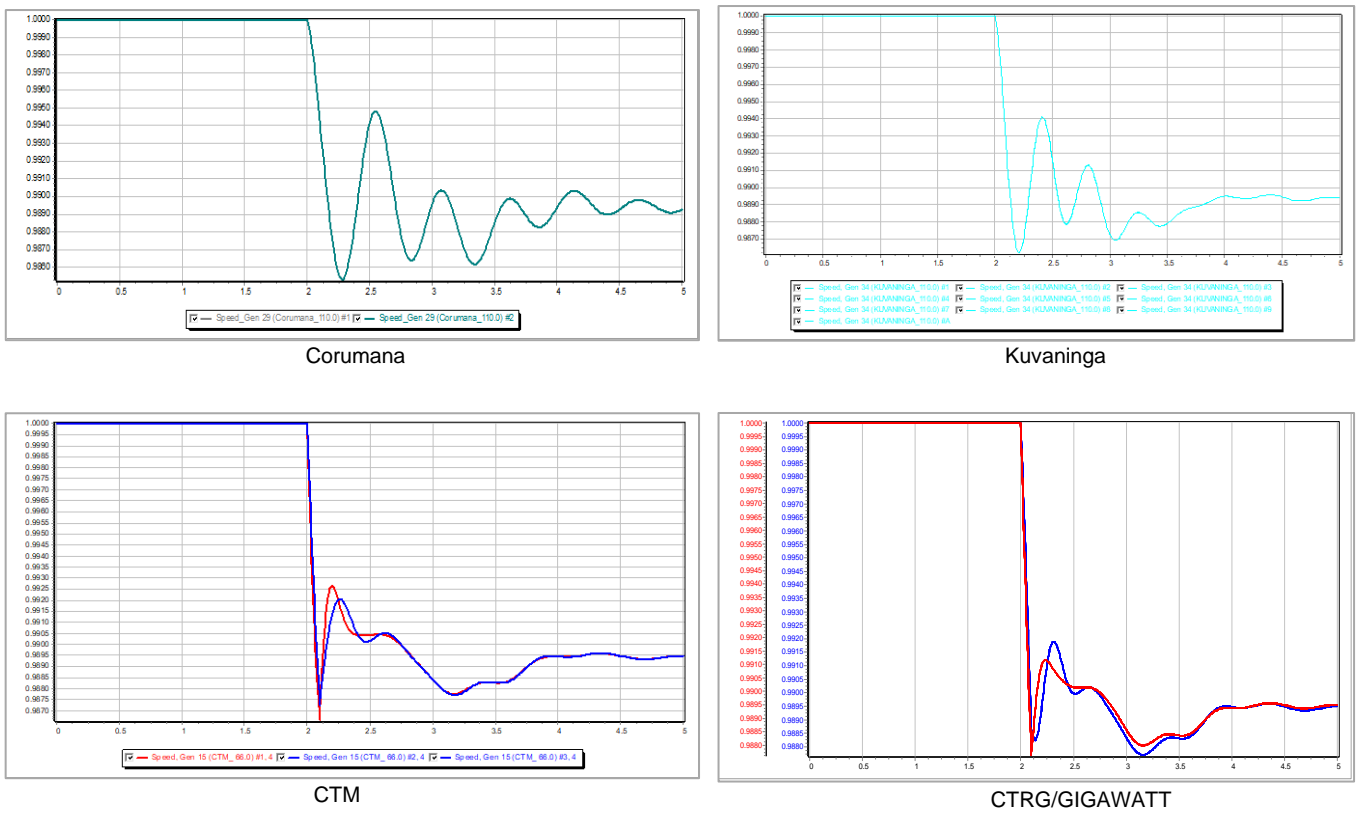
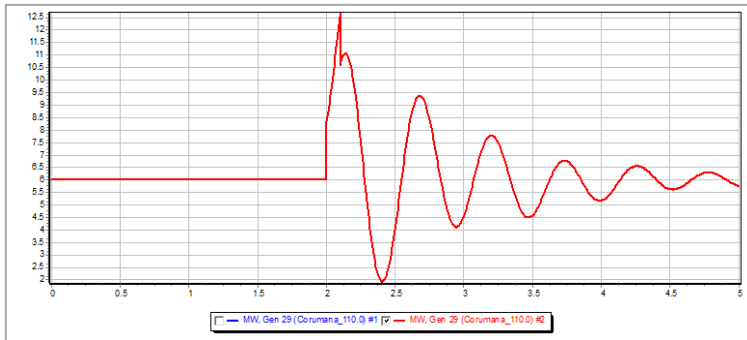
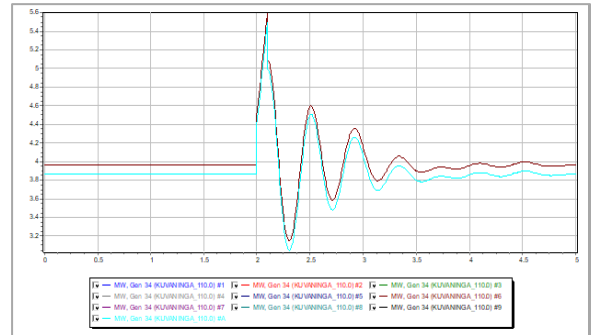


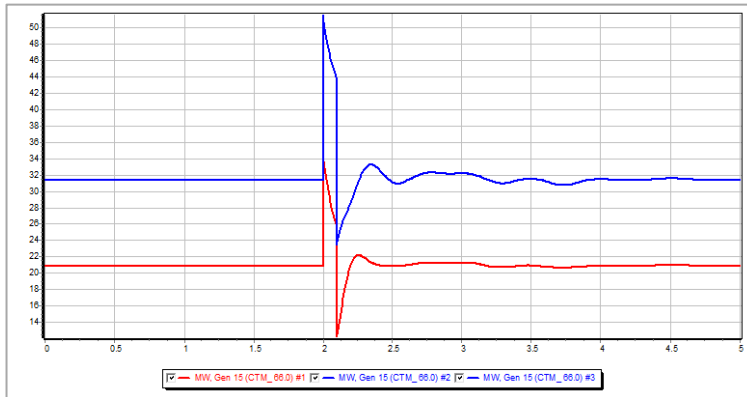
Figura 3.3.3 Progressão das velocidades angulares em pu dos alternadores após perturbação na linha BL3



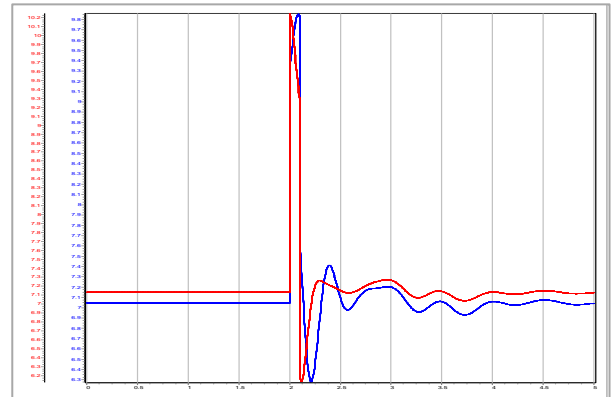
Corumana



Kuvanninga

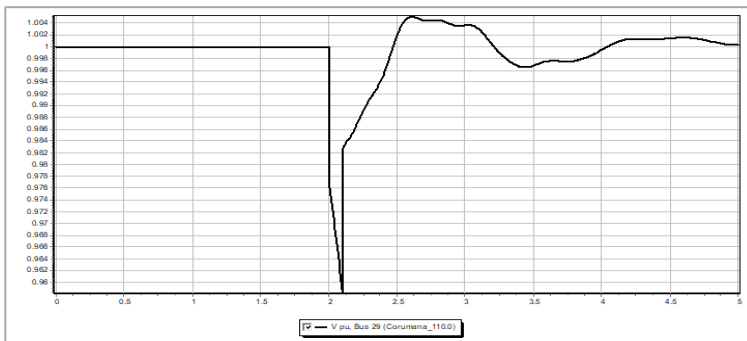


CTM

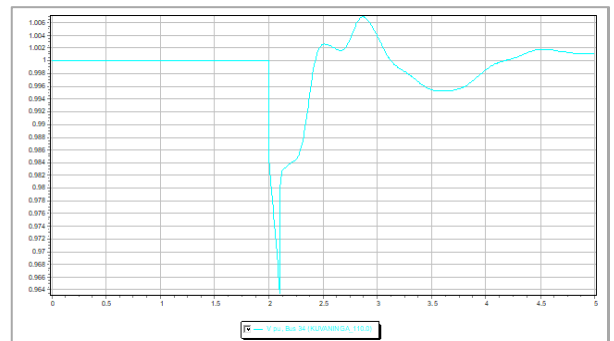


CTRG/GIGAWATT

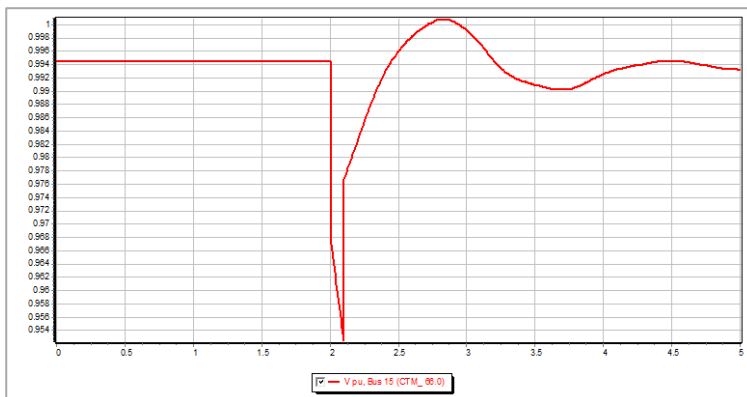
Figura 3.3.4 Evolução das potências activas geradas pelos alternadores após perturbação na linha BL3



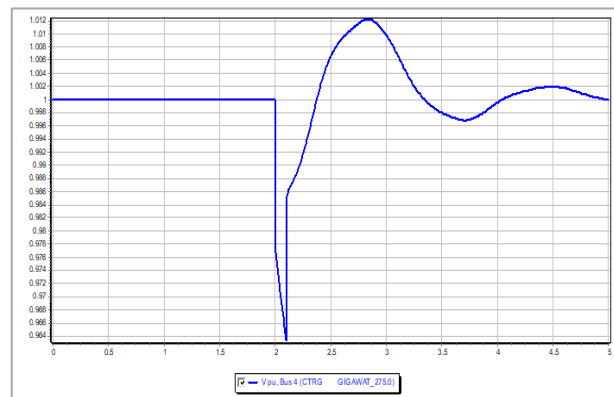
Corumana



Kuvanninga



CTM



CTRG/GIGAWATT

Figura 3.3.5 Tensão terminal das unidades geradoras após contingência na linha BL3

Na simulação de curto-circuito tripolar franco no barramento de 66kV na subestação de Infulene e Matola 275 resultou em instabilidade do sistema com as unidades geradoras de Corumane apresentando um crescimento exponencial do ângulo de carga, e as demais unidades apresentando um decréscimo acentuado do ângulo de carga (Figura 3.3.6). As velocidades angulares, potência activa e tensão terminal oscilam indefinidamente perdendo sincronismo e os alternadores da CTM e Corumana absorvendo potência activa da rede de tal modo que dariam lugar à actuação dos relés de retorno de potência, o que originaria numa situação ainda mais crítica (Figura 3.3.7 e Figura 3.3.8). Assim, a contingência analisada torna o sistema transitoriamente instável.

Isto permite concluir que uma falta nos barramentos das subestações de Infulene e Matola 275 constituem uma situação severa para o sistema, sendo necessário o estudo de medidas de controlo preventivo, tais como, redespacho de potência activa ou ainda rejeição ou deslastre parcial de carga durante a ocorrência da falta.

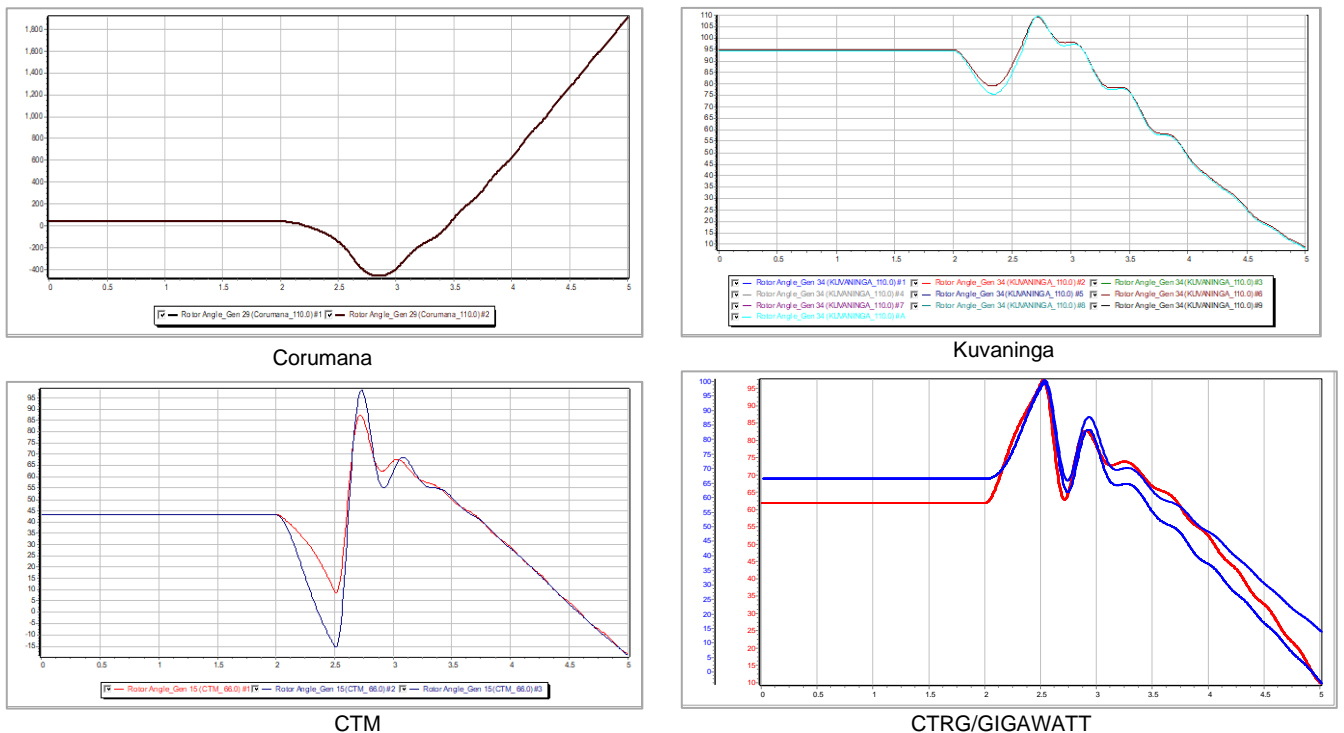
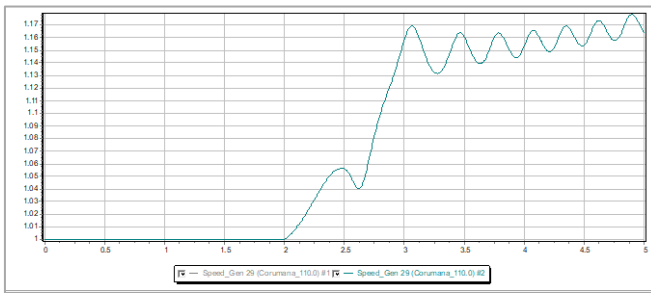
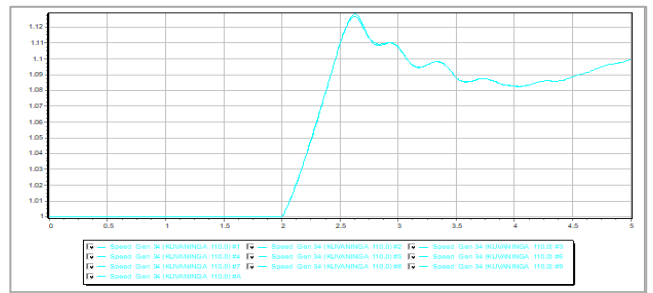


Figura 3.3.6 Evolução temporal do ângulo de carga após curto-circuito na barra de 66kV na SE de Infulene

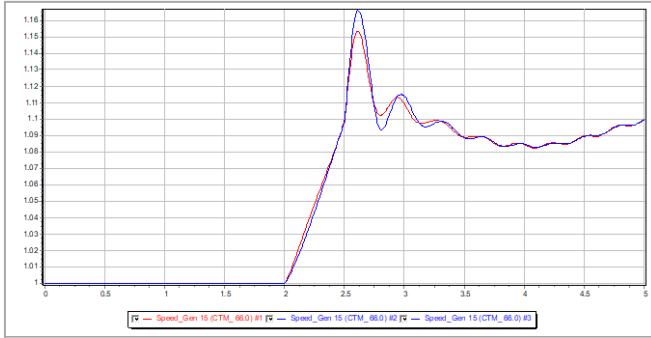
MEMORIAL DESCRITIVO DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE



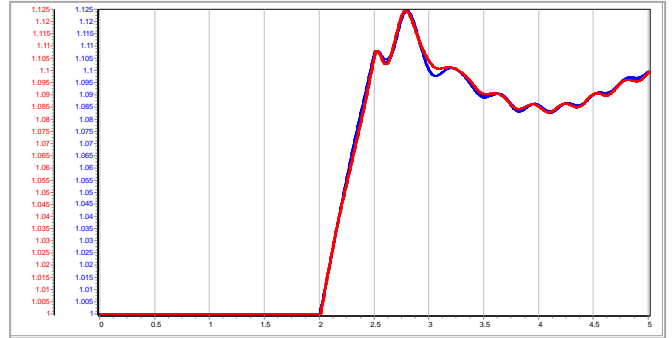
Corumana



Kuvaninga

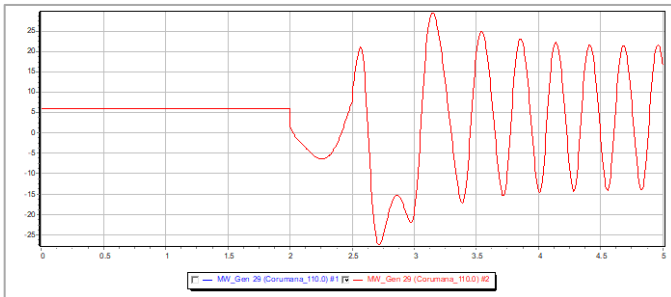


CTM

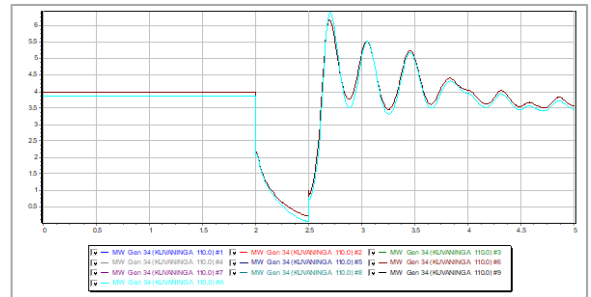


CTRG/GIGAWATT

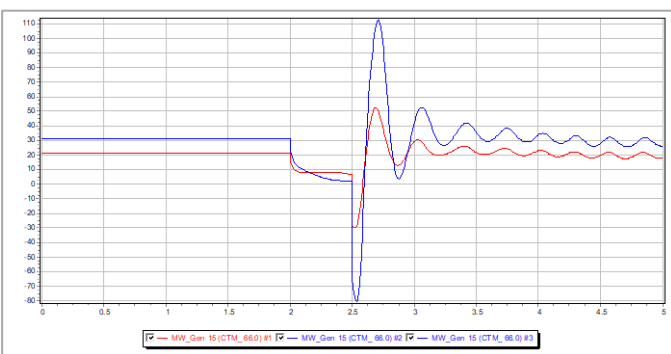
Figura 3.3.7 Velocidade angular em pu das unidades geradoras após curto-circuito na barra de 66kV na SE de Infulene



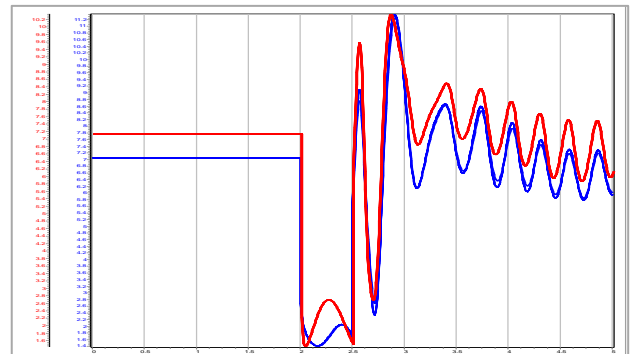
Corumana



Kuvaninga



CTM



CTRG/GIGAWATT

Figura 3.3.8 Potência activa gerada após curto-circuito na barra de 66kV na SE de Infulene

3.3.1 Discussão dos Resultados

Analisando as soluções obtidas, verifica-se que a rede de transporte apresenta índices satisfatórios de estabilidade transitória pois das contingências simuladas, apenas duas resultaram em instabilidade da rede. Para o caso de abertura das linhas BL3, BL5 e CL5 o sistema mantém-se estável, apenas para um tempo de actuação das protecções de 100ms. Pelo que determinou-se um tempo crítico de actuação das protecções de 150ms no qual o sistema tende a perder estabilidade com as tensões nos barramentos de geração a atingir valores críticos e unidades geradoras a consumir potência activa, eventos que levariam a actuação dos relés de abaixamento de tensão e retorno de potência.

Para o segundo distúrbio analisado, designadamente, curto-circuito no barramento de 66kV nas subestações de Infulene e Matola 275, o sistema perde a estabilidade para qualquer tempo de retirada de falta superior a 100ms. Para tempos menores, o sistema permanece estável onde nota-se que os geradores saem do seu estado inicial e começam a oscilar em torno de um novo ponto de operação.

De modo a melhorar os índices de estabilidade devem ser implementadas medidas de controlo preventivo que possibilitem o controlo e monitoramento da rede eléctrica em tempo real para satisfazer a crescente necessidade de produção, transporte, distribuição e interconexão. Tal feito será efectivamente conseguido com a entrada em serviço do centro nacional de despacho em Matalane bem como com a conclusão dos projectos de construção das linhas de 400kV e 110kV interligando Central Térmica de Temane (CTT) à rede nacional de transporte por meio das subestações de Massinga, Matalane e Maputo.

3.3.2 Medidas de Controlo Preventivo

As medidas de controlo preventivo a seguir sugeridas tem por objectivo assegurar o sincronismo do sistema, caso a contingência simulada ocorra. Tais medidas podem sintetizar-se em (1) modificação da topologia da rede pela eliminação rápida de defeitos, (2) redespacho de potência activa permutando a potência a produzir entre os grupos de alternadores que apresentam maior estabilidade desde que não sejam violados os limites técnicos de operacionalidade dos grupos em causa e (3) deslastre parcial de cargas após determinação de um esquema global de prevenção para várias contingências que podem ocorrer separadamente no sistema.

CONCLUSÃO

O estudo e análise da estabilidade transitória possibilita conhecer o comportamento dinâmico de um Sistema de Energia Eléctrica (SEE), após a ocorrência de uma perturbação. Da solução obtida podem ser retiradas conclusões, que permitem, especificar os tempos de eliminação do defeito, os limites máximos de produção ou um conjunto de acções de controlo preventivo de forma a evitar a perda de sincronismo do sistema.

Ao longo da presente dissertação foi apresentada a panorâmica geral da análise dos Sistemas Eléctricos de Energia, salientando-se o interesse do estudo da estabilidade transitória. Descreveram-se os modelos matemáticos dos diversos componentes da rede eléctrica bem como os métodos de análise de estabilidade transitória.

Foi feita a modelagem da rede eléctrica de transporte sul possibilitando assim, a simulação e estudo do comportamento dinâmico da rede quando submetida a grandes perturbações. Neste programa foi implementada a análise por meio de resolução simultânea do sistema de equações algébricas e diferenciais no domínio tempo e simuladas várias contingências por forma a avaliar o índice de estabilidade da rede de transporte bem como propor medidas de controlo preventivo.

Após realização do estudo conclui-se que a rede de transporte sul apresenta índices satisfatórios de estabilidade transitória com as linhas, transformadores e unidades geradoras operando dentro dos limites de segurança resultando em oscilações amortecidas do ângulo rotórico bem como da potência eléctrica fornecida após a ocorrência de uma perturbação na rede de energia eléctrica.

RECOMENDAÇÕES

A presente dissertação abre perspectivas de investigação e desenvolvimento, quer de alguns assuntos nela abordados, quer em temas com ela relacionados. Nos pontos seguintes apresentam-se alguns tópicos de relevo para trabalhos futuros:

- **Modelagem pormenorizada da máquina síncrona através de elementos finitos:** actualmente, a máquina síncrona pode ser modelada de uma forma ainda mais detalhada através do método dos elementos finitos, em vez dos modelos clássicos. Em trabalhos futuros poder-se-á modelar a máquina síncrona através da formulação de elementos finitos e para compensar o acréscimo do tempo de computação deste método utilizar técnicas de processamento paralelo ou distribuído.
- **Modelagem do regulador de velocidade da turbina:** no pacote de programa de simulação foi considerado que a potência mecânica fornecida pela turbina ao alternador se mantinha constante durante o período de estudo de estabilidade transitória. No entanto, a introdução de componentes electrónicos no regulador de velocidade das turbinas das centrais térmicas e hídricas, bem como o uso de válvulas de actuação rápida (*fast valving*) pode conduzir à variação da potência mecânica durante o período em análise. Por isso este efeito deverá ser futuramente considerado.
- **Efeito dos dispositivos FACTS (*Flexible AC Transmission Systems*):** o desenvolvimento da electrónica de potência permitiu a introdução de um conjunto de equipamentos de controlo nos Sistemas Eléctricos de Energia. Devido à sua elevada velocidade de actuação e ao sistema de controlo digital associado, podem afectar significativamente o comportamento dinâmico de um SEE. Estes dispositivos têm sido utilizados sobretudo para aumentar a capacidade de transporte das linhas de transmissão de energia eléctrica e para controlar directamente o trânsito de potências em trajectos específicos. Será de esperar uma alteração dos limites de tensão, limites térmicos das linhas bem como de estabilidade. Assim, deverão efectuar-se estudos que possibilitem avaliar o impacto destes equipamentos na estabilidade transitória de um Sistema Eléctrico de Energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALER & AMER, 2022. *Renováveis em Moçambique*, Maputo: GET.Invest Mozambique.
- Barbosa, F. M., 2013. *Estabilidade de Sistemas Eléctricos de Energia*, Porto: s.n.
- Consultec - Consultores Associados, Lda, 2023. *Centro Nacional de Despacho Em Matalane - Termos de Referência Para Estudo Ambiental Simplificado*, Maputo: CONSULTEC.
- EDM, 2016. *Manual de Caracterização da Rede Nacional de Transporte (RNT)*, Maputo: EDM.
- Ferreira, C. M. B. M., 1995. *Análise da Estabilidade Transitória de um Sistema de Energia Eléctrica - Método de Áreas Iguais Generalizado*, Porto: s.n.
- Ferreira, C. M. B. M., 2005. *Análise da Estabilidade Transitória de Sistemas Eléctricos de Energia Utilizando Formulações Híbridas*, Porto: s.n.
- Kundur, P. S., 1994. *POWER SYSTEM STABILITY AND CONTROL*. 1st Edition ed. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Lopes, J. A. P., 1988. *Estabilidade Transitória de Sistemas de Produção e Transporte de Energia - Monitorização e Definição de Medidas de Controlo Preventivo em Ambiente de Tempo Real*, Porto: s.n.
- N. Hatziaargyriou, C. R. C. C. I. H. P. P. T. V. C., 2021. Definition and Classification of Power System Stability - Revisited & Extended. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, July, pp. 3272 - 3274.
- Paiva, J. P. S., 2011. *Redes de Energia Eléctrica: uma análise sistémica*. 3ª Edição ed. Lisboa: IST Press.
- Pavella, M., Ernst, D. & Ruiz-Vega, D., n.d. *Transient Stability Of Power Systems - A Unified Approach to Assessment and Control*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Price W., W. C., 1993. Load Representation for dynamic performance analysis (of power systems). *IEEE*, VIII(2), pp. 472-482.
- Sauer, P. W. & Pai, M. A., 2006. *Power System Dynamics And Stability*. Urbana: s.n.
- Stagg, G. W. & El-Abiad, A. H., 1968. *Computer Methods in Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill.

Vu, T. L. & Turitsyn, K., 2016. Lyapunov Functions Family Approach to Transient Stability Assessment. *MIT Open Access Articles*, pp. 1-10.

ANEXOS



ANEXO 1 MAPA DA REDE DE TRANSPORTE

Legend

Substation Status

- Existing (Red circle)
- PS (Green circle)
- Planned (Blue circle)

Power Plant Status, Type

- In Service, Gas (Grey triangle)
- In Service, Hydro (Blue triangle)
- In Service, Solar (Green triangle)
- Planned, Wind (Yellow triangle)
- Planned, Gas (Orange triangle)
- Planned, Hydro (Blue triangle)
- Planned, Solar (Green triangle)

Network

- Planned (Dotted line)
- Existing (Solid line)
- +/- 500 kV (Thick black line)
- 400 kV (Red line)
- 275 kV (Orange line)
- 220 kV (Yellow line)
- 110 kV (Light yellow line)
- 66 kV (Yellow line)
- Pontential Client (Green star)

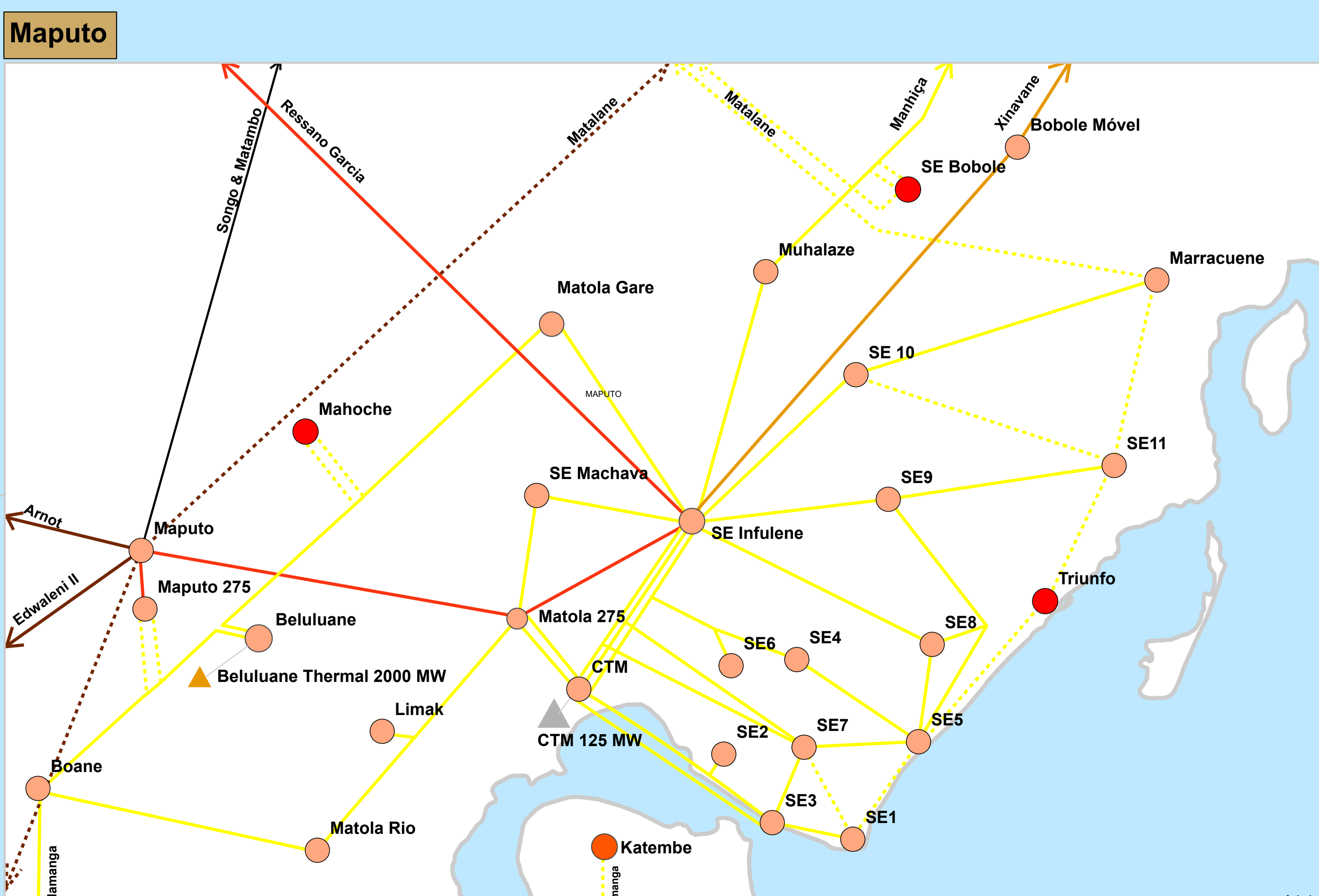
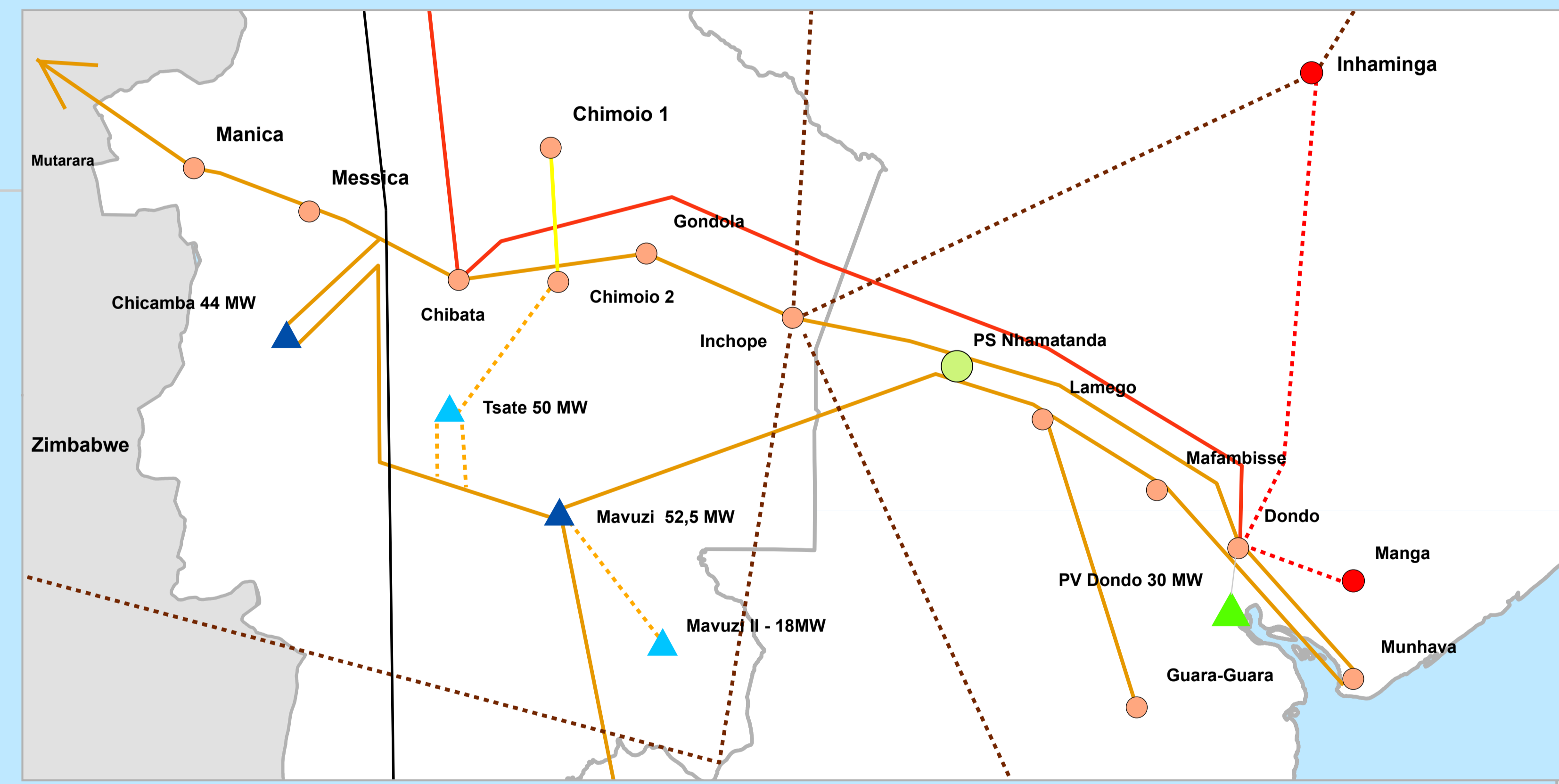
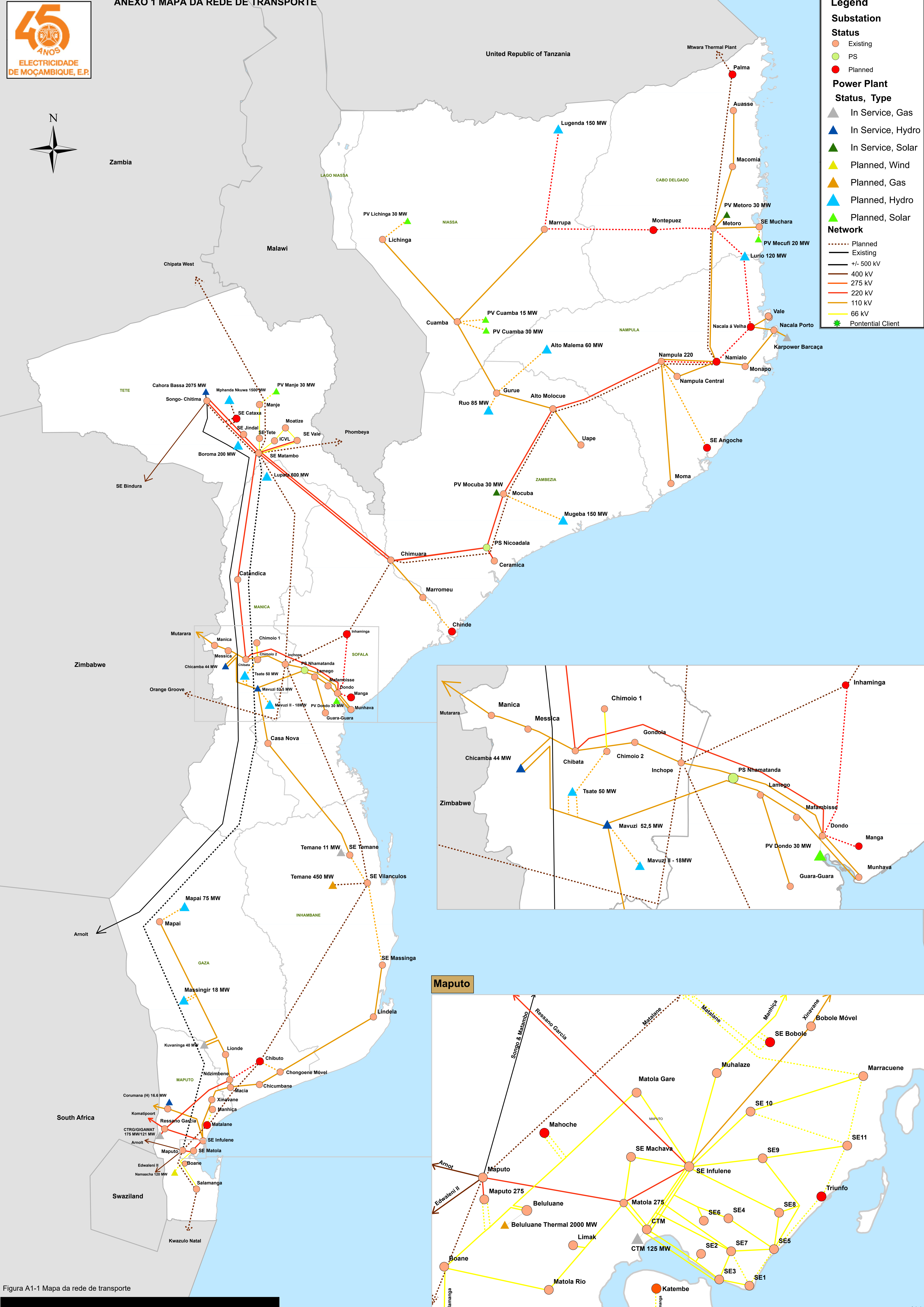


Figura A1-1 Mapa da rede de transporte

ANEXO 2 DIAGRAMA UNIFILAR DA REDE DE TRANSPORTE SUL

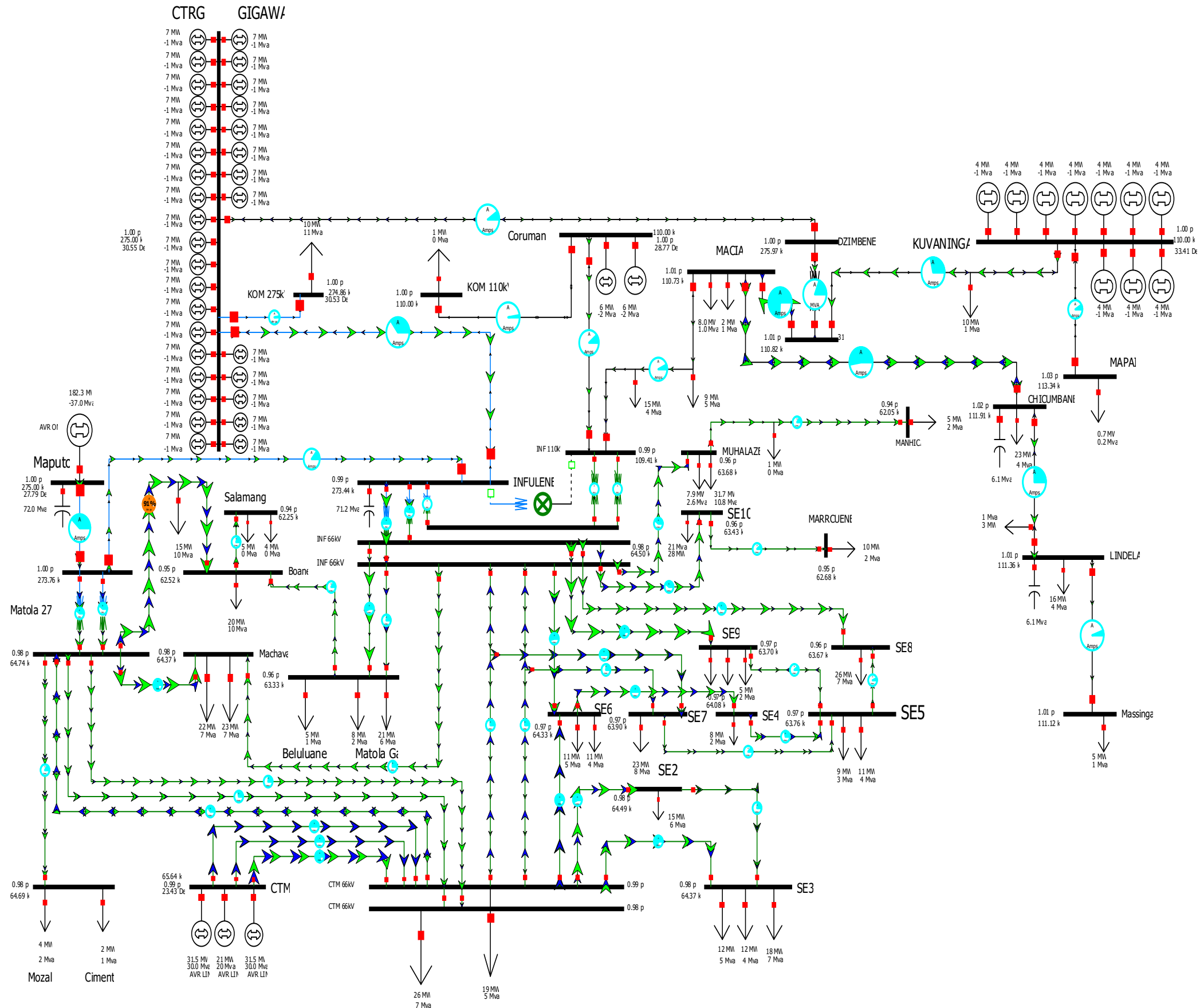


Figura A2-2 Diagrama Unifilar da Rede de Transporte Sul Com Resultados de Fluxo de Carga

ANEXO 3 PRINCIPAIS PARAMETROS DAS LINHAS DE TRANSPORTE

Tabela A3-3 Principais parametros das Linhas de Transporte

Dados Gerais						Valores Por Kilometro						Valores Totais					
TROÇO	CÓDIGO	L [km]	U [kV]	CONDUTOR	Smáx [MVA]	R@30 [W/km]	X+/- [W/km]	B+/- [10 ⁻⁶ /Wkm]	R0 [W/km]	X0 [W/km]	B0 [10 ⁻⁶ /Wkm]	R@30 Ω	X+/- Ω	C μF	R0 pu	X0 pu	B0 pu
MAT-INF	BL1	15.42	275	2xBEAR	479	0.0567	0.3285	3.5472	0.3558	1.0166	2.5443	0.8749	5.066	0.174107	0.00726	0.02073	0.029670
MAT-MAP	BL3	15.4	275	2xBEAR	479	0.0567	0.3285	3.5472	0.3558	1.0166	2.5443	0.8737	5.060	0.173881	0.00725	0.02070	0.029632
KOM-INF	BL2	85	275	2xBEAR	479	0.0567	0.3285	3.5472	0.3558	1.0166	2.5443	4.8225	27.927	0.959735	0.04000	0.11427	0.163551
INF-MCI	CL1	125	110	DOVE	99	0.1049	0.3963	2.9154	0.2560	1.3845	1.6315	13.1133	49.536	1.160017	0.26449	1.43024	0.024676
MCI-XAI	CL2	49	110	DOVE	99	0.1049	0.3963	2.9154	0.2560	1.3845	1.6315	5.1404	19.418	0.454727	0.10368	0.56065	0.009673
MCI-LIO	CL3	53	110	DOVE	99	0.1049	0.3963	2.9154	0.2560	1.3845	1.6315	5.5600	21.003	0.491847	0.11214	0.60642	0.010463
INF-COR	CL4	92	110	DOVE	99	0.1049	0.3963	2.9154	0.2560	1.3845	1.6315	9.6514	36.458	0.853772	0.19467	1.05266	0.018162
COR-KOM	CL5	40	110	DOVE	99	0.1049	0.3963	2.9154	0.2560	1.3845	1.6315	4.1963	15.852	0.371205	0.08464	0.45768	0.007896
CHI/LIND	CL9	233.787	110	AAAC 150	68	0.2055	0.4271	2.6769	0.3707	1.3580	1.5402	48.0432	99.850	1.992024	0.71624	2.62382	0.043569
INF-MATGARE	DL1A	14	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4509	1.4581	1.5637	3.1021	5.323	0.134902	0.14490	0.46864	0.000954
MATGARE-BOAN	DL1B	16	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4401	1.4581	1.5637	3.5456	6.083	0.154174	0.16165	0.53557	0.001090
INFULENE - 2M	DL2	4.5	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	0.6283	1.725	0.043617	0.03946	0.14204	0.000411
2M - SE6	DL10B	1.4	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4509	1.4581	1.5637	0.3102	0.532	0.013490	0.01449	0.04686	0.000095
2M - INFULENE	DL10A	3	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4509	1.4581	1.5637	0.6648	1.141	0.028908	0.03105	0.10042	0.000204
INF-CTM	DL3	7.5	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4401	1.4581	1.5637	1.6618	2.852	0.072269	0.07577	0.25105	0.000511
INF-CTM	DL4	7.5	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4509	1.4581	1.5637	1.6618	2.852	0.072269	0.07763	0.25105	0.000511
INF-MAB	DL5	62	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4509	1.4581	1.5637	13.7377	23.575	0.597425	0.64171	2.07535	0.004223
INF-MCH	DL6	7.5	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0249	0.4515	1.4574	1.4867	1.6618	2.852	0.072215	0.07774	0.25094	0.000486
INF-SE9	DL7A	7.5	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0249	0.4515	1.4574	1.4867	1.6618	2.852	0.072215	0.07774	0.25094	0.000486
SE9-SE5	DL7B	7.5	66	2XLEOPARD	66	0.1231	0.3429	3.3678	0.3629	1.0400	1.8224	0.9233	2.572	0.080400	0.06248	0.17906	0.000595
INF - SE8	DL8A	12.82	66	BEAR	66	0.1255	0.3199	3.5472	0.3558	1.0166	2.5443	1.6089	4.101	0.144752	0.10471	0.29919	0.001421
SE8 - SE5	DL8B	4.99	66	BEAR	66	0.1255	0.3199	3.5472	0.3558	1.0166	2.5443	0.6262	1.596	0.056343	0.04076	0.11646	0.000553
CTM-MAT	DL9	4.9	66	PANTHER	50	0.1397	0.3840	3.0150	0.4102	1.3438	1.8368	0.6847	1.881	0.047026	0.04614	0.15116	0.000392
CTM-MTO	DL11	4.9	66	DOVE	60	0.1049	0.3748	3.1021	0.3535	1.3677	2.0848	0.5140	1.836	0.048384	0.03976	0.15385	0.000445
CTM-SE6	DL10	3.8	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4509	1.4581	1.5637	0.8420	1.445	0.036616	0.03933	0.12720	0.000259
CTM-MTO	DL11	4.9	66	DOVE	60	0.1049	0.3748	3.1021	0.3535	1.3677	2.0848	0.5140	1.836	0.048384	0.03976	0.15385	0.000445
CTM-MTO	DL12	4.9	66	DOVE	60	0.1049	0.3748	3.1021	0.3535	1.3677	2.0848	0.5140	1.836	0.048384	0.03976	0.15385	0.000445
MTO-MCH	DL13	2.5	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	0.3490	0.958	0.024232	0.02192	0.07891	0.000228
MTO-MATRIO	DL14A	11	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	1.5358	4.217	0.106619	0.09646	0.34720	0.001004
MATRIO-BOANE	DL14B	10.9	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	1.5216	4.179	0.105649	0.09559	0.34404	0.000995
MTO-CIM	DL15	2.7	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	0.3770	1.035	0.026170	0.02368	0.08522	0.000246
SE6-SE4	DL16	2.41	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4509	1.4581	1.5637	0.5340	0.916	0.023223	0.02494	0.08067	0.000164
SE4-SE5	DL17	4.8	66	LEOPARD	38	0.2216	0.3802	3.0272	0.4509	1.4581	1.5637	1.0636	1.825	0.046252	0.04968	0.16067	0.000327
CTM-SE3	DL18	5.4	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	0.7539	2.070	0.052340	0.04735	0.17045	0.000493
CTM-SE2	DL19	5.4	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	0.7539	2.070	0.052340	0.04735	0.17045	0.000493
BOA-SAL	DL20	76.73	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	10.7126	29.418	0.743715	0.67283	2.42190	0.007004
2M-SE7	DL21	7.9	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	1.1030	3.029	0.076572	0.06927	0.24936	0.000721
2M-SE7	DL22	7.9	66	PANTHER	50	0.1396	0.3834	3.0450	0.3820	1.3749	2.0954	1.1030	3.029	0.076572	0.06927	0.24936	0.000721
SE7-SE5	DL23	4	66	2XPANTHER	88	0.0788	0.2299	5.3066	0.4168	0.9917	3.0436	0.3152	0.920	0.067566	0.03827	0.09107	0.000530
SE7 - SE3	DL25	2	66	3x1200 AL	50	0.0257	0.1005	119.3800	0.1619	0.0711	77.2070	0.0514	0.201	0.759997	0.00743	0.00326	0.006726
SE3-SE1	DL24	2	66	3X1000 AL	50	0.0303	0.10367	106.8100	0.1701	0.0744	68.5190	0.0605	0.207	0.679974	0.00781	0.00342	0.005969

ANEXO 4.0 CARREGAMENTO DAS LINHAS DE TRANSPORTE

Tabela A4.0-4 Carregamento das Linhas de Transporte Sul

2022			Janeiro		Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho		
Código	Capacidade [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Pontência tomada Max [MVA]	Indice de carregamen to %	Pontência tomada Max [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamen to %	Pontência tomada [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamen to %	Pontência tomada Max [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamen to %	Pontência tomada Max [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamen to %	Pontência tomada Max [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamen to %
BL1	479	215.40	218.51	45.62%	274.54	267.28	57.32%	253.62	239.49	52.95%	234.9	232.8	49.03%	255.9	244.1	53.42%	283.2	265.3	59.13%
BL2	479	233.46	233.58	48.76%	217.56	217.49	45.42%	215.63	209.77	45.02%	263.1	260.4	54.92%	346.0	344.6	72.22%	363.3	363.1	75.85%
BL3	479	113.23	133.21	27.81%	331.60	316.00	69.23%	365.85	349.02	76.38%	271.2	271.0	56.61%	265.0	252.8	55.32%	294.0	280.5	61.38%
BL4	479			0.00%			0.00%	237.26	230.08	49.53%	148.6	132.9	31.03%	206.0	201.6	43.00%	242.2	232.9	50.56%
BL5	479	64.28	65.05	13.58%	75.95	75.82	15.86%	70.64	70.62	14.75%	75.7	75.2	15.80%	76.6	75.0	15.99%	61.8	61.0	12.90%
CL1	99			0.00%			0.00%	16.26	15.73	16.43%	17.7	16.8	17.88%	47.0	45.6	47.51%	17.0	14.4	17.16%
CL2	99	55.00	62.52	63.15%	35.30	34.27	35.66%	50.60	49.55	51.11%	58.71	58.04	59.31%	47.68	46.84	48.16%	52.47	51.21	53.00%
CL3A	99			0.00%	70.70	70.62	71.41%	79.56	79.55	80.36%	79.9	79.9	80.74%	74.3	74.3	75.07%	70.9	70.9	71.63%
CL3B	99	30.40	30.52	30.83%	36.30	36.23	36.67%	33.95	33.59	34.29%	34.8	34.5	35.14%	36.1	35.9	36.42%	34.3	34.1	34.65%
CL4	99	14.14	17.25	17.43%	16.41	16.22	16.58%	12.34	11.94	12.47%	8.2	7.1	8.32%	8.7	6.8	8.76%	15.1	14.1	15.25%
CL5	99			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
CL6	99			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
CL7	99			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
CL9	68	19.61	19.74	29.03%	19.89	19.79	29.26%	19.62	19.49	28.86%	19.8	19.8	29.06%	15.3	14.5	22.57%	15.3	14.7	22.52%
CL10	99	15.72	13.36	13.49%	4.67	4.67	4.72%	14.29	14.01	14.44%	14.00	14.00	14.14%	7.45	7.42	7.53%	7.7	7.3	7.75%
DL1	120	48.85	52.15	43.46%	56.23	52.55	46.86%	53.67	50.33	44.73%	77.7	71.5	64.72%	88.8	82.4	74.04%	92.8	86.0	77.35%
DL2	50	29.10	32.21	64.41%	31.74	29.35	63.48%	30.83	28.58	61.65%	31.8	29.4	63.58%	30.4	28.2	60.74%	32.1	30.3	64.16%
DL3	50	37.40	40.93	81.86%	42.65	38.47	85.29%	45.83	42.49	91.66%	46.0	41.5	91.97%	40.7	37.1	81.32%	39.2	30.2	78.40%
DL4	50	37.42	40.85	81.69%	42.68	38.54	85.36%	45.81	42.57	91.61%	45.3	40.6	90.65%	40.6	37.1	81.16%	39.1	30.2	78.18%
DL5C	50	9.25	7.86	15.72%	5.39	5.00	10.77%	4.15	3.80	8.29%	8.54	8.00	17.09%	10.00	8.00	20.00%	8.60	7.00	17.20%
DL6	38	24.13	26.63	70.08%	24.35	26.86	64.08%	30.76	28.02	80.93%	29.4	27.1	77.35%	25.4	25.2	66.76%			0.00%
DL7	38	36.60	38.27	100.71%	35.27	33.57	92.81%	34.82	33.20	91.63%	32.7	31.1	85.94%	30.2	29.0	79.48%	32.9	31.9	86.67%
DL8	63	57.92	61.22	97.18%	70.50	66.69	111.90%	50.87	47.30	80.75%	53.8	49.7	85.40%	44.4	42.5	70.44%			0.00%
DL9	60	18.93	22.3	37.11%	19.75	19.00	32.92%	25.69	21.84	42.82%	22.6	20.0	37.68%	32.2	37.9	53.70%			0.00%
DL10	38	28.56	30.98	81.52%	30.89	28.80	81.28%	30.35	28.32	79.87%	30.8	28.8	81.17%	29.2	27.6	76.80%	31.2	29.6	81.99%
DL11	60	18.93	22.27	37.11%	19.75	19.00	32.92%	25.58	21.74	42.63%	32.7	27.8	54.43%	37.9	32.2	63.18%	19.0	22.4	31.70%
DL12	60	18.83	22.15	36.92%	22.15	18.83	36.92%	27.63	23.49	46.05%	26.6	24.0	44.34%	19.1	16.2	31.78%	0.0	0.0	0.00%
DL13	50	30.61	32.92	65.85%	26.38	26.00	52.75%	28.50	25.86	57.01%	26.8	24.5	53.57%	26.1	22.2	52.29%	31.5	37.1	63.08%
DL14	50	43.97	51.7	103.45%	55.06	51.66	110.12%	52.04	47.10	104.09%	21.1	17.7	42.28%	24.1	20.5	48.18%			0.00%
DL15	50	6.79	8.0	15.99%	8.68	7.80	17.36%	8.44	9.93	16.89%	7.7	7.0	15.30%	7.7	6.5	15.30%	4.0	4.0	7.95%
DL16	38	8.28	8.73	22.97%	18.43	16.08	48.49%	10.02	9.60	26.38%	10.3	9.8	26.98%	10.3	9.8	26.98%	11.4	11.0	30.11%
DL17	38			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
DL18	50	35.67	38.80	77.61%	39.22	36.11	78.45%	40.43	37.27	80.85%	37.2	34.2	74.32%	29.5	27.1	59.01%			0.00%
DL19	50	21.49	23.29	46.58%	23.25	21.57	46.50%	23.27	21.77	46.54%	20.7	18.9	41.46%	15.6	14.2	31.13%			0.00%
DL20	50			0.00%	8.70	8.68	17.40%	10.35	8.62	20.70%	9.13	9.12	18.27%	11.4	10.8	22.73%	8.0	8.0	16.08%
DL21	50	36.37	39.66	79.32%	41.37	37.56	82.75%	44.04	41.13	88.08%	44.4	40.4	88.77%	39.5	36.3	79.03%	36.5	34.3	73.04%
DL22	50	36.50	39.61	79.22%	41.13	37.45	82.26%	44.02	41.14	88.03%	43.3	39.1	86.55%	39.6	36.4	79.30%	36.4	34.2	72.77%
DL23	88			0.00%			0.00%	44.80	41.85	50.91%			0.00%			0.00%			0.00%
DL24	73	23.96	26.16	35.84%	21.45	19.81	29.38%	26.54	23.92	36.35%	28.9	26.5	39.59%	23.2	21.3	31.81%	20.1	18.3	27.54%
DL25	77			0.00%			0.00%	57.01	52.40	74.04%			0.00%			0.00%			0.00%
DL26	120	49.59	52.74	43.95%	53.68	50.46	44.73%	53.01	49.66	44.18%	51.3	48.4	42.79%	50.9	48.2	42.40%	52.2	49.6	43.49%
DL27	120	16.56	17.28	14.40%	17.80	17.04	14.84%		17.04	0.00%	17.3	16.6	14.45%	17.2	16.4	14.35%	17.6	16.9	14.68%
DL28	120	13.08	13.60	11.33%	14.20	13.56	11.83%	16.14	15.48	13.45%	15.9	15.2	13.29%			0.00%			0.00%
DL29	120	50.32	53.15	44.29%	48.54	46.21	40.45%	53.94	51.23	44.95%	53.6	51.0	44.70%	56.9	54.0	47.42%	58.6	56.3	48.80%
DL30	1			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
DL31	1			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
DL32	1			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%

ANEXO 4.1 CARREGAMENTO DAS LINHAS DE TRANSPORTE

Tabela A4.1-5 Carregamento das Linhas de Transporte Sul

Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Anual		
Potência tomada Max [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Índice de carregamento %	Potência tomada Max [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Índice de carregamento %	Potência tomada Max [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Índice de carregamento %	Potência tomada Max [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Índice de carregamento %	Potência tomada Max [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Índice de carregamento %	Potência tomada Max [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Índice de carregamento %	Potência tomada Max [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Índice de carregamento %
199.76	198.85	41.70%	304.03	285.78	63.47%	153.85	144.44	32.12%	230.90	194.21	48.20%	220.8	184.21	46.09%			0.00%	304.03		63.47%
272.82	262.10	56.96%	356.75	355.59	74.48%	240.78	231.01	50.27%	269.00	266.88	56.16%	226.9	223.54	47.36%	236.9	230.3	49.45%	363.33		75.85%
284.02	270.96	59.29%	284.97	271.87	59.49%	190.78	182.00	39.83%	335.40	298.00	70.02%	349.7	333.59	73.00%	352.1	344.0	73.50%	365.85		76.38%
238.59	236.87	49.81%			0.00%	178.37	175.82	37.24%	162.78	157.27	33.98%			0.00%			0.00%	242.16		50.56%
50.73	49.00	10.59%	73.52	73.42	15.35%	65.99	64.17	13.78%	71.98	71.73	15.03%	68.6	68.41	14.33%	67.5	67.4	14.09%	76.61		15.99%
		0.00%			0.00%			0.00%	2.89	1.59	2.92%			0.00%			0.00%	47.03		47.51%
47.82	47.38	48.30%	49.53	48.93	50.03%	50.81	50.17	51.32%	50.85	50.00	51.37%			0.00%			0.00%	62.52		63.15%
81.79	81.07	82.61%	70.60	70.57	71.31%	77.75	77.35	78.53%	70.83	70.74	71.54%			0.00%	84.5	84.5	85.37%	84.52		85.37%
35.83	35.65	36.19%	33.68	33.51	34.02%	36.11	35.90	36.47%	33.65	33.52	33.99%	34.4	34.29	34.77%	33.1	33.0	33.44%	36.30		36.67%
		0.00%	15.52	14.88	15.67%	15.07	14.69	15.22%	14.31	14.22	14.45%			0.00%			0.00%	17.25		17.43%
		0.00%			0.00%			0.00%	5.27	5.25	5.32%			0.00%			0.00%	5.27		5.32%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.00		0.00%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.00		0.00%
17.88	17.24	26.29%	17.67	17.11	25.98%	15.22	14.56	22.38%	14.96	14.42	22.00%	15.7	15.13	23.12%	22.1	22.5	32.54%	22.13		33.07%
7.76	7.31	7.84%	8.95	8.65	9.04%	9.51	9.32	9.61%	8.03	8.00	8.11%	9.64	9.76	9.74%	9.1	8.7	9.22%	14.29		14.44%
85.11	79.31	70.93%	47.37	44.75	39.48%	49.39	46.60	41.16%	59.43	54.45	49.53%	54.31	51.75	45.26%	58.5	57.4	48.78%	92.82		77.35%
32.53	30.64	65.06%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	32.53		65.06%
50.98	42.95	101.96%	48.16	35.58	96.32%	42.99	35.15	85.97%	57.42	54.08	114.84%	52.1	48.24	104.29%	50.8	46.9	101.53%	57.42		114.84%
50.88	42.82	101.77%	47.77	35.60	95.54%	42.68	35.18	85.35%	57.26	53.97	114.53%	52.0	48.18	103.94%	50.6	46.8	101.15%	57.26		114.53%
7.94	7.58	15.89%	7.94	7.58	15.89%	10.00	8.00	20.00%			0.00%			0.00%			0.00%	10.00		20.00%
37.14	34.48	97.75%	47.63	43.94	125.34%	43.91	40.61	115.55%			0.00%			0.00%			0.00%	47.63		125.34%
30.63	29.67	80.60%	36.47	35.30	95.97%	43.10	41.52	113.43%	36.84	35.15	96.94%	33.0	31.85	86.78%	32.4	31.1	85.27%	43.10		113.43%
56.05	50.88	88.98%	24.63	23.96	39.10%	26.21	25.44	41.60%	26.66	25.00	42.32%	27.1	26.11	42.96%	26.4	25.54	41.94%	70.50		111.90%
33.58	39.51	55.97%			0.00%			0.00%	35.40		29.50%	39.5	33.58	65.84%	54.35	40.00	90.58%	54.35		90.58%
31.61	30.00	83.18%	36.21	33.84	95.30%	30.70	29.28	80.79%	35.88	33.60	94.43%			0.00%	22.66	21.00	59.64%	36.21		95.30%
39.51	33.58	65.84%			0.00%			0.00%	35.17	33.00	29.31%	39.4	33.48	65.65%	54.35	40.00	90.58%	54.35		90.58%
42.70	36.30	71.17%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	42.70		71.17%
38.73	34.92	77.47%	8.80	7.60	17.60%	61.22	55.56	51.02%	31.56	28.59	63.11%	57.0	51.67	47.54%	58.06	63.69	48.39%	61.22		127.38%
45.03	52.98	37.53%	48.64	41.34	40.53%	50.47	42.90	42.06%	56.52	51.00	47.10%	80.8	68.71	67.37%	84.84	74.00	70.70%	84.84		169.67%
6.60	7.76	13.20%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	9.93		19.87%
13.15	11.16	34.60%	18.44	17.52	48.53%	9.31	9.00	24.51%	13.85	9.48	36.44%			0.00%			0.00%	18.44		48.53%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.00		0.00%
50.21	47.37	100.43%	43.72	40.06	54.65%	32.99	30.35	41.23%	20.96	18.84	41.93%			0.00%	44.14	40.81	88.27%	50.21		100.43%
35.09	32.69	70.18%	18.58	16.86	23.23%	19.00	17.21	23.75%	36.87	33.74	73.73%			0.00%	26.17	24.07	52.34%	36.87		73.73%
8.10	8.18	16.20%	8.18	8.18	16.36%	9.16	9.16	18.32%	9.44	9.34	18.88%			0.00%			0.00%	11.37		22.73%
39.32	35.77	78.64%	33.61	35.72	67.22%	33.51	31.21	67.02%	25.91	23.65	51.82%	30.6	27.73	61.18%	31.66	28.87	63.31%	44.38		88.77%
39.58	36.46	79.16%	33.74	35.62	67.49%	33.31	31.15	66.61%	25.78	23.52	51.57%	30.5	27.74	61.09%	31.70	28.95	63.40%	44.02		88.03%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	44.80		50.91%
19.71	18.07	27.00%	23.45	21.46	32.12%	24.17	22.73	33.11%	27.96	26.40	38.31%			0.00%			0.00%	28.90		39.59%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	57.01		74.04%
51.58	49.34	42.98%	49.93	49.95	41.61%	48.14	46.85	40.11%			0.00%			0.00%	50.66	48.05	42.22%	53.68		44.73%
17.56	16.92	14.63%	17.09	16.44	14.24%	15.40	14.88	12.83%	15.76	15.12	13.13%	15.5	14.88	12.96%	17.32	18.23	14.43%	17.80		15.19%
14.84	14.40	12.37%	15.11	14.64	12.59%	15.99	15.36	13.32%	16.55	15.84	13.79%	16.0	15.36	13.35%			0.00%	16.55		13.79%
59.57	56.84	49.64%	58.76	57.27	48.97%	66.17	62.14	55.14%			0.00%			0.00%			0.00%	66.17		55.14%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.00		0.00%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.00		0.00%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.00		0.00%

ANEXO 5 DADOS DOS TRANSFORMADORES DA REDE DE TRANSPORTE

Tabela A5-6 Parametros Nominais dos Transformadores da Rede de Transporte Sul

Item	Subestação	Nr. Transformador	Numero de Serie	UN1 [kV]	UN2 [kV]	UN3 [kV]	SN1 [MVA]	SN2 [MVA]	SN3 [MVA]	Tensão Curto Circuito [%]	Grupo ligação
1	Maputo	TR1	30046	400	275	11	400	400	40	12.4	YNa0d1
2		TR2	S-0100A	400	275	11	400	400	40	13.2	YNa0d1
3	Maputo 275	TR1	10114201-1	275	66	22	120	120	40	11.94	YNa0d11
4		TR2	10114201-2	275	66	22	120	120	40	11.89	YNa0d11
5	INFUELENE	TR1	C - 0620A	275	66	11	150/250	150/250	40/40	11.7	N,y0,d11
6		TR2	60599	275	66	11	66	66	0.5	11.17	N,y0,d11
7		TR2 (Novo)	A1LE7122T001	275	66	11	250	250	40	13.51	YNa0d11
8		TR3	28958	275	66	10.5	120	120		11	YN,y0,d11
9		TR4	C - 0126A	275	110		35/50	35/50		15.1	Ynyn0+d
10		TR5	7288060	110	66	0.4	30	30	0.2	8.97	Ynyn0+d
11		TR6	7288064	110	60	0.4	30	30	0.2	8.97	Ynyn0+d
12		TR MOVEL	03.2.4337		66	33		10	10	0.075	9.85
13	SE Matola 275	TR1	811980	275	66	33	160	160	20	15.4	YNyn0d11
14		TR2	C0125A	275	66	33	112/160	112/160	53	15.9	YNyn0d11
15		TR3	811981	275	66	33	160	160	20	15.42	YNyn0d12
16		TR5	01 2 4012	66	33		10	10		10.61	YNyn0+d
17		Cascata TRA	27002	275	132	22	125	125	20	11.8	YNd1
18	Cascata TRB	30990	132	66	22	80	80	10	10.9	YNa0d1	
19	CTM	TR13	110 73659	66	11		30	30		12.3	YNyn0+d
20		TR6	13041C	33	11		43	43		11	Yd11
21	CTM - CC	TR1 (GSUT1-1)	516072	66	11		95	95			
22	SE1	TR2		33	11		20	20			
23		TR3	30281303	66	11		30	30		13.11	Dyn11
24	SE2	TR2	30281302	66	11		22/30	22/30		13.11	Dyn11
25		TR1	7650C	30	11		25	25		12.5	Yd1
26	SE3	TR1	26513	33	11		20	20		6.61	Dyn0
27		TR2	30287101	66	11		22/30	22/30		13.11	Dyn11
28		TR3	C13697	66	11		30	30		12.3	Dyn11
29	SE4	TR1	30281301	66	11		22/30	22/30		13.11	Dyn11
30	SE5	TR1	7476905	66	11		20	20		9.9	Dyn11
31		TR2	C13698	66	11		20	20		10.1	Dyn11
32	SE6	TR	C-0525A	66	33	11	28/40	28/40	16.8/24	10.2	Dyn11yn11
33	SE7	SE Móvel	06 4 0723	66	11		20	20		11.8	YNyn0 + d
34		TR1	30281201	66	11		22/30	22/30		13.11	Dyn11
35	SE8	TR1	1L1T00302A	66	11		30	30		10.59	Dyn11
36	SE9	TR1	1L1T00302B	66	11		30	30		10.49	Dyn11
37		TR2	C13696	66	30		22/30	22/30		11.8	YNyn0(d)
38	SE10	TR1	C-0524A	66	33		28/40	28/40		10.7	Dyn-11
39		TR2	C-0523A	33	11		12	12		9.72	Dyn-11
40	SE11	TR1	C-0522A	66	33		28/40	28/40		10.7	Dyn11
41		TR2	C-0526A	33	11		12	12		9.72	Dyn11
42	Machava	TRI(NOVO)	10111814-5	66	33	11	40	40	13.33	11.2	YNyn0D11
43		TR1	30436	66	33		30	30		10.2	Dyn11
44		TR2(NOVO)	10111814-4	66	33	11	40	40	13.33	11.2	YNyn0D11
45		TR2	C11907	60	30		30	30		11.4	YNyn0
46	Beluluane	TR2	7853598	66	33	11	20	12	12	5.35	Dyn11yn11
47		TR1	T2526	66	11		20	20		9.76	Dyn11
48	Matola Gare	TR1	30434	66	33		30	30		10	Dyn11
49		TR2	19401C	60	30		10	10		9.3	Yy0
50		SE Móvel	19233773	66	33		20	20		16.2	YNyn0+d
51	Khongolote	TR1	ET10662/1	66	33		30/40	30/40		11.1	YNyn0d11
52		TR2	10111814-13	66	33	11	30/40	30/40	10/13.3	11.11	YNyn0d11
53	Matola Rio	TR1	7476904	60	30		30	30		12	Ynyn0+d
54	Salamanga	TR1	01 2 4013	66	11		10	10		10.65	YNyn0+d
55		TR1	01 2 4014	66	33		10	10		10.76	YNyn0+d
56	Boane	TR1	7146331	66	33		30	30		12.9	YNyn0
57	Curumana	TR1	5800553	11	110		9	9		8.3	YNd5
58		TR2	5800554	11	33	110	9	9		8.4	YNyn0d5
59	Marracuene	TR1	C-0637A	66	33		14/20	14/20		9.88	Dyn11
60	SE Movel Bobole	SE Movel	420420	110	33	0	10	10			YNyn0yn0+d
61	CDM	TR1		33	11		20	20			
62	Manhica	TR1	110-7341	60	30		30	30		12.3	YNyn0+d
63	Macia	TR1	05P0087	110	33		16	16		9.11	YNyn0
64		TR2	10111814-1	110	33		40	40		10.53	YNyn0+d1
65		SE Movel	10221000222	110	33	22	10	10	N/A	10.5	YNyn0+d
66	Lionde	TR2	01 2 4011	110	33		10	10		11.16	YNyn0 + d
67		TR3	1622026	110	33		40	40		10.2	Dyn
68	Kuvaninga	TR1	W1461440	11	110		40/55	40/55		11.7	YNd1
69	Chicumbane	TR1	C0510A	110	33		40	40		10.4	Nyn0 + d1
70	Movel de Chonguene	SE Movel									
71	Lindela	TR1	7288057	110	33		16	16		9.98	YNyn0
72		TR2	7288058	110	33		16	16		10.11	YNyn0
73	Dzimbene	TR1	10035811-1	275	110	33	250	250		12.24	YNa0d11
74		TR2	10065430-3	275	110	33	250	250		12.1	YNa0d11
75	Mapai	TR1	10006560-0004	110	33		16	16		9.72	YNynd11
76	Massinga	TR	10035811-2	110	33		30	30		11.45	Nyn0+d11

ANEXO 6.0 CARREGAMENTO DOS TRANSFORMADORES

Tabela A6.0-7 Carregamento dos Transformadores da Rede de Transporte Sul

2022					Janeiro		Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho		
Item	Subestação	Transformador	Capacidade [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Pontência tomada Max [MVA]	Indice de carregamento %	Pontência tomada [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Pontência tomada [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Pontência tomada [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Pontência tomada [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Pontência tomada [MVA]	Pontência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %
1	Matola 275	TR1	160	61.24	72.05	45.03%	72.96	62.02	45.60%	70.79	60.17	44.24%	61.54	57.00	38.46%	50.24	42.70	31.40%	37.11	31.54	23.19%
		TR2	160	61.24	72.05	45.03%	72.96	62.02	45.60%	70.45	59.88	44.03%	62.00	57.00	38.75%	50.47	42.90	31.54%	36.42	30.96	22.76%
2	Infulene	TR1	250	163.11	174.79	69.92%	177.46	165.37	70.98%	210.66	195.49	84.26%	209.91	193.65	83.96%	206.07	195.24	82.43%	187.97	168.16	75.19%
		TR2	250	149.34	161.37	64.55%	163.07	151.11	65.23%	155.32	145.62	62.13%	185.20	173.26	74.08%	208.97	193.47	83.59%	208.54	198.02	83.42%
		TR3	120			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
		TR4	50			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
		TR5	30	6.9	7.29	24.32%	7.03	7.01	23.43%	6.12	5.94	20.40%	3.99	3.50	13.31%	28.52	28.40	95.07%	13.77	12.37	45.89%
		TR6	30	6.94	7.34	24.45%	7.08	7.06	23.60%	6.16	5.97	20.52%	3.98	2.63	13.27%	28.63	28.51	95.42%	13.65	12.26	45.51%
3	Dzimbene	TR2	250	52.10	52.75	21.10%	60.86	60.76629	24.34%	71.28	71.28	28.51%	76.12	75.78	30.45%	77.00	75.65	30.80%	62.30	61.73	24.92%
4	CTM	TR2	30			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
		TR13	30	22.00	23.02	76.74%	22.85	21.00	76.16%	23.09	22.00	76.96%	22.47	21.00	74.91%	30.36	29.00	101.21%	26.40	25.00	88.00%
5	SE1	TR3	30	24.05	25.47	84.88%	20.93	19.89	69.76%	25.77	24.23	85.89%	28.09	26.73	93.63%	22.88	21.50	76.26%	19.42	18.21	64.74%
6	SE2	TR2	30	17.81	19.35	64.51%	20.52	18.71	68.40%	21.50	19.67	71.67%	20.31	18.53	67.69%	17.80	15.96	59.33%	15.65	14.24	52.15%
7	SE3	TR2	30	19.37	20.39	67.95%	20.24	19.37	67.48%	20.73	19.92	69.09%			0.00%	3.85	3.46	19.23%	3.28	2.94	16.42%
		TR3	30	19.61	20.95	69.82%	20.75	19.57	69.18%	27.76	26.31	92.53%	28.68	27.35	95.60%	18.90	18.04	63.00%	16.66	15.59	55.52%
8	SE4	TR1	30	8.28	8.73	29.09%	18.43	16.08	61.42%	10.02	9.60	33.41%	10.25	9.84	34.18%	10.25	9.84	34.18%	11.44	11.04	38.13%
9	SE5	TR1	20	16.26	17.23	86.13%	17.53	16.64	87.63%	15.14	14.27	75.71%	15.20	14.40	76.00%	11.05	10.41	55.26%	11.60	11.14	58.02%
		TR2	20	16.19	17.14	85.72%	17.41	16.51	87.03%	15.08	14.21	75.40%	15.06	14.27	75.29%	10.98	10.32	54.89%	11.48	10.94	57.42%
10	SE6	TR1	40	20.76	22.32	55.81%	21.80	20.56	54.51%	21.05	19.82	52.63%	20.53	19.30	51.32%	19.63	18.24	49.08%	19.38	18.56	48.46%
11	SE7	TR1	30	20.95	22.22	74.07%	27.21	25.16	90.69%	28.73	26.83	95.76%	29.81	27.74	99.37%	23.80	22.42	79.35%	22.55	21.33	75.15%
12	SE8	TR1	30	22.93	23.80	79.32%	24.39	23.50	81.30%	24.86	23.95	82.87%	25.09	24.21	83.62%	22.35	21.79	74.49%	22.34	21.67	74.45%
13	SE9	TR1	30	15.64	16.21	54.04%	16.12	15.47	53.75%	15.74	15.09	52.45%	13.32	12.80	44.39%	14.63	14.26	48.76%	14.66	14.21	48.86%
14	SE9	TR2	30	8.02	8.63	28.78%	7.97	7.72	26.57%	8.89	8.32	29.64%	2.31	2.20	7.70%	6.30	6.04	21.01%	6.50	6.20	21.65%
15	SE10	TR1	40	32.26	33.47	83.67%	34.52	33.216	86.31%	33.63	32.45	84.07%	32.55	31.49	81.38%	33.81	33.12	84.54%	32.81	31.97	82.03%
16	SE11	TR1	40	13.08	13.60	34.00%	14.20	13.56	35.49%	16.14	15.48	40.34%	15.94	15.24	39.86%	14.74	14.16	36.84%	14.56	14.04	36.39%
17	Marracuene	TR1	20	16.56	17.28	86.38%	17.80	17.04	89.02%	17.88	17.04	89.38%	17.35	16.56	86.73%	17.22	16.41	86.08%	17.62	16.92	88.10%
18	Boane	TR1	30	17.72	21.01	70.02%	21.74	18.32	72.48%	21.94	18.78	73.15%	21.14	17.66	70.47%	20.82	17.50	69.40%	19.95	17.22	66.51%
19	Beluluane	TR1 33KV	20	10.40	10.60	53.00%	10.79	10.50	53.97%	8.97	8.70	44.87%	9.79	9.60	48.93%	8.72	8.63	43.61%	9.03	8.90	45.14%
20	Beluluane	TR1 11KV	20	9.78	10.31	51.55%	10.66	10.18	53.32%	9.66	9.16	48.29%	9.95	9.54	49.74%	9.41	8.74	47.07%	9.03	8.76	45.14%
21	Salamanga	TR1	10	4.78	5.62	56.24%	4.20	4.20	42.00%	5.91	4.18	59.11%	4.39	4.38	43.95%	6.32	6.32	63.20%	3.86	3.86	38.60%
		TR2	10	5.14	6.05	60.47%	4.50	4.48	45.00%	4.44	4.44	44.40%	4.74	4.74	47.40%	5.05	4.50	50.45%	4.18	4.18	41.80%
22	Matola Rio	TR1	30	22.51	23.15	77.15%	22.61	22.01	75.37%	23.19	22.46	77.29%	22.91	22.22	76.37%	20.67	18.30	68.91%	20.59	20.36	68.64%
23	Manhica	TR1	30	9.25	7.86	26.20%	5.39	5.00	17.95%	4.15	3.80	13.82%	8.54	8.00	28.48%	8.54	8.00	28.48%	10.00	8.00	33.33%
24	Machava	TR1	40	22.32	24.01	60.02%	25.52	20.44	63.79%	30.76	28.02	76.89%	29.39	27.07	73.48%	25.37	25.15	63.42%	27.01	25.19	67.53%
		TR2	40	24.62	25.72	64.31%	24.76	23.27	61.90%	23.12	21.79	57.80%	22.38	21.05	55.94%	20.18	21.26	50.45%	31.71	29.74	79.27%
25	Matola Gare	TR1	30	25.30	26.17	87.22%	28.39	27.36	94.63%	28.75	27.83	95.85%	22.62	21.79	75.41%	23.49	22.64	78.32%	22.30	21.70	74.34%
		TR2	10	9.48	11.15	111.53%	11.48	9.76	114.82%	10.02	9.59	100.19%	10.71	9.10	107.06%	8.75	8.43	87.52%	8.47	8.24	84.71%
26	Khongolote	TR1	40	29.56	30.67	76.66%	31.87	30.68	79.67%	30.81	29.66	77.04%	31.52	30.02	78.80%	30.48	29.86	76.19%	31.79	30.93	79.47%
26	Khongolote	TR2	40	8.56	8.87	22.16%	8.43	8.73	21.07%	13.38	13.88	33.44%			0.00%	14.06	13.71	35.16%	16.93	16.55	42.32%
28	Infulene- MVL	MVL	10	7.99	8.23	82.27%	9.35	7.95	93.53%	9.25	7.86	92.47%	8.05	7.90	80.53%	8.21	8.06	82.11%	9.54	9.25	95.37%
29	SE MVL	Beluluane	20			0.00%	7.74	6.82	38.70%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
30	Sabie	TR1	10			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%
31	Mozal	TR1	10	3.72	4.38	43.76%	4.33	3.68	43.29%	4.40	3.74	44.00%	4.33	3.68	43.29%	4.35	3.70	43.53%	3.94	3.68	39.45%
32	Limak	TR1	10	2.99	3.52	35.18%	4.00	3.4	40.00%	3.53	3.00	35.29%	3.45	2.93	34.47%	3.49	2.97	34.94%	3.45	2.93	34.47%
33	Xinavane	TR1	20	4.68	5.51	27.53%	7.41	6.48	37.06%	7.58	6.46	37.89%	8.88	7.44	44.41%	15.54	12.41	77.72%	8.57	7.20	42.83%
		TR2	20	4.40	5.18	25.88%	2.06	1.90	10.31%	7.53	6.40	37.65%	8.71	7.40	43.57%	9.72	7.80	48.60%	8.46	7.10	42.30%
34	Macia	TR1	16	2.4	2.82	17.65%	10.03	9.7	62.68%	2.28	1.94	14.26%	1.96	1.96	12.25%	1.95	1.86	12.21%	2.69	2.56	16.80%
35	Macia	TR2	40	10	11.76	29.41%	12.94	11.00	32.35%	10.59	9.00	26.47%	9.22	9.00	23.05%	8.06	8.03	20.14%	7.00	7.00	17.50%
36	Lionde	TR3	40	9.9	11.65	29.12%	8.80	8.8	22.00%	10.05	10.00	25.12%	9.72	9.70	24.30%	8.90	8.90	22.25%	8.38	8.38	20.95%
37	Chicumbane	TR1	40	17.36	20.42	51.06%	18.03	17.00	45.07%	23.77	23.00	59.42%	24.52	24.00	61.29%	22.80	22.00	57.01%	23.35	23.00	58.36%
38	Lindela	TR1	16	9.26	10.89	68.09%	6.26	6.26	39.13%	6.24	6.24	39.00%	9.14	9.14	57.13%	8.68	8.68	54.26%	9.26	9.25	57.86%
39		TR2	16	15.02	15.48	96.78%	6.34	6.34	39.63%	6.30	6.30	39.38%	11.06	10.90	69.12%	8.74	8.74	54.63%	12.59	11.72	78.68%
40	Massinga	TR1	30	13.36	15.72	52.39%	4.67	4.67	15.57%	14.29	14.01	47.64%	14.00	14.00	46.67%	7.45	7.42	24.84%	7.28	7.24	24.26%
41	Chonguene	MVL	10	7.99																	

ANEXO 6.1 CARREGAMENTO DOS TRANSFORMADORES

Tabela A6.1-8 Carregamento dos Transformadores da Rede de Transporte Sul

Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Anual		
Potência tomada [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Potência tomada [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Potência tomada [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Potência tomada [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Potência tomada [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Potência tomada [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %	Potência tomada Max [MVA]	Potência tomada Max [MW]	Indice de carregamento %
86.09	73.18	53.81%	31.29	26.59	19.55%	56.52	48.04	35.32%	103.3	81.00	64.58%	90.66	77.06	56.66%	98.65	86.00	61.66%	103.33		64.58%
86.09	73.18	53.81%	31.29	26.59	19.55%	55.72	47.36	34.82%	82.7	73.00	51.67%	91.34	77.64	57.09%	99.11	91.00	61.94%	99.11		61.94%
190.11	178.74	76.05%	213.95	195.43	85.58%	119.97	113.23	47.99%	231.8	210.28	92.72%	222.70	205.87	89.08%	236.89	222.61	94.76%	236.89		94.76%
212.92	202.50	85.17%	195.66	186.66	78.26%	212.41	190.43	84.96%	148.5	148.48	59.39%	182.93	171.23	73.17%	199.02	174.03	79.61%	212.92		85.17%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	32.13	30.99	26.78%	32.13		26.78%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.00		0.00%
19.84	18.90	66.12%	25.48	24.91	84.94%	7.52	7.40	25.07%	8.1	7.34	27.13%	26.14	26.01	87.12%	27.88	27.33	92.94%	28.52		95.07%
19.81	18.88	66.03%	25.53	24.95	85.10%	13.29	13.03	44.31%	9.6	7.34	31.84%	3.93	3.51	13.10%	15.21	14.99	50.69%	28.63		95.42%
51.29	49.63	20.51%	74.08	73.94	29.63%	67.01	64.65	26.81%	73.1	72.72	29.23%	69.08	68.93	27.63%	68.18	68.11	27.27%	77.00		30.80%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.00		0.00%
26.57	25.00	88.57%	26.93	25.00	89.75%	15.23	14.00	50.77%	19.65	19.00	65.49%	27.74	22.00	92.47%	23.09	22.00	76.96%	30.36		101.21%
19.30	18.06	64.33%	23.45	21.46	78.17%	24.17	22.73	80.58%	28.0	26.40	93.21%	18.64	19.70	62.13%	27.06	26.02	90.19%	28.09		93.63%
15.52	14.58	51.74%	15.62	14.20	52.07%	16.73	15.36	55.75%	19.3	17.52	64.40%	19.94	18.06	66.46%	19.75	17.94	65.84%	21.50		71.67%
3.29	2.99	16.47%	11.39	10.84	56.93%	10.92	10.47	54.62%	16.7	15.94	83.29%	18.68	17.76	93.38%	19.68	18.82	98.42%	20.73		69.09%
17.45	16.70	58.17%	23.81	22.49	79.37%	26.17	24.86	87.25%	29.4	27.82	98.08%	22.88	21.54	76.28%	24.20	22.83	80.65%	29.42		98.08%
13.15	11.16	43.83%	18.44	17.52	61.48%	9.31	9.00	31.05%	13.8	7.90	46.16%	12.18	11.24	40.58%	8.44	8.06	28.13%	18.44		61.48%
10.67	10.11	53.33%	10.53	9.92	52.63%	10.87	10.24	54.35%	17.3	16.40	86.52%	18.13	17.06	90.66%	18.65	17.86	93.24%	18.65		93.24%
10.50	9.92	52.52%	10.37	9.73	51.84%	10.71	10.05	53.56%	13.1	12.67	65.37%	14.56	15.11	72.79%	14.22	13.44	71.09%	17.41		87.03%
19.70	18.87	49.26%	24.96	23.72	62.40%	22.07	21.00	55.19%	28.3	26.15	70.78%	19.78	18.71	49.46%	22.16	21.03	55.39%	28.31		70.78%
21.37	20.26	71.23%	23.33	22.09	77.76%	23.45	22.20	78.18%	26.1	24.68	87.12%	23.93	22.26	79.75%	26.33	24.71	87.76%	29.81		99.37%
22.31	21.83	74.38%	24.63	23.96	82.10%	26.21	25.44	87.35%	26.7	25.00	88.87%	27.07	26.11	90.22%	26.42	25.54	88.08%	27.07		90.22%
12.72	12.37	42.41%	13.90	13.48	46.35%	14.64	14.18	48.80%	14.3	13.40	47.66%	12.88	12.32	42.92%	15.77	15.12	52.56%	16.21		54.04%
5.49	5.22	18.30%	7.46	7.18	24.86%	12.48	11.98	41.58%	5.8	5.40	19.22%	3.59	3.46	11.95%			0.00%	12.48		41.58%
32.46	31.68	81.15%	32.64	33.49	81.60%	32.74	31.97	81.85%	33.7	32.64	84.17%	34.05	32.11	85.12%	32.55	30.71	81.38%	34.52		86.31%
14.84	14.40	37.11%	15.11	14.64	37.76%	15.99	15.36	39.97%	16.8	16.35	41.93%	16.07	16.52	40.18%	16.63	15.96	41.58%	16.77		41.93%
17.56	16.92	87.78%	17.29	16.46	86.44%	15.40	14.88	76.99%	15.8	15.03	78.79%	15.68	14.89	78.41%	18.23	17.32	91.17%	18.23		91.17%
21.24	19.52	70.81%	24.46	22.20	81.55%	22.87	19.10	76.24%	23.1	19.86	76.97%	21.64	18.34	72.13%	22.72	19.04	75.74%	24.46		81.55%
9.06	8.90	45.30%	9.24	9.10	46.20%	9.71	9.50	48.54%	11.1	10.24	55.30%	10.58	10.30	52.88%	10.50	10.67	52.50%	11.06		55.30%
10.38	9.42	51.90%	9.87	9.04	49.35%	10.04	9.24	50.22%	10.8	10.60	53.84%	11.15	10.26	55.74%	10.20	10.12	51.02%	11.15		55.74%
3.94	3.94	39.40%	3.94	3.94	39.40%	4.46	4.46	44.60%	4.44	4.44	44.40%	4.24	4.22	42.45%	5.37	5.32	53.71%	6.32		63.20%
4.16	4.14	41.60%	4.24	4.24	42.40%	4.70	4.70	47.00%	5.0	4.90	50.00%	4.46	4.44	44.64%	5.74	5.68	57.39%	6.05		60.47%
21.08	20.42	70.26%	21.87	21.17	72.89%	22.62	22.51	75.40%	27.6	24.90	92.01%	28.42	25.10	94.72%	25.34	24.78	84.46%	28.42		94.72%
8.60	7.00	28.67%	7.94	7.58	26.48%	10.00	8.00	33.33%	8.2	8.00	27.49%	8.82	7.04	29.41%	10.84	8.54	36.14%	10.84		36.14%
31.85	30.0	79.61%	25.88	28.42	64.69%	30.68	29.00	76.69%	33.2	31.00	83.10%	27.86	26.00	69.64%	34.00	30.00	85.00%	34.00		85.00%
23.51	22.30	58.77%	24.51	23.52	61.26%	24.55	22.29	61.38%	27.9	27.04	69.72%	26.91	25.30	67.28%	23.24	21.61	58.10%	31.71		79.27%
22.31	21.67	74.36%	24.35	23.59	81.17%	25.35	24.60	84.51%	25.7	25.00	85.70%	24.04	23.00	80.14%	27.83	26.94	92.78%	28.75		95.85%
9.13	8.83	91.32%	9.12	8.82	91.19%	8.28	7.92	82.80%	10.1	9.72	101.03%	8.55	8.19	85.48%	10.00	9.64	45.48%	11.48		114.82%
32.10	31.20	80.26%	33.25	32.58	83.13%	38.73	37.21	96.82%	36.3	34.53	90.85%	27.05	26.43	67.62%	30.12	28.49	75.29%	38.73		96.82%
17.50	17.10	43.76%	17.57	17.11	43.92%	17.44	16.93	43.60%	17.6	17.03	44.08%	17.16	16.61	42.91%	16.89	16.25	42.22%	17.63		44.08%
9.63	9.35	96.32%	11.18	10.91	111.80%	10.94	10.69	109.43%	9.3	9.00	93.15%	8.23	8.23	82.26%	8.33	8.13	83.25%	11.18		111.80%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	7.74		38.70%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	3.32	3.17	33.21%			0.00%	3.32		33.21%
4.20	3.68	41.98%	4.19	3.70	41.90%	4.23	3.70	42.25%	4.2	3.66	41.90%	4.13	3.68	41.33%			0.00%	4.40		44.00%
1.66	1.41	16.59%	3.47	2.95	34.71%	2.32	1.97	23.18%	1.53	1.30	15.29%			0.00%			0.00%	4.00		40.00%
7.64	6.39	38.18%	15.47	12.88	77.33%	17.66	14.40	88.29%	9.1	7.64	45.52%	9.93	8.20	49.65%	11.39	9.49	56.93%	17.66		88.29%
7.66	6.30	38.30%	7.85	6.50	39.25%	9.04	7.40	45.22%	9.1	7.60	45.49%	20.01	16.48	100.04%	12.43	10.20	62.14%	20.01		100.04%
1.68	1.58	10.52%	2.01	1.88	12.58%	3.71	3.56	23.16%	1.8	1.82	11.38%	2.34	2.34	14.63%	4.40	4.18	27.51%	10.03		62.68%
7.00	7.00	17.50%	8.00	7.96	20.00%	10.20	10.00	25.50%	9.2	9.00	23.05%	10.05	10.00	25.12%	10.05	10.00	25.12%	12.94		32.35%
8.50	8.50	21.25%	9.10	9.10	22.75%	10.80	10.80	27.00%	9.8	9.70	24.50%	9.38	9.24	23.44%	11.54	11.50	28.86%	11.65		29.12%
23.19	23.00	57.99%	23.19	23.00	57.99%	24.00	24.00	60.00%	25.6	25.00	64.08%	26.00	26.68	65.00%	21.19	20.00	52.97%	26.68		66.71%
8.63	8.54	53.94%	8.76	8.64	54.76%	8.65	8.43	54.09%	8.6	8.48	53.47%	8.56	8.56	53.50%	9.49	9.34	59.28%	10.89		68.09%
8.74	8.63	54.63%	9.01	8.76	56.30%	8.85	8.52	55.29%	8.6	8.52	53.97%	8.60	8.60	53.76%	9.58	9.41	59.88%	15.48		96.78%
7.25	7.21	24.17%	8.57	8.53	28.56%	9.31	9.22	31.03%	8.0	8.00	26.77%	9.64	9.76	32.13%	9.13	8.71	30.44%	15.72		52.39%
6.53	6.52	65.31%	6.78	6.77	67.80%			0.00%			0.00%	1.63	1.63	16.29%			0.00%	9.40		94.00%
		0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			0.00%	0.39		2.43%

ANEXO 7 PARÂMETROS DO MODELO DA MÁQUINA SÍNCRONA

Tabela A7-9 Parametros do Modelo da Maquina Sincrona

#	Central	U (kV)	P (MW)	Sb (MVA)	Xs (pu)	Xd (pu)	Xd'	Xd''	Xq	Xl	X2 (pu)	X0 (pu)	T'do	T''do	T''qo	H	D	S(1.0)	S(1.2)
1	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
2	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
3	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
4	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
5	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
6	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
7	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
8	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
9	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
10	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
11	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
12	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
13	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
14	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
15	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
16	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
17	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
18	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
19	CTRG	15	9.45	10	0.14	1.636	0.224	0.14	0.815	0.117	0.14	0.083	8.648	0.05	0.144	1.095	0.0	0.156	0.509
20	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
21	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
22	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
23	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
24	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
25	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
26	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
27	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
28	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
29	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
30	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
31	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
32	GIGAWATT	11	9.34	11.68	0.218	2.271	0.335	0.218	1.145	0.188	0.218	0.107	7.883	0.05	0.1277	1.0	0.0	0.231	0.743
33	CORUMANA	11	8.3	9	0.225	1.9	1.8	0.225	0.55	0.16	0.225	0.11	7.00	0.05	0.08	4.06	0.0	0.075	0.15
34	CORUMANA	11	8.3	9	0.225	1.9	1.8	0.225	0.55	0.16	0.225	0.11	7.00	0.05	0.08	4.06	0.0	0.075	0.15
35	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
36	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
37	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
38	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
39	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
40	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
41	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
42	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
43	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.18	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
44	KUVANINGA	11	4.01	5.01	0.19	1.76	0.29	0.18	1.82	0.188	0.29	0.11	3.20	0.05	0.05	1.36	0.0	0.236	0.856
45	CTCCM	11	48.066	56.55	0.19	2.14	0.29	0.19	1.13	0.13	0.23	0.12	9.70	0.05	0.12	1.07	0.0	0.231	0.743
46	CTCCM	11	28.87	33.97	0.17	2.04	0.27	0.17	1.04	0.11	0.22	0.11	8.40	0.05	0.12	0.92	0.0	0.231	0.743
47	CTCCM	11	48.066	56.55	0.19	2.14	0.29	0.19	1.13	0.13	0.23	0.12	9.70	0.05	0.12	1.07	0.0	0.231	0.743

ANEXO 8 PARÂMETROS DO MODELO DA EXCITAÇÃO

Tabela A8-10 Parametros do Modelo da Exciatriz da Maquina Sincrona

#	Central	U (kV)	P (MW)	Sb (MVA)	Modelo	TR (seg)	KA	TA (seg)	VRmax	Vrmin	KE	TE	KF	TF	Switch=0	E1	SE(E1)	E2	SE(E2)
1	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
2	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
3	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
4	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
5	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
6	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
7	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
8	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
9	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
10	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
11	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
12	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
13	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
14	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
15	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
16	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
17	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
18	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
19	CTRG	15	9.45	10	ESA5A	0.02	640	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	1.0	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
20	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
21	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
22	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
23	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
24	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
25	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
26	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
27	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
28	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
29	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
30	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
31	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
32	GIGAWATT	11	9.34	11.68	ESA5A	0.02	640	0.1	8.1	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.9	0.08	3.95	0.3
33	CORUMANA	11	8.3	9	IEEET1	0.000	200.000	0.04	6.00	-6.00	1	0.6	0.09	1.46	0.000	3.60	0.46	4.8	0.656
34	CORUMANA	11	8.3	9	IEEET1	0.000	200.000	0.04	6.00	-6.00	1	0.6	0.09	1.46	0.000	3.60	0.46	4.8	0.656
35	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
36	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
37	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
38	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
39	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
40	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
41	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
42	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
43	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.65	0.072	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
44	KUVANINGA	11	4.01	5.01	ESA5A	0.06	40	0.1	9	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
45	CTCCM	11	48.066	56.55	ESA5A	0.02	12	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
46	CTCCM	11	28.87	33.97	ESA5A	0.02	12	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3
47	CTCCM	11	48.066	56.55	ESA5A	0.02	12	0.1	5	-8.1	1	0.26	0.01	0.1	0.0	2.90	0.08	3.95	0.3

ANEXO 9 PARÂMETROS DO REGULADOR DE TENSÃO

Tabela A9-11 Parametros do Modelo do Regulador de Tensao da Maquina Sincrona

#	Central	U (kV)	P (MW)	Sb (MVA)	Modelo	K1	K2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Lsmax	Lsmin
1	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
2	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
3	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
4	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
5	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
6	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
7	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
8	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
9	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
10	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
11	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
12	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
13	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
14	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
15	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
16	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
17	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
18	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
19	CTRG	15	9.45	10	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
20	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
21	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
22	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
23	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
24	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
25	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
26	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
27	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
28	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
29	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
30	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
31	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
32	GIGAWATT	11	9.34	11.68	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
35	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
36	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
37	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
38	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
39	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
40	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
41	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
42	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
43	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
44	KUVANINGA	11	4.01	5.01	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
45	CTCCM	11	48.066	56.55	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
46	CTCCM	11	28.87	33.97	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1
47	CTCCM	11	48.066	56.55	IEE2ST	-0.15	0.0	0.02	0.0	1.5	1.5	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1

ANEXO 10.0 ACTA DE ENCONTROS REGULARES 1 DE 4

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA: 2023ELTL003 Data: 29/06/2023

1. AGENDA:

Análise dos resultados de Simulação

2. PRESENCAS

Supervisor	<u>Manuel Jossé N. Tumbira</u>
Co-Supervisor	
Estudante	<u>Barmona José Elias</u>
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Foram analisados os dados obtidos pelo estudante e notou-se a insuficiência de alguns parâmetros das linhas e das unidades geradoras.

4. RECOMENDAÇÕES:

O estudante foi aconselhado a continuar a busca de dados para simulação da rede junto à EDM.

5. OBSERVAÇÕES

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

14/07/2023

ANEXO 10.1 ACTA DE ENCONTROS REGULARES 2 DE 4

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA: 2023ELTL003 Data: 09/06/2023

1. AGENDA:

Análise dos dados colhidos da Rede de Transporte.

2. PRESENCAS

Supervisor	<u>Manuel José N. Gumbira</u>
Co-Supervisor	<u>[assinatura]</u>
Estudante	<u>Carmona José Elton</u>
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Foram analisados os dados obtidos pelo estudante e notou-se haver dificuldade na coleta dos mesmos tendo sido encarregado a pressionar as entidades competentes (EDM, DTSU, DPSE) de modo a disponibilizar os dados necessários para o estudo.

4. RECOMENDAÇÕES:

Efectuar visitas regulares à DTSU e DPSE

5. OBSERVAÇÕES

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO 29/06/2023

ANEXO 10.2 ACTA DE ENCONTROS REGULARES 3 DE 4

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA: 2023ELTL003 Data: 18/05/2023

1. AGENDA:

<u>Revisões do Capítulo 01.</u>
<u>Atividades do Capítulo 02: Resumos Teóricos</u>

2. PRESENCAS

Supervisor	<u>Manuel Jossaj N. Tembji</u>
Co-Supervisor	
Estudante	<u>Carmona José Elias</u>
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

<u>Foi feita a análise e revisão dos tópicos abordados pelo estudante no capítulo e intitulados Estabilidade de Sistemas Eléctricos de Energia</u>

4. RECOMENDAÇÕES:

<u>Reduzir ao mínimo o conteúdo teórico (manter a essência)</u>
<u>Melhorar a linguagem escrita usada</u>
<u>Melhorar a formatação das figuras e tabelas</u>

5. OBSERVAÇÕES

--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO 09/06/2023

ANEXO 10.3 ACTA DE ENCONTROS REGULARES 4 DE 4

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA: 2023ELTL003 Data: 14/04/2023

1. AGENDA:

Avaliação e Revisão dos Capítulos 01: Introdução;
Contextualização e delimitação do tema.

2. PRESENCAS

Supervisor	<u>Manuel José N. Tumbi</u>
Co-Supervisor	
Estudante	<u>Carmona José Elias</u>
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Foi feita a revisão dos capítulos 01 tendo sido
recomendado a melhorar a formulação do problema
de modo a clarificar como a instabilidade pode
afetar a qualidade de energia.
No justificativo descrever como os fenômenos naturais
afetam ou influenciam nos estudos de estabilidade.

4. RECOMENDAÇÕES:

Melhorar a qualidade de escrita (rigor na escrita)
Trabalhar convenientemente as fontes e figuras
Melhora na formulação do problema e justificativo.

5. OBSERVAÇÕES

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO 18/05/2023

ANEXO 11 RELATORIO DE PROGRESSO

ANEXO 7.

RELATÓRIO DE PROGRESSO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Relatório de Progresso

REFERÊNCIA DO TEMA: | 2023 ELTL D03

1. ACTIVIDADES PLANIFICADAS

ACTIVIDADE	PRAZO PREVISTO
1. AVALIAÇÃO DO CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	24/03/2023
2. AVALIAÇÃO DO CAPÍTULO 2: RESUMO TEÓRICO	31/03/2023
3. REVISÃO DO CAPÍTULO 01 E 02	07/04/2023
4. ANÁLISE DOS DADOS DA REDE (EDM)	14/04/2023
5. AVALIAÇÃO DO CAPÍTULO 03 (MEMORIAL DECR.)	28/04/2023
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS DE SIMULAÇÃO	12/05/2023

2. CONTROLE DE EXECUÇÃO

ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	14/04/23	100 %		
2	18/05/23	100 %		
3	09/06/23	100 %		
4	06/07/23	80 %	Incoerência dos dados obtidos pelo estudante a nível da EDM.	
5			Falta de meios didácticos para seguir com o trabalho	

3. INDICAÇÃO TENTATIVA DA CONCLUSÃO DO TL (ao 4º encontro) | 02/10/2023