

GARCIA DE ORTA

SÉRIE DE
GEOGRAFIA

VOL. 3 • N.º 1 • 1976



REVISTA DA
JUNTA DE INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS DO ULTRAMAR

L I S B O A

Sala
Est.
Tab.
N.º

JUNTA DE INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS DO ULTRAMAR

GARCIA DE ORTA

SÉRIE DE GEOGRAFIA

Vol. 3 • N.º 1 • 1976

CORPO EDITORIAL

ILÍDIO DO AMARAL
JOSE FARINHA DA CONCEIÇÃO
ALVARO DINIZ CAMPOS AMORES

Preço de cada número 50\$00

Os pedidos de assinatura, ou de número avulso, devem ser dirigidos ao Serviço de Publicações da JUNTA DE INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS DO ULTRAMAR, Rua de Jau, 54, Lisboa-3.

Aplicação do método de Bowie à compensação da parte norte da rede geodésica de Moçambique

MARIA FERNANDA FARINHA DA CONCEIÇÃO

Centro de Geografia do Ultramar

MARIA REGINA ALBUQUERQUE

Centro de Geografia do Ultramar

(Recebido em 3-VII-1974)

O presente trabalho descreve a aplicação do método de Bowie a uma zona da rede geodésica de Moçambique em que se chegara a resultados pouco satisfatórios por uma compensação cadeia a cadeia. Depois de descrito o método nas suas linhas gerais, relatam-se a forma como se fez a sua aplicação ao problema em causa, a análise dos dados, a análise dos resultados conseguidos nas diferentes hipóteses consideradas e o critério que presidiu à escolha de uma delas.

The work deals with the description of the Bowie method employment to an area of the Mozambique geodesic net in which very poor results were obtained by a chain to chain compensation. After describing the method in its general lines a reference is made to the way how it was used in the circumstances to the analysis of the data, to the analysis of the results obtained in the different hypotheses considered and to the criterion that decided the selection of one of them.

INTRODUÇÃO

A parte norte de Moçambique, aproximadamente até ao paralelo 17°, abrangendo uma área da ordem dos 10 500 km², está coberta por uma rede geodésica que compreende cerca de 560 triângulos, distribuídos por cadeias orientadas sensivelmente segundo os paralelos e meridianos, e se apoia em sete bases geodésicas e outras tantas estações astronómicas (esquema I).

Depois de feita a compensação destes troços separadamente e de uma forma encadeada (esquema II), transmitindo-se assim as coordenadas trazidas do *datum*, verificou-se que, embora os valores encontrados para as correcções às direcções apenas numa secção excedessem os 3", ao fazer-se a compensação de cadeias no sentido norte-sul que ligavam as que já anteriormente

tinham sido compensadas, se encontravam valores muito elevados para as correcções às direcções, sendo uma delas da ordem dos 27".

É sabido que a compensação de uma rede geodésica tem por fim substituir os valores observados por outros que formem um conjunto homogéneo e único de valores, ligados a formas geométricas precisas, devendo as correcções a aplicar aos valores observados oscilar dentro de uma pequena amplitude de valores extremos, da ordem de grandeza dos possíveis erros de observação.

Uma vez que se verificou a não existência de erros de cálculo na compensação das citadas cadeias, e que a precisão das observações é sensivelmente a mesma em toda a rede (quadros I e II), atribuímos tais resultados a uma possível



QUADRO I
Valores encontrados nas secções da rede a norte do paralelo 17°

Seccção	Número total de triângulos	Fecho dos triângulos			Erro médio de ângulo	Força por figura			Correcção média de uma direcção (equações de lado)			
		> 5"	< 5" e > 3"	< 3"		Máximo	Médio	Mínimo	c > 0,8"	0,8" > c > 0,4"	c < 0,4"	Máximo
1	20	(a) 3	2	15	5,39"	2,44"	± 1,67"	—	1	2	1	1,03"
2	15	(a) 3	2	10	6,11	2,36	± 1,76	—	2	1	1	0,9
3	30	—	7	23	4,97	2,14	± 1,42	—	2	2	4	1,2
4	76	(a) 1	11	64	5,45	1,78	± 1,21	—	6	2	13	1,4
5	12	(a) 1	1	10	5,50	2,10	± 1,47	—	1	—	2	0,2
6	27	(a) 2	4	21	6,08	2,36	± 1,45	—	1	—	5	0,9
7	17	(a) 1	1	15	6,15	1,58	± 1,26	—	2	1	3	0,5
8	21	—	7	14	4,86	2,06	± 1,45	—	1	2	3	1,1
9	10	—	1	9	4,17	1,53	± 1,13	—	1	1	2	0,5
10	25	(a) 1	2	22	7,27	1,46	± 1,24	(a) 1	—	3	5	0,6
11	45	—	—	45	2,98	1,15	± 0,81	(a) 2	4	2	9	1,1
12	36	—	5	31	4,08	1,53	± 1,09	(a) 1	2	3	7	0,9

(a) Valores fora dos limites da 2.^a ordem, mas dentro dos limites da 3.^a ordem.

QUADRO A
Valores fornecidos pelo Geodetic Survey
(«Special Publication no. 247»)

Seccção	Correcção média de uma direcção (equações de lado)		
	1. ^a ordem	2. ^a ordem	3. ^a ordem
Fecho dos triângulos	Máximo Médio	5" 3"	10" 5"
Número de triângulos entre bases	10 a 25	10 a 30	—
Força	15 25	25 40	25 50
Correcção média aproximada para uma direcção (equações de lado)	80 100	100 130	125 175
	0,4"	0,8"	—

QUADRO II
 Número de triângulos entre as bases

Bases	Número de triângulos por secções	Número total de triângulos
Tete-Molumbo...	5 (Tete) + 9 (secção 1) + 1 (I) + 7 (Molumbo) + 4 (III)	26
Molumbo-Unango...	4 (Molumbo) + 8 (III) + 14 (secção 3) + 5 (Unango) ...	31
Unango-Mueda (por secção 4) ...	5 (Unango) + 27 (secção 4) + 5 (Mueda) ...	37
Unango-Meconta (por secções 6 e 7)...	6 (Unango) + 14 (secção 6) + 3 (VI) + 10 (secção 7) + 4 (VII) + 4 (Meconta) ...	41
Unango-Meconta (por secções 3 e 8)...	5 (Unango) + 14 (secção 3) + 2 (III) + 9 (secção 8) + 5 (VII) + 4 (Meconta)...	39
Mueda-Meconta ...	3 (Mueda) + 7 (secção 5) + 3 (VI) + 10 (secção 7) + 4 (VII) + 4 (Meconta) ...	31
Unango-Mueda (por secções 6 e 5) ...	6 (Unango) + 14 (secção 6) + 3 (VI) + 7 (secção 5) + 3 (Mueda) ..	33
Molumbo-Meconta (por secção 8) ..	4 (Molumbo) + 5 (III) + 9 (secção 8) + 5 (VII) + 4 (Meconta) ..	27
Molumbo-Meconta (por secções 10 e 9) ...	4 (Molumbo) + 13 (secção 10) + 2 (IX) + 5 (secção 9) + 4 (VII) + 4 (Meconta)...	32
Molumbo-Macuse (por secções 10 e 12)...	4 (Molumbo) + 6 (secção 10) + 1 (extra) + 13 (secção 12) + 3 (Macuse) ...	27
Molumbo-Macuse (por secções 10 e 11)...	4 (Molumbo) + 13 (secção 10) + 2 (IX) + 21 (II) + 2 (Macuse) ...	42
Molumbo-Macuse (por secções 2 e 12) ...	4 (Molumbo) + 7 (secção 2) + 2 (I) + 15 (secção 12) + 3 (Macuse) ...	31
Meconta-Macuse ...	4 (Meconta) + 4 (VII) + 4 (9) + 2 (IX) + 21 (secção 11) + 2 (Macuse) ...	37
Tete-Macuse ...	5 (Tete) + 9 (secção 1) + 2 (I) + 15 (secção 12) + 3 (Macuse) ...	34

distorção resultante de se ter feito separadamente a compensação das cadeias entre bases, cadeias estas, por vezes, muito extensas.

Assim, pareceu-nos que uma compensação conjunta desta rede seria solução a considerar para o nosso problema, e decidimos realizá-la utilizando o método de Bowie de compensação conjunta de cadeias de triangulação de uma rede, já utilizado nos Estados Unidos da América para a compensação da rede de primeira ordem da parte oeste daquele país e descrito na «Special Publication no. 159» do Coast and Geodetic Survey.

O MÉTODO DE BOWIE

Este método é principalmente aplicável a redes de triangulação com cadeias dispostas em forma de «quadrículas», em cujas intersecções, designadas por figuras de junção, existem bases medidas e pontos de Laplace. Cada cadeia é assim tratada como um «lado» ligando «pontos» (figuras de junção) com comprimentos e azimutes fixos nos cruzamentos da «quadrícula», e compensada, primeiramente em ângulos, comprimento e azimute, de forma a respeitarem-se os

valores destas duas últimas grandezas fixadas já nos seus extremos.

Por um transporte de coordenadas através das cadeias assim compensadas, efectuado de forma contínua, segundo um trajecto previamente fixado, a partir de um ponto da rede tomado como origem, determinam-se os valores da latitude e da longitude de um ponto de cada figura de junção — ponto de junção —, a que damos o nome de valores «adoptados». Os valores da latitude e longitude destes mesmos pontos de junção, quando determinados através de outros possíveis trajectos, de uma forma também contínua, são diferentes dos referidos valores adoptados.

A condição de igualdade a que devem obedecer, relativamente a cada cadeia, as diferenças entre os valores da latitude e longitude «adoptados» nos pontos de junção situados nos seus extremos e os valores, das mesmas grandezas, calculados através dessa cadeia, para os mesmos pontos, leva à construção de dois sistemas de equações (um para as latitudes e outro para as longitudes), em que as incógnitas são as correcções a aplicar aos referidos valores «adoptados» para se obterem as coordenadas definitivas dos pontos de junção.

Por uma nova transformação de azimute, a partir destes valores definitivos das coordenadas, estabelece-se definitivamente o azimute.

Fixados, assim, em cada figura de junção todos os elementos necessários — comprimento, azimute, latitude e longitude —, as cadeias são compensadas de forma a satisfazer, simultaneamente, todas as condições.

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE BOWIE À PARTE NORTE DA REDE GEODÉSICA DE MOÇAMBIQUE

Na aplicação deste método ao nosso problema, começámos por considerar um anel de duas cadeias (esquema III), numa extensão total de 700 km, ligando duas figuras de desenvolvimento de bases (Tete e Miruro).

Esta compensação envolveu a resolução de dois sistemas, de 50 e 59 equações, que conduziu à obtenção de 108 e 131 correcções, respectivamente, e aos cálculos necessários para a determinação das coordenadas, azimutes e distâncias dos 42 vértices do anel.

Depois da compensação deste anel, compensou-se uma pequena cadeia norte-sul (12 equações para determinação de 18 correcções) ligando

estes dois troços (esquema III). Os valores das correcções obtidas antes e depois da aplicação do método de Bowie estão resumidas no quadro III, a).

Os valores das correcções às direcções do troço sul mantiveram-se dentro da mesma ordem de grandeza antes e depois da compensação conjunta do anel, tendo diminuído um pouco os valores das correcções às direcções dos troços norte e de ligação. Os deste, porém, mantiveram-se muito altos, embora as discrepâncias em azimute e latitude neste troço de ligação tenham diminuído bastante, principalmente a primeira; as discrepâncias em comprimento e longitude, porém, aumentaram, sendo, contudo, a correcção média prevista para a equação de comprimento de 2,2" [quadro III, b)].

A introdução das equações de latitude e longitude aumenta muito sensivelmente os valores das correcções às direcções.

Experimentou-se fazer a compensação deste pequeno troço de ligação antes da compensação conjunta do anel ligando as bases Tete e Miruro, e verificou-se que, sem as equações de latitude e longitude, o valor máximo das correcções às direcções é da ordem dos 4,5" (uma única), sendo a média das correcções da ordem dos 1,4" [na compensação anteriormente realizada, o valor máximo fora de 15,398" — quadro III, a)].

QUADRO III

Anel Tete-Miruro

a) Correcções às direcções

Tipo de compensação	Cadeia	Correcção máxima (valor absoluto)	Número de correcções ($c > 3,0'' $)	Número de correcções ($ 2,0'' < c < 3,0'' $)	Número de correcções ($c < 2,0'' $)	Total de correcções
Sem utilizar o método de Bowie	Tete-Miruro (norte)	4,627"	2	8	98	108
	Tete-Miruro (sul)	2,156	—	1	130	131
	Ligação	15,398	12	4	2	18
Utilizando o método de Bowie	Tete-Miruro (norte)	2,117	—	2	106	108
	Tete-Miruro (sul)	2,117	—	1	130	131
	Ligação	12,423	13	1	4	18

b) Discrepâncias

Discrepâncias	Antes da compensação conjunta do anel	Depois da compensação conjunta do anel
Em azimute	4,046"	0,987"
Em comprimento	0,994	(a) 1,808
Em latitude	0,145	0,072
Em longitude	0,023	0,042

(a) Correcção média: 2,2".

Com esta compensação chegou-se a um ponto afastado de 4,47 m do vértice a que se pretendia chegar (0,120" em latitude e 0,085" em longitude).

Se, por um lado, os resultados da aplicação duma compensação conjunta ao anel Tete-Miruro não foram realmente animadores, a verdade é que, por outro lado, não nos foi possível utilizar plenamente o método de Bowie neste caso, dada a configuração em anel desta zona da rede de Moçambique.

Um outro factor que consideramos desfavorável nesta parte da rede foi a extrema pequenez do troço de ligação dos dois lados do anel, o que obriga a uma distribuição das discrepâncias por um muito pequeno número de correcções (dezoito).

Assim, e apesar dos resultados a que se chegou, decidimos tentar a compensação conjunta

A segunda fase dos trabalhos consistiu em fixar em cada figura de junção um comprimento e azimute. Nas cinco que incluem uma base medida e azimute astronómico observado houve apenas que fazer a transformação deste azimute em azimute geodésico; como primeira aproximação, adoptou-se o que se obteve utilizando nesta transformação as coordenadas provisórias da compensação anterior. Nas restantes três figuras, os valores do comprimento e azimute foram obtidos por média pesada dos valores transportados através de cadeias simples de triângulos a partir das figuras mais próximas que incluem bases e azimutes medidos.

Atendendo a que a rede é homogénea, os pesos foram considerados inversamente proporcionais aos comprimentos das cadeias através das quais se transportaram os valores (quadro IV).

QUADRO IV
Pesos das secções

Número das secções	Pesos	Número das secções	Pesos	Número das secções	Pesos
1	0,95	5	1,25	9	1,55
2	1,20	6	0,60	10	0,75
3	0,60	7	1	11	0,70
4	0,30	8	1,10	12	0,75

da restante rede a norte do paralelo 17° utilizando o mesmo método.

Para isso, começámos por estudar a configuração desta rede, para escolha da localização das chamadas figuras de junção, situadas nos cruzamentos das cadeias.

Houve a preocupação de formar figuras tão simples quanto possível, incluindo, de preferência, bases medidas e pontos de Laplace, e tais que as suas ligações às cadeias se fizessem por um só lado (esta última condição apenas não se conseguiu na figura v).

Assim, escolheram-se oito figuras, das quais cinco incluem bases medidas e estações de Laplace, não contando com a figura de desenvolvimento da base de Tete, de que se partiu (aliás por uma cadeia simples, por não ser possível incluí-la na «quadricula» de cadeias).

As figuras de junção consideradas são de complexidade muito variável [esquema III, a)], até porque o estabelecimento da rede de triangulação não foi feito tendo em vista uma compensação deste tipo.

A terceira fase do trabalho consistiu na compensação em ângulos e lados das oito figuras de junção, o que envolveu a resolução de oito sistemas (num total de 108 equações para a obtenção de 250 correcções às direcções), a resolução dos respectivos triângulos e o transporte do azimute até à fronteira das figuras de junção. Obtivemos, assim, nos extremos de todas as secções, um lado com comprimento fixo e um azimute provisório.

Numa quarta fase fez-se uma primeira compensação, provisória (em ângulos, lados, comprimento e azimute), das doze secções, o que correspondeu ao estabelecimento de 383 equações e resolução de 12 sistemas de equações de condição que conduziram à determinação de 909 correcções às direcções (valores provisórios).

Numa quinta fase resolveu-se uma cadeia simples de triângulos, em cada secção e figura de junção, num total de 176 triângulos, e cal-

cularam-se as coordenadas provisórias dos respectivos vértices.

Para este cálculo de coordenadas partiu-se das coordenadas do *datum* de Moçambique, extremo noroeste da base de Tete, transportando-as, de forma contínua, através de toda a rede considerada.

Uma sexta fase consistiu no estabelecimento de elementos definitivos em todas as figuras de junção.

Uma vez que as coordenadas foram transportadas através de toda a rede, houve figuras de junção em que se fecharam anéis (figs. VI, VII, VIII e IX) e onde, deste modo, surgiram, para os pontos de junção, valores de coordenadas transportadas por caminhos diferentes e, portanto, diferentes. Para determinar quais os valores da latitude e longitude a fixar nestes pontos, considerámos em cada ponto de junção um par de valores como valores «adoptados» das coordenadas e determinámos as correcções a aplicar a estes valores para obter as coordenadas definitivas.

Para isso estabelecemos dois sistemas (um para as latitudes, outro para as longitudes) de doze equações (número de secções) a oito incógnitas (número de figuras de junção) em que estas são as correcções a aplicar aos valores «adoptados» para obter os valores definitivos das coordenadas. Estas equações obtiveram-se impondo a condição de serem iguais as diferenças dos valores «adoptados» das coordenadas dos pontos de junção que se encontram nos dois extremos de cada secção, e as diferenças, para os mesmos pontos, das coordenadas de que se partiu e a que se chegou através dessa secção.

Aplicadas aos valores «adoptados» as correcções assim determinadas, obtivemos os valores definitivos das coordenadas desses pontos.

Fixados, assim, definitivamente estes valores, fizemos uma nova transformação (definitiva) do azimute astronómico em azimute geodésico nas cinco figuras que incluíam pontos de Laplace e, por média pesada, transportámos os valores obtidos até às restantes figuras de junção, para aí fixar também o azimute.

Depois de calcular as coordenadas de todos os vértices das figuras de junção, ficámos com estas fixas em coordenadas, azimute e comprimento.

Uma sétima fase dos trabalhos consistiu no estabelecimento das equações de azimute, latitude e longitude em todas as secções, entre os elementos das fronteiras das figuras de junção situados nos extremos das doze secções, e resolução definitiva dos doze sistemas de equações de condição, num total de 419 equações, para determinação de 909 correcções definitivas às direcções.

Finalmente, a oitava fase dos trabalhos consistiu na resolução dos triângulos e cálculo das coordenadas definitivas dos vértices de todas as secções (278 triângulos e 167 vértices).

Concluída esta compensação, e apesar de os valores das correcções se terem tornado mais homogéneos, pareceu-nos com interesse fazer mais duas compensações: uma, excluindo da rede a cadeia situada mais a norte, entre as bases de Unango e Mueda (por ter, praticamente, o dobro da extensão da maior das outras cadeias), a outra, excluindo, além desta cadeia, a própria base de Mueda e a pequena cadeia que liga esta base ao resto da rede.

Os resultados das quatro compensações realizadas estão patentes nos quadros V, VI, VII, VIII e IX.

Posteriormente, e tendo em atenção as observações e os resultados a que se chegou nas várias hipóteses de compensação, fez-se uma análise minuciosa dos valores encontrados e dos possíveis factores responsáveis por esses valores, assim como das razões que presidiram à adopção de uma das compensações ensaiadas.

Esta análise dos resultados, com que se termina o presente trabalho, aborda, segundo pensamos, os aspectos principais dos condicionalismos existentes e nela tivemos a preocupação de analisar objectivamente o problema e de procurar escolher os resultados que, sem distorcer as observações, conduzissem a valores aceitáveis de homogeneidade.

QUADRO V

 Correções às direcções
 a) Na compensação conjunta

N.º da secção	Tipo de compensação		Correcção máxima (valor absoluto)	Número de correcções ($c > 3,0'' $)	Número de correcções ($ 2,0'' < c < 3,0'' $)	Número de correcções ($c < 2,0'' $)	Correcção mínima (valor absoluto)	Total de correcções
1	Sem utilizar o método de Bowie		2,940"	—	5	47	0,029"	52
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	3,750	2	2	48	0,092	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	3,750	2	2	48	0,092	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	3,750	2	2	48	0,092	
2	Sem utilizar o método de Bowie		2,745	—	2	36	0,016	38
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	3,947	3	3	32	0,098	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	4,015	(a) 3	3	32	0,123	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	3,914	4	4	30	0,017	
3	Sem utilizar o método de Bowie		2,672	—	4	84	0,039	88
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	5,538	(a) 8	11	69	0,014	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	3,720	1	9	78	0,020	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	4,896	(a) 4	13	71	0,074	
4	Sem utilizar o método de Bowie		(Não se determinaram correcções)					197
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	2,752	—	6	191	0,013	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	—	—	—	—	—	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	—	—	—	—	—	
5	Sem utilizar o método de Bowie		1,459	—	—	38	0,014	38
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	6,220	(b) 6	7	25	0,052	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	—	—	—	—	—	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	2,653	—	5	33	0,000	
6	Sem utilizar o método de Bowie		1,892	—	—	74	0,011	74
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	3,342	2	10	62	0,024	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	3,065	1	3	58	0,002	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	4,190	(a) 3	10	61	0,026	
7	Sem utilizar o método de Bowie		26,702	(c) 41	4	9	0,213	54
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	5,699	(d) 13	7	34	0,073	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	3,068	1	5	48	0,071	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	5,097	(f) 10	5	39	0,126	

Número da secção	Tipo de compensação		Correcção máxima (valor absoluto)	Número de correcções ($c > 3,0'' $)	Número de correcções ($ 2,0'' < c < 3,0'' $)	Número de correcções ($c < 2,0'' $)	Correcção mínima (valor absoluto)	Total de correcções
8	Sem utilizar o método de Bowie		2,024''	—	1	49	0,003''	50
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	7,778	(e) 9	9	32	0,022	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	4,359	(a) 4	8	36	0,117	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	6,085	(g) 11	6	33	0,034	
9	Sem utilizar o método de Bowie		2,626	—	3	28	0,009	31
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	3,580	3	5	23	0,011	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	4,385	(a) 2	3	26	0,035	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	1,809	—	—	31	0,006	
10	Sem utilizar o método de Bowie		2,489	—	3	65	0,005	68
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	4,626	(a) 2	4	62	0,031	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	3,805	2	4	62	0,025	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	4,553	(a) 2	5	61	0,015	
11	Sem utilizar o método de Bowie		2,376	—	4	110	0,001	114
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	2,302	—	3	111	0,026	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	2,337	—	3	111	0,003	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	2,348	—	2	112	0,007	
12	Sem utilizar o método de Bowie		5,509	1	10	91	0,041	102
	Utilizando o método de Bowie...	Rede completa	1,948	—	—	102	0,007	
		Sem secção 4, sem base de Mueda ...	1,857	—	—	102	0,005	
		Sem secção 4, com base de Mueda ...	2,676	—	1	101	0,031	

(a) Há uma correcção superior a 4,0''.

(b) Há uma correcção superior a 6,0''.
Há uma correcção superior a 5,0'' e inferior a 6,0''.
Há duas correcções superiores a 4,0'' e inferiores a 5,0''.

(c) Há três correcções superiores a 20,0''.
Há dez correcções superiores a 10,0'' e inferiores a 20,0''.
Há dezassete correcções superiores a 5,0'' e inferiores a 10,0''.

(d) Há quatro correcções superiores a 5,0''.
Há três correcções superiores a 4,0'' e inferiores a 5,0''.

(e) Há uma correcção superior a 7,0''.
Há uma correcção superior a 6,0'' e inferior a 7,0''.
Há cinco correcções superiores a 4,0'' e inferiores a 5,0''.

(f) Há uma correcção superior a 5,0''.
Há quatro correcções superiores a 4,0'' e inferiores a 5,0''.

(g) Há uma correcção superior a 6,0''.
Há uma correcção superior a 5,0'' e inferior a 6,0''.
Há três correcções superiores a 4,0'' e inferiores a 5,0''.

QUADRO V (continuação)

Correcção às direcções (continuação)

b) No troço de ligação

Troço	Tipo de compensação		Correcção máxima (valor absoluto)	Número de correcções ($c > 3,0'' $)	Número de correcções ($ 2,0'' < c < 3,0'' $)	Número de correcções ($c < 2,0'' $)	Correcção mínima (valor absoluto)	Total de correcções
	Sem utilizar o método de Bowie ...		27,866"	(a) 18	3	7	0,100"	28
Mindje-Rimbui	Utilizando o método de Bowie	Rede completa ...	14,790	(b) 15	6	7	0,667	
a		Sem secção 4, sem base de Mueda	6,273	(c) 9	4	15	0,143	
Mirué-Txatxé		Sem secção 4, com base de Mueda	12,055	(d) 14	5	9	0,071	

- (a) Há uma correcção superior a 20,0".
Há três correcções superiores a 10,0" e inferiores a 20,0".
Há sete correcções superiores a 5,0" e inferiores a 10,0".
Há três correcções superiores a 4,0" e inferiores a 5,0".
- (b) Há duas correcções superiores a 10,0".
Há nove correcções superiores a 5,0" e inferiores a 10,0".
Há duas correcções superiores a 4,0" e inferiores a 5,0".
- (c) Há uma correcção superior a 6,0".
Há quatro correcções superiores a 5,0" e inferiores a 6,0".
Há uma correcção superior a 4,0" e inferior a 5,0".
- (d) Há duas correcções superiores a 10,0".
Há seis correcções superiores a 5,0" e inferiores a 10,0".
Há quatro correcções superiores a 4,0" e inferiores a 5,0".

RESUMO DO QUADRO V, a)

Tipo de compensação		Número de correcções				Valor máximo
		$c > 3,0'' $	$c > 5,0'' $	$c > 7,0'' $	$c > 10,0'' $	
Sem utilizar o método de Bowie		42	40	21	13	26,702"
Utilizando o método de Bowie	Rede completa	48	9	1	0	7,778
	Sem secção 4, sem base de Mueda	16	0	0	0	4,385
	Sem secção 4, com base de Mueda	36	3	0	0	6,085

QUADRO VI
Equações de observação e resíduos em latitude e longitude
a) Rede completa

Número das secções	Pesos (p)	Latitude			Longitude				
		Equações de observação	v	pv	pv ²	Equações de observação	v	pv	pv ²
1	0,95	V ₁ = + X ₈ ..	0,00"	0,00"	0,00"	V ₁ = + Y ₈ ..	0,00"	0,00"	0,00"
2	1,20	V ₂ = - X ₃ + X ₁ ..	- 0,74	- 0,89	0,66	V ₂ = - Y ₃ + Y ₁ ..	- 1,21	- 1,45	1,75
3	0,60	V ₃ = - X ₁ + X ₂ ..	+ 10,04	+ 6,02	60,44	V ₃ = - Y ₁ + Y ₂ ..	+ 10,27	+ 6,16	63,26
4	0,30	V ₄ = - X ₂ + X ₃ ..	+ 5,68	+ 1,70	9,66	V ₄ = - Y ₂ + Y ₃ ..	+ 6,49	+ 1,95	12,66
5	1,25	V ₅ = + 0,154 - X ₃ + X ₄ ..	+ 1,36	+ 1,70	2,31	V ₅ = - 1,027 - Y ₃ + Y ₄ ..	+ 1,56	+ 1,95	3,04
6	0,60	V ₆ = - X ₂ + X ₄ ..	+ 7,20	+ 4,32	31,10	V ₆ = - Y ₂ + Y ₄ ..	+ 7,02	+ 4,21	29,55
7	1,00	V ₇ = - X ₄ + X ₅ ..	+ 6,02	+ 6,02	36,24	V ₇ = - Y ₄ + Y ₅ ..	+ 6,16	+ 6,16	37,95
8	1,10	V ₈ = + 27,815 - X ₁ + X ₅ ..	- 4,56	- 5,02	22,89	V ₈ = + 29,924 - Y ₁ + Y ₅ ..	- 6,48	- 7,13	46,20
9	1,55	V ₉ = - X ₅ + X ₆ ..	+ 0,65	+ 1,01	0,66	V ₉ = - Y ₅ + Y ₆ ..	- 0,62	- 0,96	0,60
10	0,75	V ₁₀ = + 26,434 - X ₁ + X ₆ ..	- 2,53	- 1,90	4,81	V ₁₀ = + 23,466 - Y ₁ + Y ₆ ..	- 0,65	- 0,49	0,32
11	0,70	V ₁₁ = - X ₆ + X ₇ ..	- 1,27	- 0,89	1,13	V ₁₁ = - Y ₆ + Y ₇ ..	- 2,08	- 1,46	3,04
12	0,75	V ₁₂ = + 20,719 - X ₈ + X ₇ ..	+ 1,18	+ 0,89	1,05	V ₁₂ = + 17,597 - Y ₈ + Y ₇ ..	+ 1,94	+ 1,46	2,83
Soma ...		—			170,95	—			201,20

Erro provável em latitude = $\pm 0,6745 \sqrt{\frac{170,95}{4}} = \pm 4,41 \text{ m} = \pm 0,14''$.

Erro provável em longitude = $\pm 0,6745 \sqrt{\frac{201,20}{4}} = \pm 4,78 \text{ m} = \pm 0,16''$.

QUADRO VI
b) Sem secção 4, sem base de Mueda

Número das secções	Pesos (p)	Latitude			Longitude				
		Equações de observação	v	pv	pv ²	Equações de observação	v	pv	pv ²
1	0,95	V ₁ = + X ₁ ..	0,00"	0,00"	0,00"	V ₁ = + Y ₁ ..	0,00"	0,00"	0,00"
2	1,20	V ₂ = - X ₁ + X ₂ ..	- 0,82	- 0,98	0,80	V ₂ = - Y ₁ + Y ₂ ..	- 1,18	- 1,42	1,68
3	0,60	V ₃ = - X ₂ + X ₃ ..	+ 4,37	+ 2,62	11,45	V ₃ = - Y ₂ + Y ₃ ..	+ 5,82	+ 3,49	20,31
6	0,60	V ₄ = - X ₃ + X ₄ ..	+ 4,37	+ 2,62	11,45	V ₄ = - Y ₃ + Y ₄ ..	+ 5,82	+ 3,49	20,31
7	1,00	V ₅ = - X ₄ + X ₅ ..	+ 2,62	+ 2,62	6,86	V ₅ = - Y ₄ + Y ₅ ..	+ 3,49	+ 3,49	12,18
8	1,10	V ₆ = + 13,585 - X ₂ + X ₅ ..	- 2,24	- 2,46	5,51	V ₆ = + 19,690 - Y ₂ + Y ₅ ..	- 4,55	- 5,00	22,75
9	1,55	V ₇ = - X ₅ + X ₆ ..	+ 0,10	+ 0,16	0,02	V ₇ = - Y ₅ + Y ₆ ..	- 0,97	- 1,50	1,46
10	0,75	V ₈ = + 12,971 - X ₂ + X ₆ ..	- 1,52	- 1,14	1,73	V ₈ = + 14,038 - Y ₂ + Y ₆ ..	+ 0,13	+ 0,10	0,01
11	0,70	V ₉ = - X ₆ + X ₇ ..	- 1,40	- 0,98	1,37	V ₉ = - Y ₆ + Y ₇ ..	- 2,02	- 1,41	2,85
12	0,75	V ₁₀ = + 7,931 - X ₁ + X ₇ ..	+ 1,31	+ 0,98	1,28	V ₁₀ = + 9,094 - Y ₁ + Y ₇ ..	+ 1,88	+ 1,41	2,65
Soma ...		—			40,47	—			84,20

Erro provável em latitude = $\pm 0,6745 \sqrt{\frac{40,47}{3}} = \pm 2,48 \text{ m} = \pm 0,08''$.

Erro provável em longitude = $\pm 0,6745 \sqrt{\frac{84,20}{3}} = \pm 3,57 \text{ m} = \pm 0,12''$.

QUADRO VI

c) Sem secção 4, com base de Mueda

Número das secções	Pesos (p)	Latitude			Longitude				
		Equações de observação	v	pv	pv ²	Equações de observação	v	pv	pv ²
1	0,95	V ₁ = + X ₁ ...	0,00"	0,00"	0,00"	V ₁ = + Y ₁ ...	0,00"	0,00"	0,00"
2	1,20	V ₂ = - X ₁ + X ₂ ...	- 0,01	- 0,01	0,00	V ₂ = - Y ₁ + Y ₂ ...	- 1,53	- 1,84	2,82
3	0,60	V ₃ = - X ₂ + X ₃ ...	+ 7,44	+ 4,46	33,18	V ₃ = - Y ₂ + Y ₃ ...	+ 9,30	+ 5,58	51,89
5	1,25	V ₄ = - X ₄ + X ₅ ...	0,00	0,00	0,00	V ₄ = - Y ₄ + Y ₈ ...	0,00	0,00	0,00
6	0,60	V ₅ = - X ₃ + X ₄ ...	+ 7,44	+ 4,46	33,18	V ₅ = - Y ₃ + Y ₄ ...	+ 9,30	+ 5,58	51,89
7	1,00	V ₆ = - X ₄ + X ₅ ...	+ 4,46	+ 4,46	19,89	V ₆ = - Y ₄ + Y ₅ ...	+ 5,58	+ 5,58	31,14
8	1,10	V ₇ = +22,160 - X ₂ + X ₅ ..	- 2,82	- 3,10	8,74	V ₇ = + 32,221 - Y ₂ + Y ₅ ..	- 8,03	- 8,83	70,90
9	1,55	V ₈ = - X ₅ + X ₆ ...	+ 0,88	+ 1,36	1,20	V ₈ = - Y ₅ + Y ₆ ...	- 2,10	- 3,26	6,85
10	0,75	V ₉ = + 22,038 - X ₂ + X ₆ ..	- 1,83	- 1,37	2,51	V ₉ = - 20,195 - Y ₂ + Y ₆ ..	+ 1,89	+ 1,42	2,68
11	0,70	V ₁₀ = - X ₆ + X ₇ ...	- 0,02	- 0,01	0,00	V ₁₀ = - Y ₆ + Y ₇ ...	- 2,62	+ 1,83	4,79
12	0,75	V ₁₁ = + 20,166 - X ₁ + X ₇ ..	+ 0,02	+ 0,02	0,00	V ₁₁ = + 15,501 - Y ₁ + Y ₇ ..	+ 2,44	+ 1,83	4,47
Soma ...		—	—	—	98,70	—	—	—	227,43

Erro provável em latitude = ± 0,6745 $\sqrt{\frac{98,70}{3}}$ = ± 3,86 m = ± 0,13".

Erro provável em longitude = ± 0,6745 $\sqrt{\frac{227,43}{3}}$ = ± 5,87 m = ± 0,20".

QUADRO VII

Erro provável de uma direcção

Secções	Erro provável de uma direcção observada			Secções	Erro provável de uma direcção observada		
	Rede completa	Sem base de Mueda	Com base de Mueda		Rede completa	Sem base de Mueda	Com base de Mueda
1	—	± 1,80"	—	7	± 2,47"	± 1,12"	± 2,16"
2	± 1,55"	± 1,53"	± 1,55"	8	± 2,36	± 1,60	± 2,10
3	± 1,69	± 1,22	± 1,51	9	± 1,58	± 1,42	± 0,92
4	± 0,99	—	—	10	± 1,22	± 1,13	± 1,33
5	± 2,12	—	± 1,29	11	± 0,79	± 0,84	± 0,73
6	± 1,30	± 1,04	± 1,50	12	± 0,70	± 0,70	± 0,74

QUADRO VIII
Variação das coordenadas

Figura de junção	Ponto de junção	Coordenadas resultantes de compensação sem o método de Bowie (1)		Coordenadas resultantes de compensações utilizando o método de Bowie			Diferenças encontradas					
		Rede completa (2)	Sem secção 4, sem base de Mueda (3)	Sem secção 4, com base de Mueda (4)	(1) — (2)	(1) — (3)	(1) — (4)	(2) — (3)	(2) — (4)	(3) — (4)		
I	Malangane ...	17°00'06,407" 35 36 26,674	17°00'06,484" 35 36 26,670		- 0,077" + 0,004							
Molumbo (I) e III	Culicué	15 36 37,364 36 20 55,209	15 35 37,419 36 20 55,301	15°36'37,392" 36 20 55,303	- 0,052" - 0,094	- 0,055" - 0,092	- 0,028" - 0,094	- 0,003" + 0,002	+ 0,024" 0	+ 0,027" - 0,002		
Unango (IV)	Unango	12 52 02,494 35 25 06,116	12 52 02,402 35 25 06,035	12 52 02,276 35 25 05,930	+ 0,280 + 0,228	+ 0,092 + 0,081	+ 0,218 + 0,186	- 0,188 - 0,147	- 0,062 - 0,042	+ 0,126 + 0,105		
Mueda (V) ...	Tchapa	11 53 37,173 39 18 13,203	—	11 53 36,589 39 18 12,814	+ 0,398 + 0,207	—	+ 0,584 + 0,389	—	+ 0,186 + 0,182	—		
VI	Popué	13 01 36,185 38 34 23,244	13 01 35,841 38 34 22,733	13 01 35,627 38 34 22,888	+ 0,473 + 0,303	+ 0,344 + 0,511	+ 0,558 + 0,356	- 0,129 + 0,208	+ 0,085 + 0,053	+ 0,214 - 0,155		
VII e Meconta (VIII)	Extr. NW ...	—	14 58 29,741 39 50 19,238	14 58 29,734 39 50 19,301	—	—	—	+ 0,073 + 0,066	+ 0,080 - 0,063	+ 0,007 - 0,129		
IX	Namirraúa ...	16 15 34,627 38 26 26,992	16 15 34,783 38 26 27,202	16 15 34,779 38 26 27,252	- 0,186 - 0,237	- 0,156 - 0,210	- 0,152 - 0,260	+ 0,030 + 0,027	+ 0,034 - 0,023	+ 0,004 - 0,050		
Macuse (X) ...	Temane	17 41 09,148 37 08 20,929	17 41 09,330 37 08 21,032	17 41 09,371 37 08 21,012	- 0,186 - 0,100	- 0,182 - 0,103	- 0,223 - 0,083	+ 0,004 - 0,003	- 0,037 + 0,017	- 0,041 + 0,020		

QUADRO IX
 Fechos das secções e anéis resultantes das compensações

		Secção 2	Secção 3	Secção 4	Secção 5	Secção 6	Secção 7	Secção 8	Secção 9	Secção 10	Secção 11	Secção 12	Anel A	Anel B	Anel C	Anel D
Comprimento aproximado em quilómetros... ..		137	280	551	128	275	162	145	105	223	242	212	814	473	862	954
Rede completa	(a)	1,42	14,36	8,62	2,07	10,05	8,61	7,89	0,89	2,61	2,43	2,27	8,19	6,60	40,85	1,09
	(b)	1: 96 000	1: 19 000	1: 64 000	1: 62 000	1: 27 000	1: 19 000	1: 18 000	1: 118 000	1: 85 000	1: 100 000	1: 93 000	1: 99 000	1: 72 000	1: 21 000	1: 926 000
Sem secção 4, sem base de Mueda	(a)	1,44	7,28	—	—	7,28	4,36	5,07	0,97	1,53	2,46	2,29	7,06	5,68	19,62	—
	(b)	1: 95 000	1: 38 000	—	—	1: 38 000	1: 37 000	1: 29 000	1: 108 000	1: 146 000	1: 98 000	1: 93 000	1: 115 000	1: 83 000	1: 44 000	—
Sem secção 4, com base de Mueda	(a)	1,53	11,91	—	—	11,91	7,14	8,51	2,28	2,63	2,62	2,44	5,04	12,03	39,10	—
	(b)	1: 89 000	1: 23 000	—	—	1: 23 000	1: 23 000	1: 17 000	1: 46 000	1: 85 000	1: 92 000	1: 87 000	1: 162 000	1: 39 000	1: 22 000	—

(a) Fecho total em metros.

(b) Parte proporcional, aproximada, do fecho em comprimento.

Anel A — fig. I, secção 2; fig. II, secção 10; fig. IX, secção 11; fig. X, secção 12.

Anel B — fig. II, fig. III, secção 8; fig. VII, secção 9; fig. IX, secção 10.

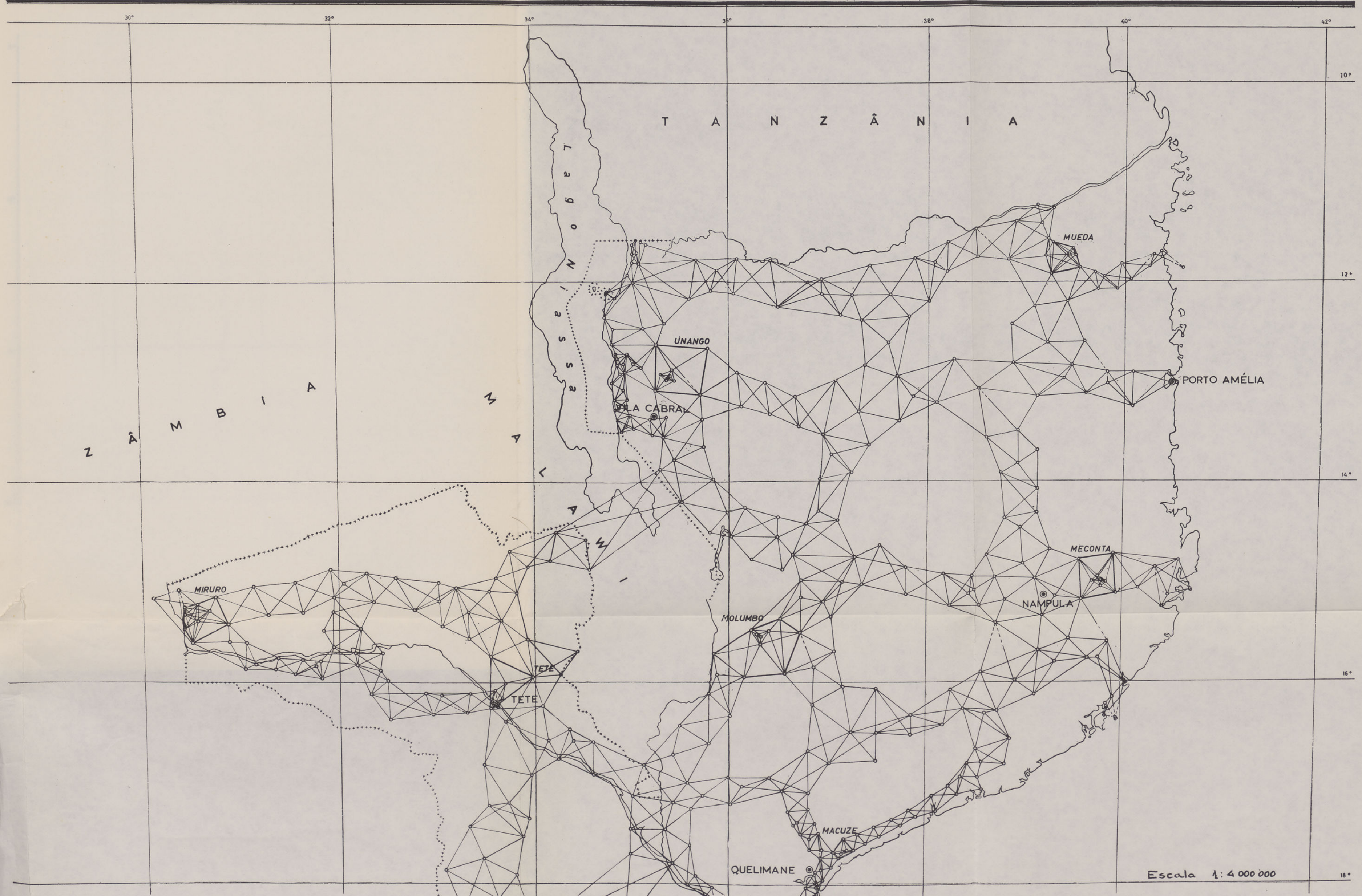
Anel C — fig. III, secção 3; fig. IV, secção 6; fig. VI, secção 7; fig. VII, secção 8.

Anel D — fig. IV, secção 4; fig. V, secção 5; fig. VI, secção 6.

MOÇAMBIQUE

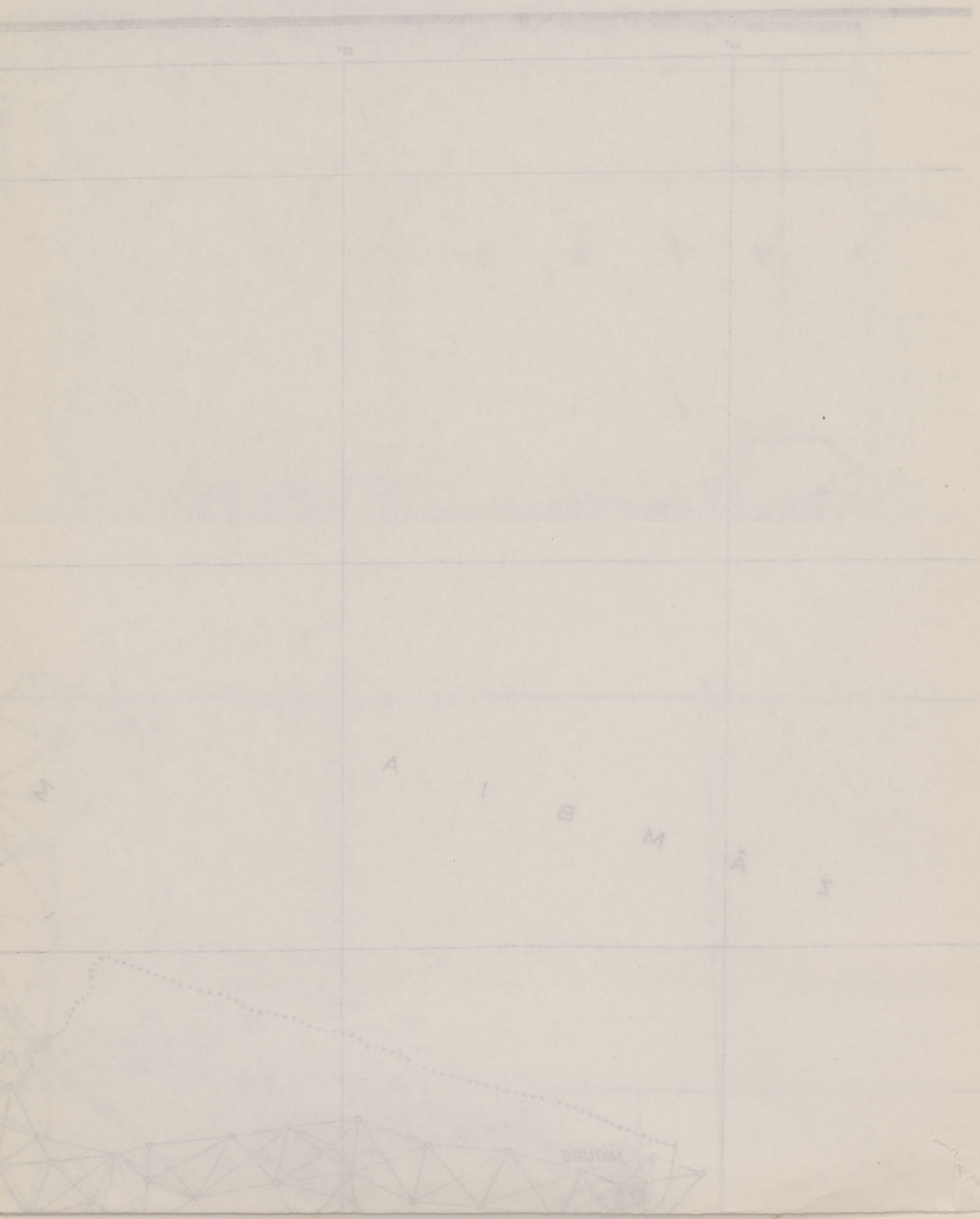
REDE GEODÉSICA

ESQUEMA I



Escala 1:4 000 000

LOGA RANGE



MOÇAMBIQUE

Esquema de ligação das cadeias da rede geodésica

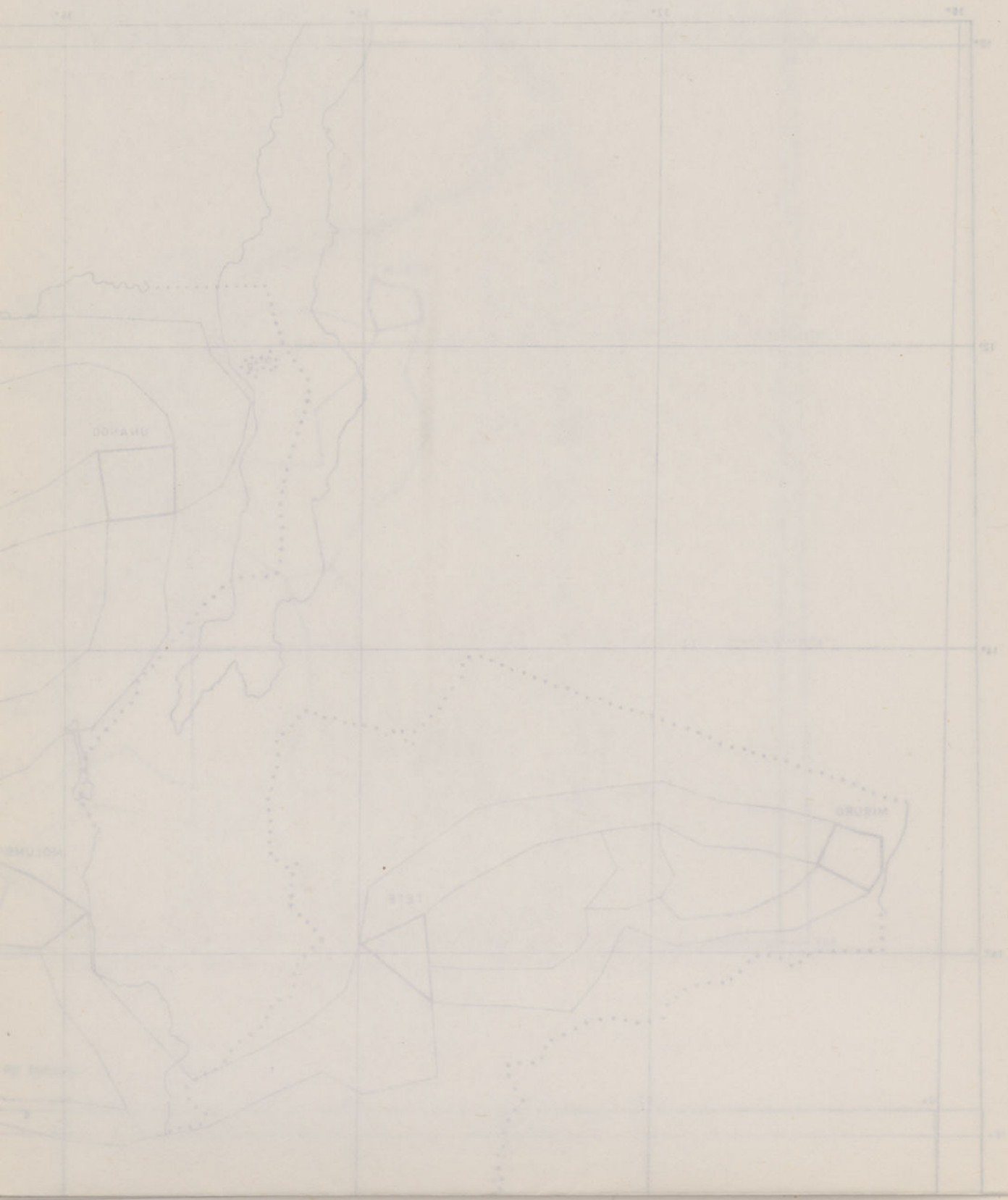
Compensação sem método de Bowie

Esquema II



MOÇAMBIQUE

Esquema de ligação das cadeias
Compensação sem mérito



MOÇAMBIQUE

Esquema de ligação das cadeias da rede geodésica.

Compensação pelo método de Bowie

Esquema III



MOÇAMBIQUE

Esquema de ligação das cadeias
Compensação pelo método

III Amplexos



FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE TETE

FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE MIRURO

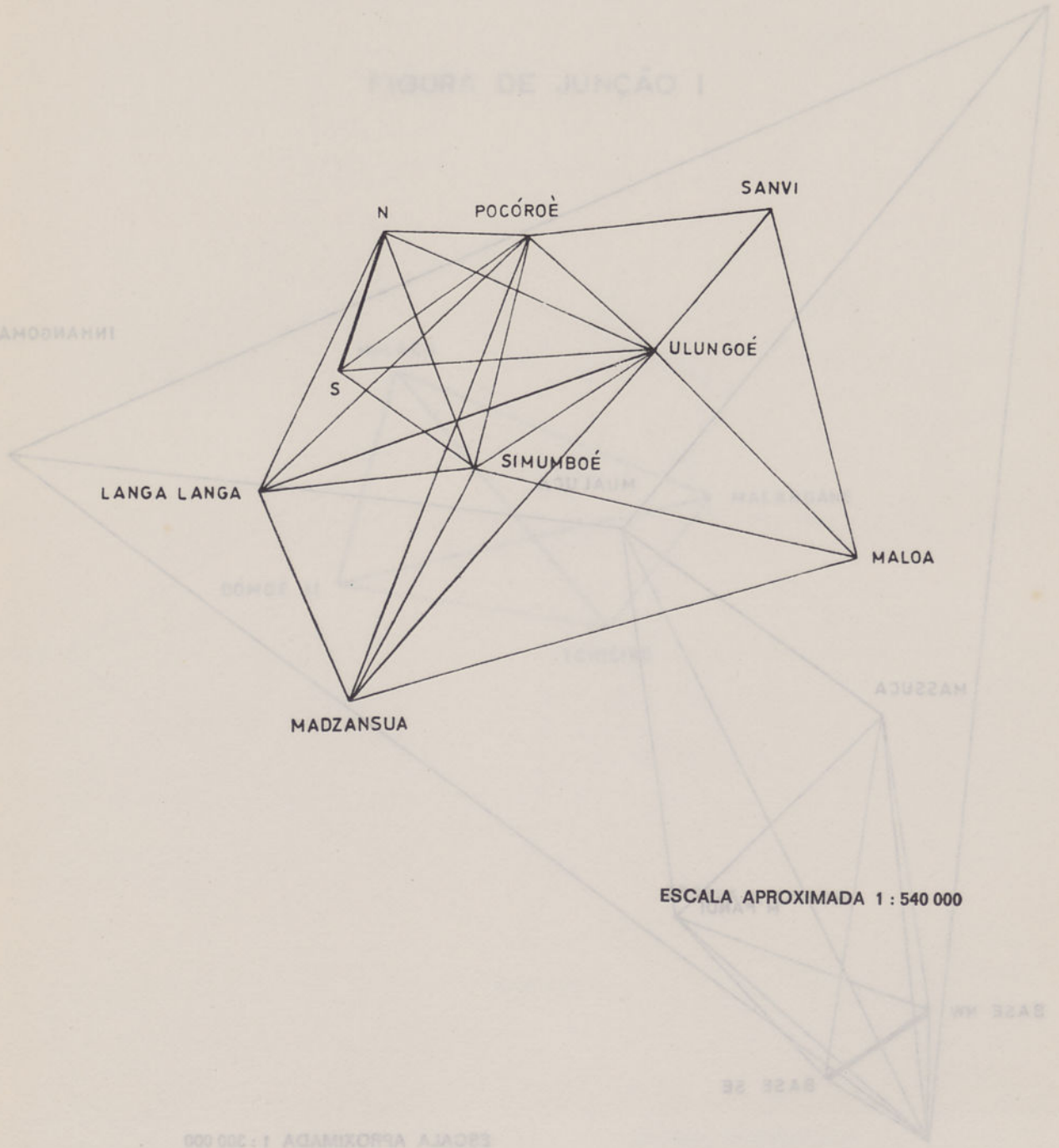


FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE TETE

TCHIPIRE

INHANGOMA

MUALUCA

MASSUCA

M'PANDI

BASE NW

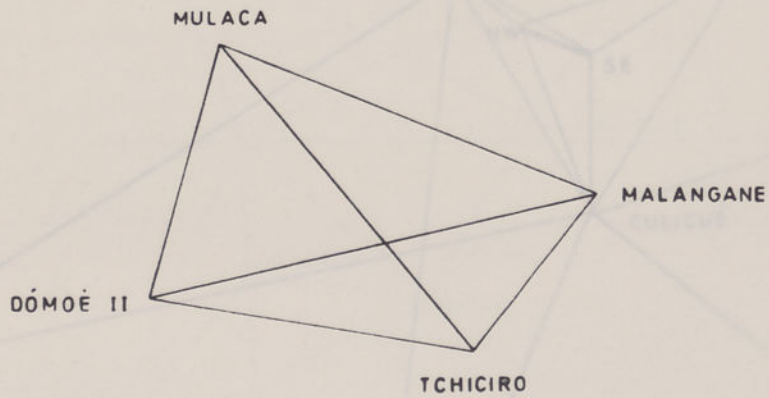
BASE SE

CAROEIRA

ESCALA APROXIMADA 1 : 300 000

FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE

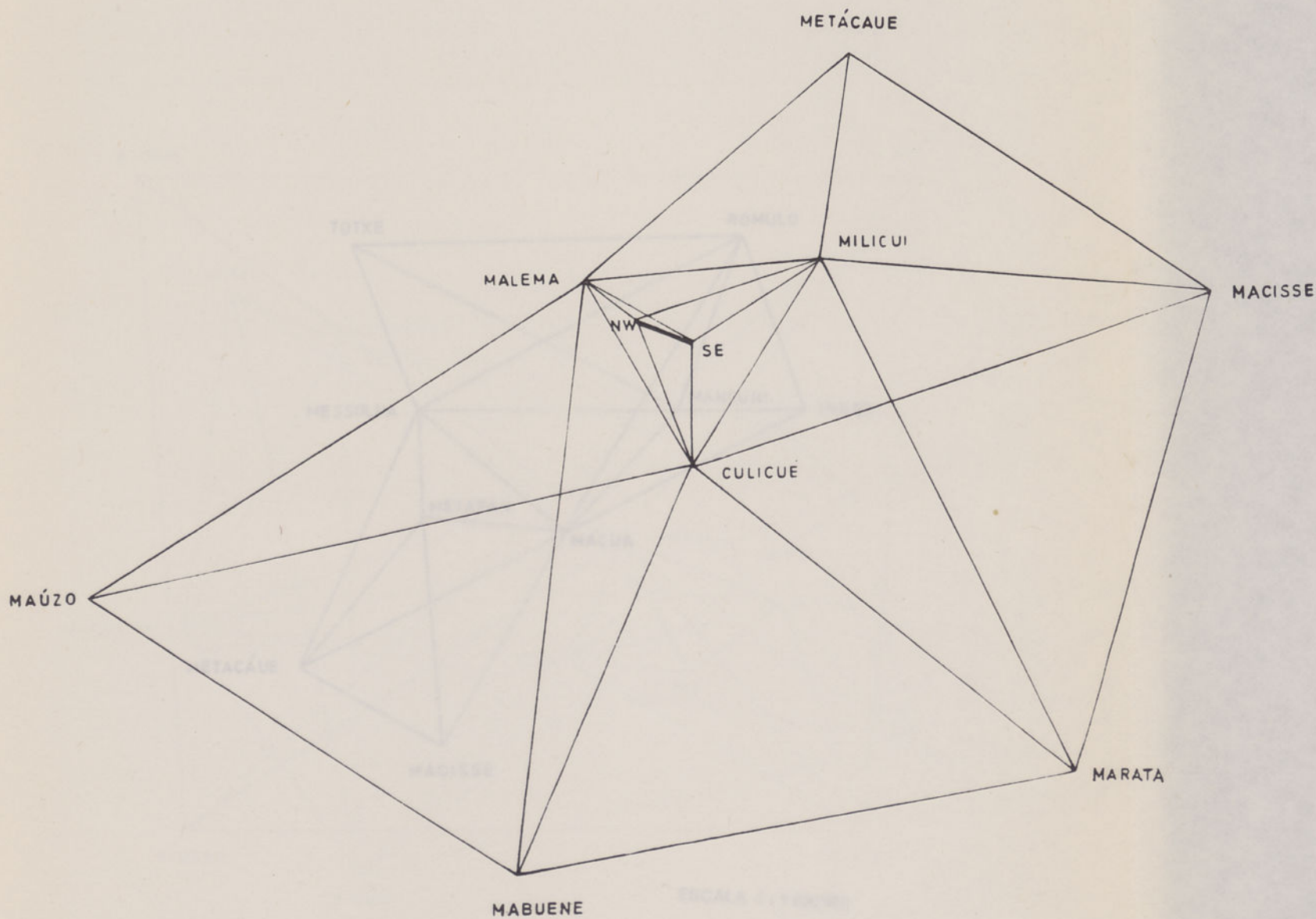
FIGURA DE JUNÇÃO I



ESCALA 1 : 1 000 000

FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE MOLUMBO

FIGURA DE JUNÇÃO III



ESCALA APROXIMADA 1 : 500 000

FIGURA DE JUNÇÃO III

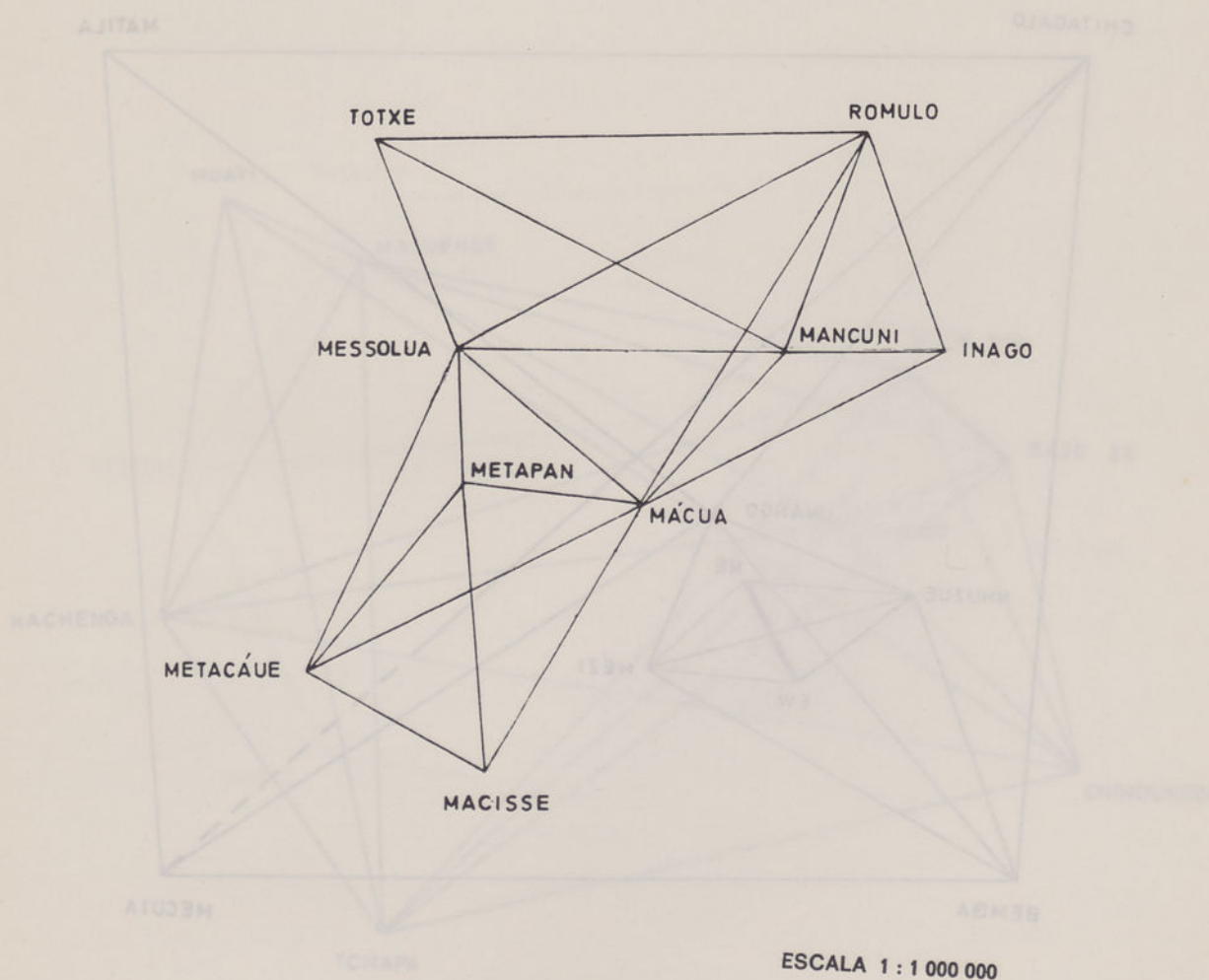
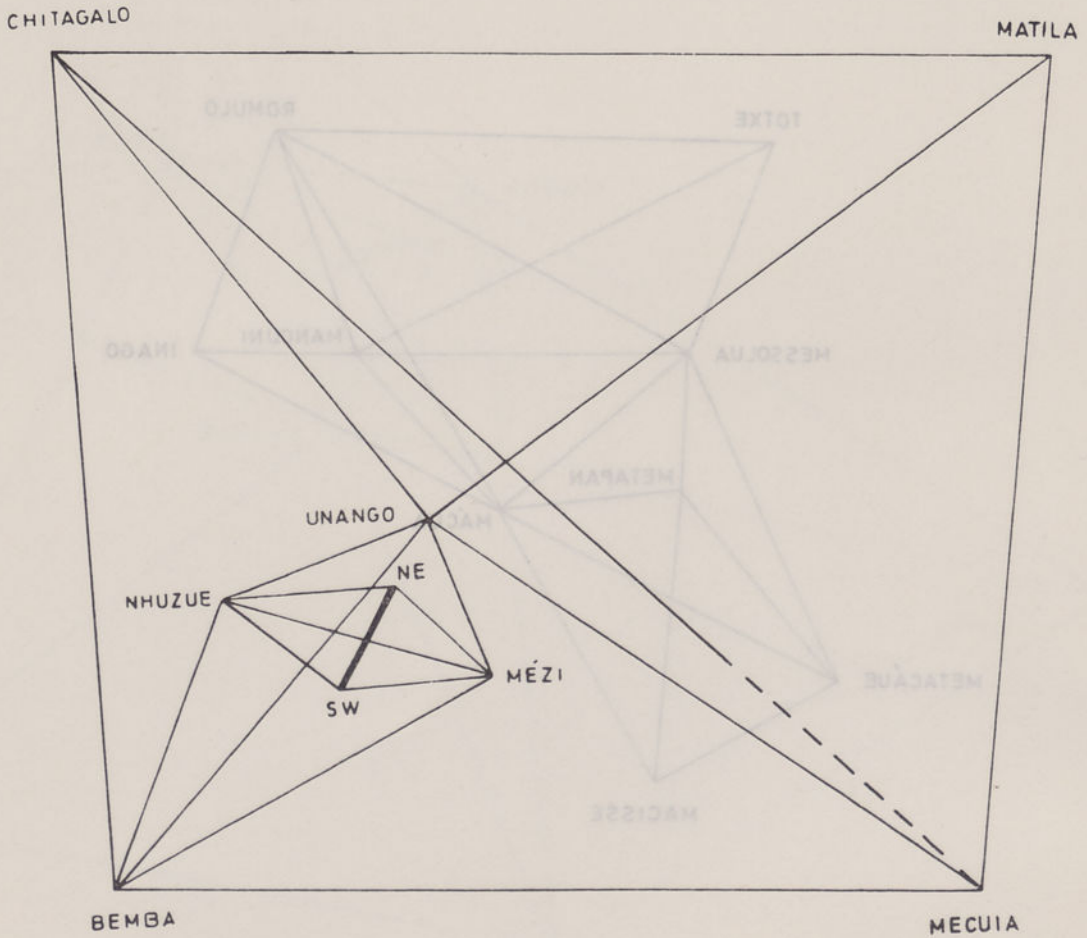


FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE UNANGO

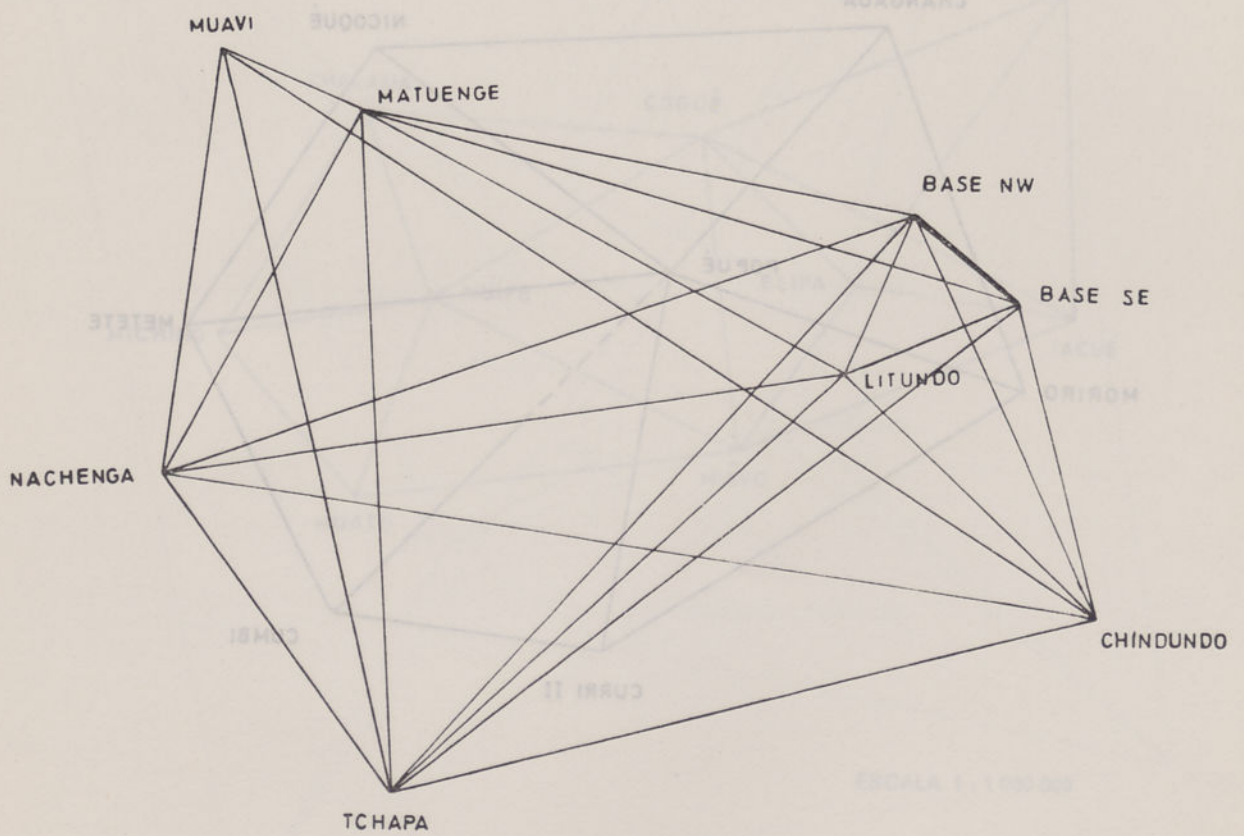


ESCALA 1 : 1 000 000

ESCALA APROXIMADA 1 : 450 000

FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE MUEDA

FIGURA DE JUNÇÃO VII



ESCALA APROXIMADA 1 : 350 000

FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE UNANU

FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE MUEDA

FIGURA DE JUNÇÃO VI

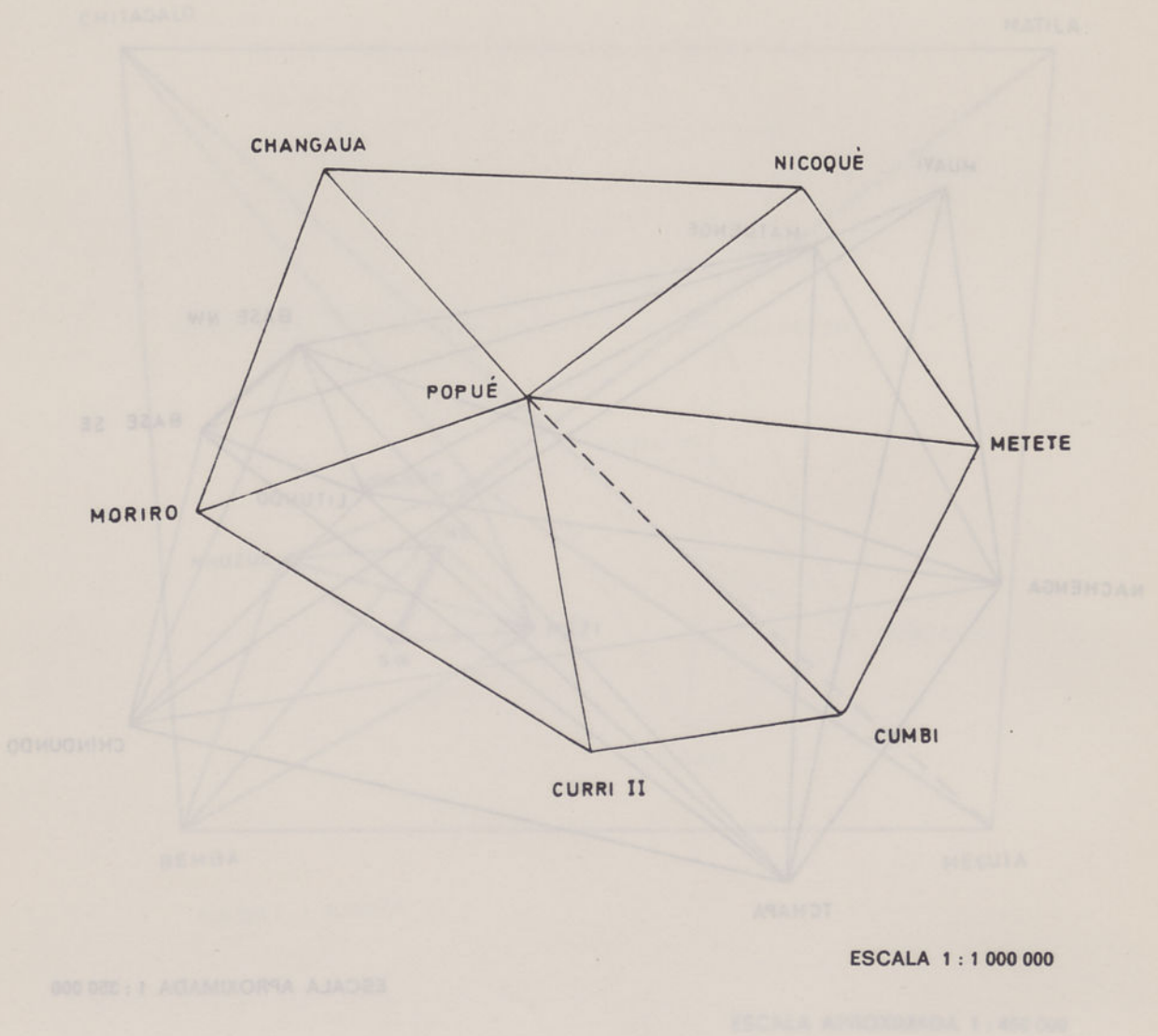


FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE MECONTA

FIGURA DE JUNÇÃO VII

FIGURA DE JUNÇÃO IX

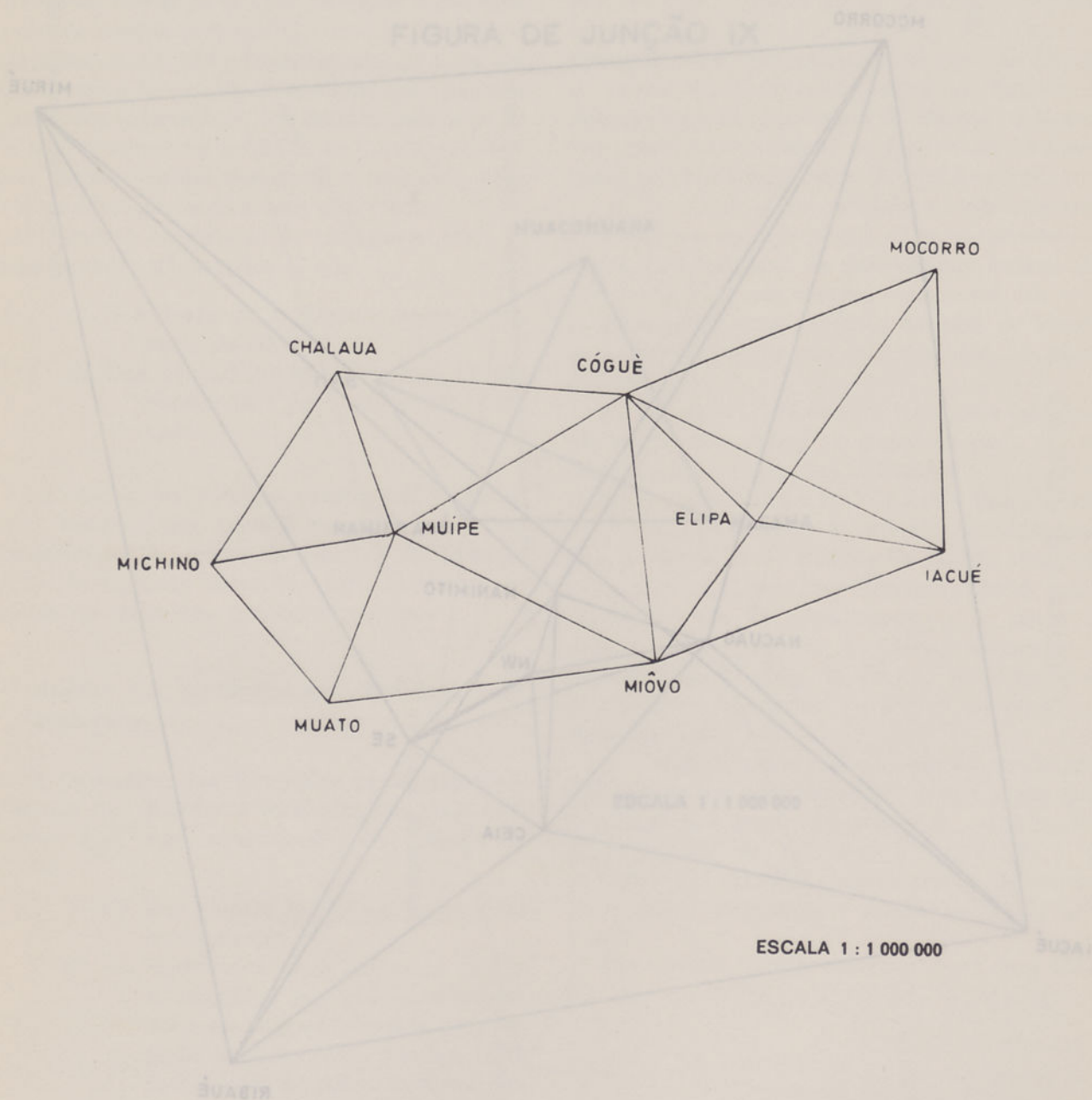
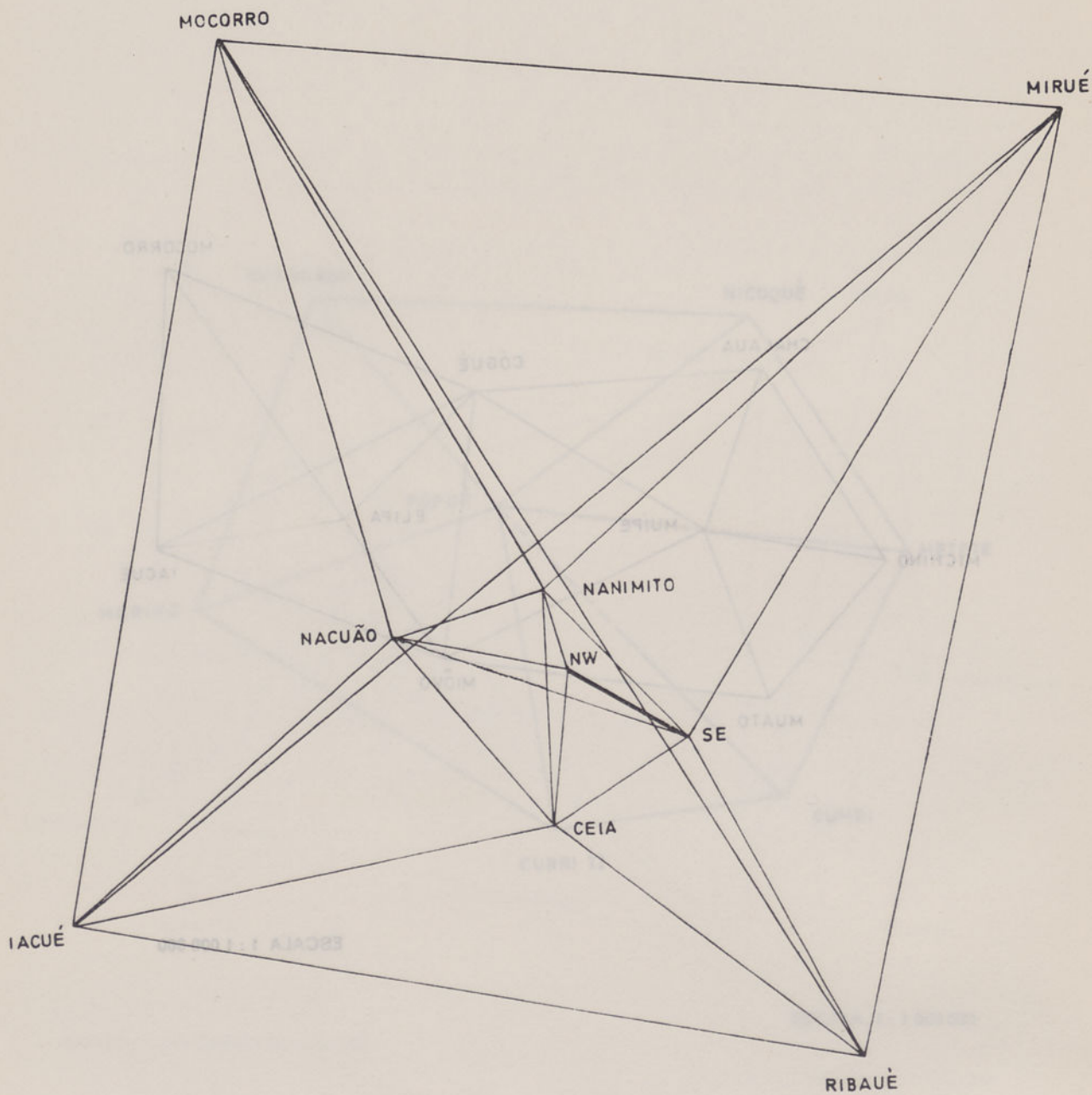


FIGURA DE DESENVOLVIMENTO DA BASE DE MECONTA



ESCALA APROXIMADA 1 : 300 000

ANÁLISE DOS RESULTADOS

1.— Precisão das observações e frequência de erros

a) Da observação dos quadros 1 indicamos a precisão das observações (direções e configurações) e da sua configuração com o quadro 2, verificando que os erros não se podem transferir dentro da mesma precisão. A análise dos quadros levou-nos a concluir que, embora estes valores foram os melhores indicados no "Journal of the Survey of Mozambique", devem ser dados apenas a título de referência, não sendo a serem utilizados.

b) Quanto ao número de triângulos entre as bases do quadro 2), verifica-se que:

- 4) O número de triângulos entre as bases varia de 20 a 23;
- 5) Das 14 cadeias de triângulos, 11 são constituídas por triângulos equiláteros.

Do exame dos resultados das observações poder concluir que haverá de ser considerado o valor de alguma direção para melhorar os valores da cobertura geodésica em termos de precisão.

2.— Análise dos resultados das diferentes compensações

a) Da análise das correções de diferenças resultantes das diferentes compensações pode concluir-se que, com a utilização do método de Bowie:

- 1) Os seus valores se tornam muito mais homogêneos;
- 2) As correções mais elevadas foram substituídas por outras menores tanto na rede compensada em conjunto como no traço que liga duas das estações da rede (de notar que estes valores tinham sido considerados quando se tratava da base de Munda — quadro V).

b) A análise, no longo de toda a rede, das discrepâncias das diferenças dos valores de convergências de mesmas vértices, nas várias compensações realizadas, mostra que, em geral, as

diferenças de valores são 0,3", não havendo, portanto, nenhuma compensação que altere, de forma sensível, o posição relativa das vértices de rede geodésica considerada.

c) Os erros possíveis de uma direção observada, em todas as estações e para as diferentes compensações feitas utilizando o método de Bowie, variam entre 0,70" e 2,47", verificando-se que, de uma maneira geral, os valores são inferiores aos de Munda. A análise feita no longo entre as figuras de desenvolvimento das bases de Uíango e Munda, para esta precisão de uma direção observada, um valor inferior a 1" (quadro VII).

d) De resultados em latitude e longitude obtidos para as bases de ordem dos 70m, localizando-se de uma maneira geral, os valores mais baixos (inferiores a 1m) nas estações norte e sul. Na compensação feita com o método de base de Munda, os valores máximos são da ordem dos 6 m quando se trata de uma direção observada em latitude e longitude.

e) De resultados em latitude e longitude obtidos para as bases de ordem dos 70m, localizando-se de uma maneira geral, os valores mais baixos (inferiores a 1m) nas estações norte e sul. Na compensação feita com o método de base de Munda, os valores máximos são da ordem dos 6 m quando se trata de uma direção observada em latitude e longitude.

f) De resultados em latitude e longitude obtidos para as bases de ordem dos 70m, localizando-se de uma maneira geral, os valores mais baixos (inferiores a 1m) nas estações norte e sul. Na compensação feita com o método de base de Munda, os valores máximos são da ordem dos 6 m quando se trata de uma direção observada em latitude e longitude.

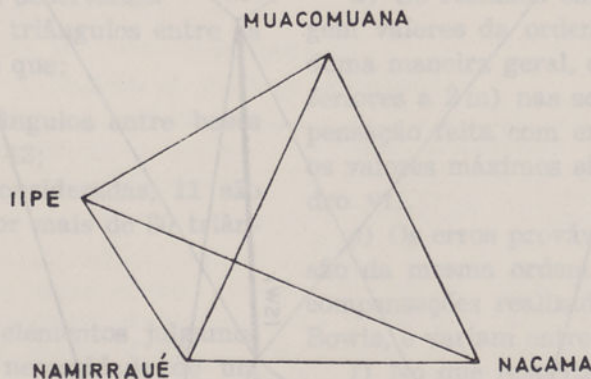
g) De resultados em latitude e longitude obtidos para as bases de ordem dos 70m, localizando-se de uma maneira geral, os valores mais baixos (inferiores a 1m) nas estações norte e sul. Na compensação feita com o método de base de Munda, os valores máximos são da ordem dos 6 m quando se trata de uma direção observada em latitude e longitude.

h) De resultados em latitude e longitude obtidos para as bases de ordem dos 70m, localizando-se de uma maneira geral, os valores mais baixos (inferiores a 1m) nas estações norte e sul. Na compensação feita com o método de base de Munda, os valores máximos são da ordem dos 6 m quando se trata de uma direção observada em latitude e longitude.

i) De resultados em latitude e longitude obtidos para as bases de ordem dos 70m, localizando-se de uma maneira geral, os valores mais baixos (inferiores a 1m) nas estações norte e sul. Na compensação feita com o método de base de Munda, os valores máximos são da ordem dos 6 m quando se trata de uma direção observada em latitude e longitude.

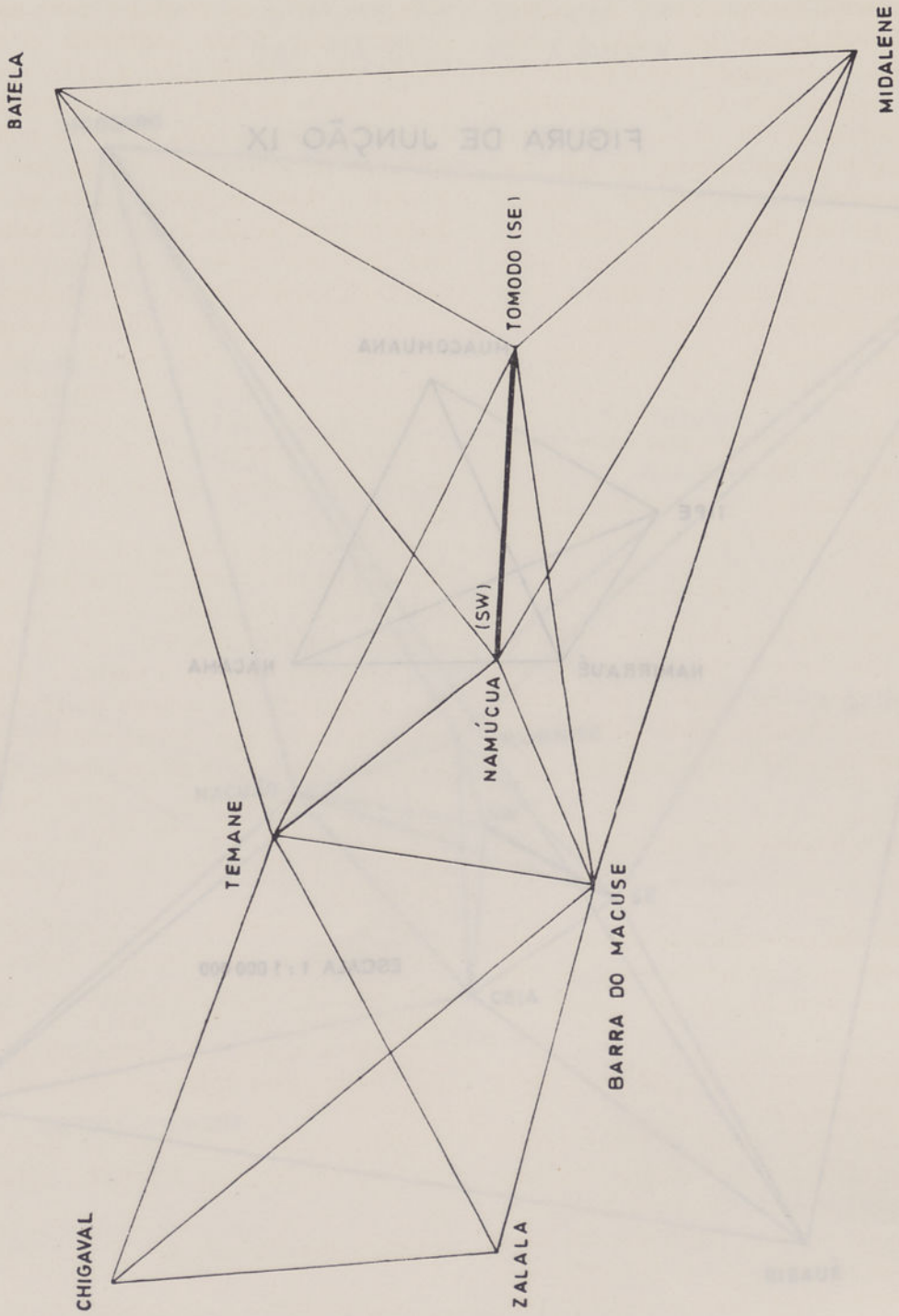
Na análise da diferença de convergências de observação entre estações, a observação de valores mais elevadas para as convergências quando se utiliza a base de Munda levou-nos a concluir o comprometimento do desvio de vertical nesta zona de Moçambique, embora a falta de observações geodésicas nos tipos de base de Munda absoluta e apenas pontos relativos a hipoteses

FIGURA DE JUNÇÃO IX



ESCALA 1 : 1 000 000

FIGURA DE JUNÇÃO X



ESCALA APROXIMADA 1 : 150 000

ANÁLISE DOS RESULTADOS

1 — Precisão das observações e frequência de bases

a) Da observação dos quadros I indicativos da precisão das observações (direcções e configuração) e da sua confrontação com o quadro A, verifica-se que toda a rede se pode considerar dentro da mesma precisão (2.^a ordem), com raras excepções. A análise pormenorizada de cada um destes casos levou-nos a concluir que, nalguns deles, estes valores fora dos limites, indicados na «Special Publication no. 247» do Coast and Geodetic Survey, devem ser devidos apenas a uma ou duas direcções menos bem observadas.

b) Quanto ao número de triângulos entre as bases (quadro II), verifica-se que:

- i) O número de triângulos entre bases varia de 26 a 42;
- ii) Das 14 cadeias consideradas, 11 são constituídas por mais de 30 triângulos.

Do exame dos referidos elementos julgamos poder concluir que haverá necessidade de um adensamento da «rede» de bases e da reobservação de algumas direcções para melhorar os valores da cobertura geodésica em causa.

2 — Análise dos resultados das diferentes compensações

a) Da análise das correcções às direcções resultantes das diferentes compensações pode concluir-se que, com a utilização do método de Bowie:

- i) Os seus valores se tornam muito mais homogéneos;
- ii) As correcções mais elevadas foram substituídas por outras menores, tanto na rede compensada em conjunto como no troço que liga duas das secções da rede (de notar que estes valores baixam consideravelmente quando se exclui a base de Mueda — quadro V).

b) A análise, ao longo de toda a rede, das discrepâncias das diferenças dos valores de coordenadas dos mesmos vértices, nas várias compensações realizadas, mostra que elas são, no

máximo, da ordem dos 0,3", não havendo, portanto, nenhuma compensação que altere, de forma sensível, a posição relativa dos vértices da rede geodésica considerada.

c) Os erros prováveis de uma direcção observada, em todas as secções e para as diferentes compensações feitas utilizando o método de Bowie, variam entre 0,70" e 2,47", verificando-se que, de uma maneira geral, os menores valores se localizam nas secções do Sul da rede e na compensação feita com exclusão da base de Mueda. A secção mais ao norte, entre as figuras de desenvolvimento das bases de Unango e Mueda, tem, para erro provável de uma direcção observada, um valor inferior a 1" (quadro VII).

d) Os resíduos em latitude e longitude atingem valores da ordem dos 10 m, localizando-se, duma maneira geral, os valores mais baixos (inferiores a 2 m) nas secções mais a sul. Na compensação feita com exclusão da base de Mueda, os valores máximos são da ordem dos 6 m (quadro VI).

e) Os erros prováveis em latitude e longitude são da mesma ordem de grandeza para as três compensações realizadas utilizando o método de Bowie, e variam entre 0,10" e 0,20" (quadro VI).

f) No que respeita à variação das coordenadas, a aplicação do método de Bowie, em qualquer das hipóteses consideradas, faz-se sentir principalmente na zona nordeste da parte da rede compensada: fig. V (desenvolvimento da base de Mueda) e fig. VI, isto é, nas figuras de junção mais afastadas do *datum* geodésico de Moçambique.

g) Os fechos dos anéis e secções resultantes das diferentes compensações, como parte proporcional aos seus comprimentos, variam, respectivamente, de 1:21 000 a 1:162 000 e de 1:17 000 a 1:118 000, localizando-se os valores mais baixos nos anéis e secções situados mais a sul.

Exceptua-se o anel mais ao norte da província, com um fecho de 1:926 000 (quadro IX).

DESVIO DA VERTICAL

Não obstante a deficiência de elementos de observação atrás apontada, a obtenção de valores mais aceitáveis para as correcções quando se excluiu a base de Mueda levou-nos a estudar o comportamento do desvio da vertical nesta zona de Moçambique, embora a falta de observações gravimétricas nos impeça de tirar conclusões absolutas, e apenas permita aventar a hipótese

de existência de possíveis anomalias da gravidade nesta região que justifiquem os reflexos desfavoráveis da introdução daquela base na compensação conjunta da rede geodésica.

Calculadas as diferenças entre os valores das coordenadas astronómicas e geodésicas para cada ponto de Laplace, determinaram-se as componentes segundo o meridiano, η , e o primeiro vertical, ξ , do desvio da vertical nestes pontos (quadro X).

Estes valores dependem do elipsóide utilizado, das coordenadas atribuídas ao *datum*, da orientação da rede de triangulação nesse ponto, da precisão das observações realizadas e dos erros transmitidos através da rede, e, ainda, de possíveis desvios devidos a irregularidades do campo de gravidade.

Não parece, portanto, que seja esta a causa da existência de valores do desvio da vertical mais elevados neste ponto de Laplace do que nos outros desta zona do Norte de Moçambique.

Consultando um esboço geológico de Moçambique, verificou-se que a figura de desenvolvimento da base de Mueda está situada numa zona de fracturas, notando-se nas suas imediações, para oeste, algumas manchas de rochas ultrabásicas, portanto de grande densidade, enquanto para sul há manchas de rochas da série metassedimentar e granitóides, de densidade menor.

Partindo da hipótese de que se poderia atribuir à formação geológica do subsolo da região a existência dos valores atrás indicados para o desvio da vertical, procurámos avaliar a ordem

QUADRO X
Componentes do desvio da vertical

Estações	Segundo o meridiano			Segundo o primeiro vertical			
	Latitude astronómica (φ)	Latitude geodésica (φ')	$\eta = \varphi - \varphi'$	Longitude astronómica (λ)	Longitude geodésica (λ')	$\lambda - \lambda'$	$\xi = (\lambda - \lambda') \times \cos \varphi$
Mueda (NW)	- 11° 39' 35,22"	27,891"	- 7,329"	- 39° 32' 36,390"	41,420"	+ 5,030"	+ 4,926"
Unango (SW)	- 12 57 01,25	00,243	- 1,007	- 35 21 59,025	58,624	- 0,401	- 0,391
Meconta (NW)	- 14 58 31,74	29,184	- 1,926	- 39 50 17,010	19,238	+ 2,228	+ 2,152
Molumbo (NW)	- 15 29 42,98	40,116	- 2,864	- 36 17 52,530	48,971	- 3,559	- 3,430
Miruro (S)	- 15 18 15,35	13,638	- 1,712	- 30 24 15,750	15,650	- 0,100	- 0,096
Tete (NW)	- 16 09 03,58	03,58	0	- 33 33 51,300	51,300	0	0
Macuse (Barra de) ...	- 17 45 01,26	02,700	+ 1,440	- 37 12 52,350	57,347	+ 5,003	+ 4,762

Analisados os valores encontrados em todos os pontos de Laplace desta zona de Moçambique, verifica-se que eles são mais elevados na base de Mueda do que nos outros pontos (principalmente no que se refere à componente segundo o meridiano).

Não parece que esses valores sejam devidos a determinações astronómicas menos precisas, pois a precisão destas observações no extremo NW da base de Mueda é da mesma ordem de grandeza da dos outros pontos de Laplace: $\pm 0,05''$ em latitude e $\pm 0,001s$ em longitude.

A precisão das observações das direcções azimutais na figura de desenvolvimento desta base, embora inferior ao que está previsto, é sensivelmente igual à que se tem na restante rede:

- Número de triângulos — 31.
- Média dos fechos dos triângulos — 2,047".
- Fecho máximo — 8,484" (único superior a 5").
- Número de triângulos com fecho superior a 3" — 6.
- Erro médio de um ângulo — $\pm 1,529''$.

de grandeza das correcções às direcções azimutais, resultantes do desvio da vertical. Poderão estas correcções determinar-se pela expressão

$$\varepsilon = -(\eta \operatorname{sen} \alpha - \xi \cos \alpha) \operatorname{tg} \beta \quad (1)$$

na qual:

- η e ξ são, respectivamente, as componentes do desvio da vertical segundo o meridiano e o primeiro vertical;
- α é o azimute da direcção;
- β é o complemento da distância zenital.

Sendo para as direcções NW-SE e NW-Litundo, respectivamente:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 319^\circ 31' 15''; \\ \alpha_2 &= 32^\circ 36' 48''; \\ \beta_1 &\approx 0^\circ; \\ \beta_2 &\approx 2^\circ; \end{aligned}$$

(1) Geodesy, Bomford.

e, ainda, no vértice extremo NW da base de Mueda

$$\eta = - 7,33'' \text{ e } \xi = + 4,93'';$$

ter-se-ia para correcções àquelas direcções os valores

$$\varepsilon_1 = + 1,008 \times 0 = 0.$$

$$\varepsilon_2 = - 8,104 \times 0,0349 = - 0,283''.$$

Embora estes valores sejam extremamente precários, uma vez que não há observações gravimétricas nesta zona, parece poder, por enquanto, concluir-se, em face da sua insignificância, que não se pode atribuir ao desvio da vertical a causa da anomalia apontada relativamente à introdução da base de Mueda na compensação conjunta. Esta posição, porém, poderá vir a ser alterada em face de elementos fornecidos por eventuais observações gravimétricas a realizar no futuro ou de estudos mais aprofundados relativamente ao *datum* geodésico de Moçambique.

Na verdade, observações gravimétricas em Tete poderão, eventualmente, vir a revelar desvios na vertical no ponto escolhido para *datum*, uma vez que na zona da figura de desenvolvimento da base de Tete e a norte e noroeste desta existem grandes concentrações de minerais densos (ferro), enquanto para sul e sudeste se encontra carvão e outros materiais pouco densos.

A verificar-se esta hipótese, haveria que corrigir as coordenadas do *datum*, o que afectaria as coordenadas de todos os pontos geodésicos de Moçambique.

CONCLUSÕES

Perante os resultados das várias compensações efectuadas, parece-nos poder concluir que as compensações realizadas com o emprego do método de Bowie eliminam possíveis distorções a que a compensação cadeia a cadeia conduzira, e que se manifestaram no aparecimento de elevadas cor-

recções às direcções em troços que ligavam cadeias compensadas separadamente.

Para uma escolha entre as três compensações realizadas empregando o método de Bowie e considerando as diferentes hipóteses — rede completa, a mesma rede com exclusão do troço norte Unango-Mueda e a mesma rede com exclusão não só deste troço, mas também da base de Mueda — tomámos em consideração não só a natureza dos resultados (correcções às direcções, erros prováveis, fechos em comprimento, variação das coordenadas), como a dos dados (observações e densidade de bases) e ainda a da possível influência do desvio da vertical.

Quanto aos primeiros, concluímos que são sensivelmente da mesma ordem de grandeza nas duas primeiras hipóteses, atingindo-se melhores resultados quando se exclui a base de Mueda.

Perante isto, pusemos ainda a hipótese de adoptar esta última compensação; porém, não só a consideração da natureza das observações e densidade de bases, que coloca a cobertura do Norte de Moçambique numa 2.^a ordem fraca ⁽²⁾, mas também as conclusões a que se chegou sobre o desvio astro-geodésico da vertical na base de Mueda, levaram-nos a rejeitar tal hipótese, por não nos parecer pertinente excluir da compensação conjunta parte da rede, quando toda ela está afectada pelos mesmos condicionalismos, para obter resultados mais homogéneos.

Assim, optámos pela compensação conjunta de toda a rede, prevendo se venha a fazer uma nova compensação quando for possível dispor de elementos resultantes da reobservação de algumas direcções, do adensamento da rede de bases geodésicas e pontos de Laplace e da realização de observações gravimétricas nesta zona de Moçambique.

(2) 2.^a ordem, classe II, segundo a «Classificação das operações geodésicas de *contrôle* e normas de precisão correspondentes», nota apresentada pelos Estados Unidos da América à II Conferência Cartográfica Regional das Nações Unidas para a Ásia e Extremo Oriente.

BIBLIOGRAFIA

- The Bowie method of triangulation adjustment*, Adams (Washington, Special Publication no. 159, U. S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey).
Geodesy, Bomford (Oxford, at the Clarendon Press).
The earth and its gravity field, Heiskanen and Meinesz (New York, McGraw-Hill Book Company).

- Géodésie générale*, Levallois (Paris, Eyrolles, collection scientifique de l'Institut Géographique National).
Application of the theory of least squares to the adjustment of triangulation, Adams (Washington, Special Publication no. 28, U. S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey).



CONCEIÇÃO, Maria Fer-
nanda Farinha da
ALBUQUERQUE, Maria
Regina

Aplicação do método de
Bowie à compensação da
parte norte da rede geodé-
sica de Moçambique

Garcia de Orta, Sér. Geogr., Lisboa, 3 (1), 1976, p. 1-38

Aplicação do método de Bowie a uma zona da rede geodésica de Moçambique em que se chegara a resultados pouco satisfatórios por uma compensação cadeia a cadeia. Descrito o método nas suas linhas gerais, relatam-se a forma como se fez a sua aplicação ao problema em causa, a análise dos dados, a análise dos resultados conseguidos nas diferentes hipóteses consideradas e o critério que presidiu à escolha de uma delas.

CONCEIÇÃO, Maria Fer-
nanda Farinha da
ALBUQUERQUE, Maria
Regina

Bowie method employment
to the compensation of the
northern part of the Mo-
zambique geodesic net

Garcia de Orta, Sér. Geogr., Lisboa, 3 (1), 1976, p. 1-38

Bowie method employment to an area of the Mozambique geodesic net in which very poor results were obtained by a chain to chain compensation. Described the method in its general lines a reference is made to the way how it was used in the circumstances, to the analysis of the data, to the analysis of the results obtained in the different hypotheses and the criterion that decided the selection of one of them.

Regina
ALBUQUERQUE, Maria
Conceição, Maria Ter-
nanda Fátima da
Bowie method employment
to the compensation of the
northern part of the Mo-
zambique geodesic net

Garcia de Osta, Sér. Geogr., Lisboa, 3 (1), 1976, p. 1-38

Bowie method employment to an area of the Mozam-
bique geodesic net in which very poor results were
obtained by a chain to chain compensation. Described
the method in its general lines a reference is made to the
way how it was used in the circumstances, to the analysis
of the data, to the analysis of the results obtained in the
different hypotheses and the criterion that decided the
selection of one of them.

Regina
ALBUQUERQUE, Maria
Conceição, Maria Ter-
nanda Fátima da
Bowie à compensação da
parte norte da rede geodé-
sica de Moçambique

Garcia de Osta, Sér. Geogr., Lisboa, 3 (1), 1976, p. 1-38

Aplicação do método de Bowie a uma zona da rede
geodésica de Moçambique em que se chegara a resul-
tados pouco satisfatórios por uma compensação cadeia
a cadeia. Descrito o método nas suas linhas gerais, rela-
tam-se a forma como se fez a sua aplicação ao problema
em causa, a análise dos dados, a análise dos resultados
conseguidos nas diferentes hipóteses consideradas e o
critério que presidiu à escolha de uma delas.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A Série de Geografia de *Garcia de Orta* publica artigos sobre os vários ramos das ciências geográficas (Geografia Matemática, Geografia Física, Geografia Humana, etc.) quer no aspecto de ciência pura, quer no da sua aplicação. Poderá, também, incluir pequenas notas geográficas, noticiário científico, recensões ou críticas bibliográficas.

Os artigos podem ser escritos em português, inglês, francês, espanhol, italiano ou alemão, e compreenderão os seguintes resumos: *a)* Um na língua em que foram escritos os textos; *b)* Outro em português; *c)* E ainda outro em inglês (de preferência) ou francês no caso dos artigos escritos em língua diferente destas.

Os originais devem ser submetidos a qualquer dos membros do Corpo Editorial: Prof. Doutor Ilídio do Amaral, Centro de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, Lisboa-4, ou Eng.º José Farinha da Conceição ou Alvaro Diniz Campos Amores, Centro de Geografia do Ultramar, Rua de Jau, 54, Lisboa-3.

Os autores devem enviar os originais em duplicado, dactilografados a dois espaços e de um só lado, em formato A4 (210 mm x 297 mm); a primeira página deve ter o título do artigo, os nomes dos autores (sendo desejável no máximo dois apelidos) e respectivos organismos e moradas; a segunda página deve repetir o título e os autores, seguindo-se-lhes os resumos, texto, etc.; devem ainda indicar a qual dos autores (sua morada completa e telefone) deverão ser enviadas as provas para revisão e quantas separatas extra pretendem adquirir (ver o último parágrafo destas instruções).

As tabelas e figuras devem ser reduzidas a um número mínimo e apresentadas separadamente em tamanho maior, para permitir uma melhor reprodução. As legendas das tabelas e das figuras devem ser indicadas numa folha à parte e claramente referenciadas. As tabelas e gráficos devem ser traçados a preto sobre fundo branco (por exemplo a tinta-da-china negra sobre papel vegetal), suficientemente contrastados para permitir uma boa reprodução, e as fotografias devem ser também a preto e branco, sobre papel brilhante. Os quadros e tabelas deverão ser elaborados, sempre que possível, de molde a permitirem a publicação na mancha normal da revista. Só em casos muito especiais poderão ser consideradas reproduções a cores.

É desejável que o número de páginas de cada artigo, incluindo as gravuras e tabelas, não exceda, em princípio, 20 páginas dactilografadas (o correspondente a cerca de 10 páginas impressas). No caso de o trabalho não poder ser reduzido a este tamanho, poderá: *a)* Considerar-se a sua divisão em duas ou mais partes, a publicar como se fossem artigos independentes; *b)* Ser remetido para publicação noutra seriada mais adequada da Junta de Investigações Científicas do Ultramar; *c)* Ou, excepcionalmente, ser decidida pelo Corpo Editorial a sua publicação como um todo em *Garcia de Orta*.

As referências devem ser indicadas no texto por meio do nome do autor (sem iniciais dos prenomes, a menos que estritamente necessário para distinguir dois autores com o mesmo apelido) e pelo ano de publicação, sendo apresentada uma lista das referências no fim do trabalho, por ordem alfabética e conforme as normas portuguesas em vigor (NP-405 e NP-139). Exemplos: *a)* No texto: (Vale & Cunha, 1969) ou Vale & Cunha (1969); *b)* Na lista bibliográfica:

(artigo) VALE, J. Cardoso do & CUNHA, A. Proença da — «Estudo cromatográfico e químico do óleo essencial de *Eucalyptus maideni* F. Muell., de Angola». *Garcia de Orta*, Lisboa, 17 (3), 1969, 307-314.

(livro) PEREIRA, Benjamim — *Máscaras Portuguesas*. Lisboa, Junta de Investigações do Ultramar, 1973, 158 p., 111 est., bilogr. numerosa.

As provas devem ser corrigidas e devolvidas ao respectivo membro do Corpo Editorial o mais rapidamente possível. Para facilitar a correção das provas, será enviado aos autores um texto-exemplo com os vários sinais usados pelos revisores.

No caso de um só autor, este terá direito a 50 separatas gratuitas, e no caso de vários autores estes terão em conjunto direito a 100 separatas gratuitas. Em qualquer dos casos, os autores, ou os organismos da Junta a que estes pertençam, poderão encomendar qualquer número de separatas extra, que lhes serão debitadas ao preço de custo.

SUMÁRIO

<i>Aplicação do método de Bowie à compensação da parte norte da rede geodésica de Moçambique</i> — Maria Fernanda Farinha da Conceição & Maria Regina Albuquerque	1
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---