



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**  
**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço**  
*Especialização em Processos Geológicos*

**Cartografia e estrutura do contacto entre a Formação de Aileu e a Formação de Lolotoi.**  
**Implicações geodinâmicas e para os recursos minerais.**

Autor  
Henrique Gusmão Mendonça Pereira

**Orientador:**  
Pedro Miguel Nogueira  
**Co-Orientador:**  
Alexandre Ventura Araújo

**Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço**  
*Especialização em Processos Geológicos*

**Cartografia e estrutura do contacto entre a Formação de Aileu e a Formação de Lolotoi.**  
**Implicações geodinâmicas e para os recursos minerais.**

Autor

Henrique Gusmão Mendonça Pereira

**Orientador:**

Pedro Miguel Nogueira

**Co-Orientador:**

Alexandre Ventura Araújo

# Índice Geral

<b>RESUMO .....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMENTO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introdução .....	1
1.2. Objectivos .....	6
<b>CAPÍTULO 2 - ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Localização da área de trabalho .....	7
2.1.1. Aspectos da fisiografia regional .....	9
2.2. Enquadramento geológico .....	12
2.2.1. Geotectónico .....	12
2.2.2. Principais terrenos .....	12
2.2.3. Estrutura .....	14
2.2.4. Tectónica actual .....	18
2.2.5. Estratigrafia .....	20
<b>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIAS DE TRABALHO .....</b>	<b>26</b>
3.1. Trabalho do campo .....	26
3.1.1. Materiais utilizados .....	26
3.2. Trabalho do laboratório .....	27
3.2.1. Materiais utilizados .....	27
3.2.2. Método para fazer as lâminas .....	28
3.3. Trabalho de gabinete .....	28
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>32</b>
4.1. Litoestratigrafia da região do estudo .....	32
4.1.1. Formação de Lolotoi .....	32
4.1.2. Formação de Maubisse .....	34
4.1.3. Formação de Wailuli .....	34
4.1.4. Aluvião Recente e Terraços Fluviais/Formação de Ainaro .....	37
4.2. Diferentes tipos de estruturas tectónicas .....	38
4.2.1. As formações mais deformadas .....	39
4.2.2. As Formações menos deformadas .....	46
4.3. Petrografia .....	46
4.3.1. Metodologia .....	46
4.3.2. Resultados obtidos por análise microscópica de lâminas delgadas .....	48
<b>CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>60</b>

## Índice de Figuras

Figura 1. 1. Mapa localização da região de Timor. A linha vermelha indica arco da banda interno, a linha amarelo indica arco da banda externo, e a linha azul indica fossa de Timor. (retirado imagem do Google earth). .....	1
Figura 1. 2. Mapa topográfico da área de trabalho. O quadro a vermelho indica a área realmente cartografada. ....	5
Figura 2. 1. Mapa de Timor-Leste. O quadrado vermelho indica a área do trabalho.....	7
Figura 2. 2. Mapa topográfico da área do trabalho. ....	8
Figura 2. 3. Mapa da elevação de Timor-Leste. Valores da elevação em metros. ....	9
Figura 2. 4. Aspectos do relevo na região estudada. ....	10
Figura 2. 5. Mapa dos rios em Timor-Leste.....	11
Figura 2. 6. Mapa geofísico e tectónico da região de Timor-Sumba (retirado do Audley-Charles, 2004). ....	13
Figura 2. 7. Mapa simplificado das unidades geológicas de Timor (retirado Standley & Harris, 2009). Note-se que as posições das antiformas não estão de acordo com as nossas observações. ....	14
Figura 2. 8. Esquema dos modelos da estrutura de Timor. (retirado de Monteriro, 2003). 1. Modelo de Carreamento, 2. Modelo de Imbricação e 3. Modelo de Autóctone.....	17
Figura 2. 9. Sismicidade em Sumba e de Timor na região de Arco da Banda. Os epicentros mostram profundidade mínima de 75km. Baseado em dados do Engdahl et. al., 1998. (retirado de Audley-Charles, 2004). ....	19
Figura 2. 10. Unidades litotectónicas de Terreno da Banda em Timor (retirado do Harris, 2006). ....	22
Figura 3. 1. Mapa dos pontos observações da área do estudo. ....	30
Figura 3. 2. Mapa das litologias da área do estudo. ....	31
Figura 4. 2. As rochas da Formação de Lolotoi na minha área do trabalho. A). Gabro serpentizado, B). Meta vulcanitos, C). Gnaisse, D). Xisto, E). Brecha vulcânica. ....	33
Figura 4. 4. As rochas de Formação de Maubisse na minha area do trabalho. A) Calcário de Maubisse com crinoides, B) Calcário do Maubisse com oolitos. ....	34
Figura 4. 6. Exemplos das várias litologias da Formação de Wailuli presentes na minha zona de trabalho. A). Arenito, B). Calcrenito, C). Argila com gesso, D). Argilito, E). Conglomerado. ....	35
Figura 4. 7. Mapa das Formações da área do trabalho, com indicação das litologias. ....	36
Figura 4. 8. A) Depósito recente ou aluvião no rio, B) Terraços Fluviais/Formação de Ainaro.....	38
Figura 4. 9. Densidade dos pólos da xistosidade.....	40
Figura 4. 10. Uma dobra na Formação de Wailuli. ....	41
Figura 4. 11. Projecção da densidade dos dados da estratificação. ....	42
Figura 4.12. Mapa das unidades geológicas com as medidas de estratificação simplificadas. ....	43
Figura 4.13. Corte geológico A-B (ver figura 4.12).....	44
Figura 4. 14. Projecção da densidade das falhas. ....	45
Figura 4. 15. Projecção dos pólos do eixo da dobra, indica os eixos inclina para o quadrante N. ....	45
Figura 4.16. Diagrama da classificação para rocha carbonatadas. A) Classificação das rochas carbonatadas (retirado de Monteiro (2003) adaptado de Folk (1962), B) Classificação das rochas detríticas (Adaptado do Greensmith (1989)). ....	47
Figura 4. 17. Diagrama para classificação para as rochas ígneas. A) Classificação de rocha máficas, B). Classificação de rocha ultramáficas. Adaptado do Harvey Blatt e Robert J. Tracy (2000). ....	48

Figura 4. 18. Fotografia da lâmina delgada de um gabro. A figura mostra o mineral de Olivina aparece uma fractura muito forte, a fotografia foi tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	49
Figura 4. 19. Mesmo gabro da figura 4.16. A fotografia foi tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	49
Figura 4. 20. Fotografia da lâmina delgada de um gabro. A figura mostra o mineral de Plagioclase, a fotografia foi tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	50
Figura 4. 21. Mesmo gabro da figura anterior. Fotografia tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	50
Figura 4. 22. Fotografia da lâmina delgada do gabro. A figura mostra um mineral de Piroxena com uma clivagem muito forte, a fotografia foi tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	51
Figura 4. 23. Mesma imagem da figura anterior. Fotografia tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	51
Figura 4. 24. Fotografia da lâmina delgada de calcário. A figura mostra grãos irregulares de calcite, a forma do grão é sub-euédrico, com matriz de argila entre os grãos. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	52
Figura 4. 25. Mesma imagem da figura anterior. A fotografia foi tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	53
Figura 4. 26. Fotografia da lâmina delgada de calcário mostra o mineral de calcite. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	53
Figura 4. 27. Mesma imagem da figura anterior. Fotografia tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	54
Figura 4. 28. Fotografia da lâmina delgada de um biocalcarenito. A figura mostra os minerais de um calcarenito bioclástico com fragmentos da concha. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	55
Figura 4. 29. Mesma imagem da figura anterior. A fotografia foi tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	55
Figura 4. 30. Fotografia da lâmina delgada de calcarenito. A fotografia foi tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	56
Figura 4. 32. Fotografia da lâmina delgada de calcarenito. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	57
Figura 4. 34. Fotografia da lâmina delgada de calcarenito. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm. ....	57

## Índice de Tabelas

Tabela 1. 1. Tabela das datas do trabalho do campo. ....	3
Tabela 2. 1. Coluna estratigrafia do Audley-Charles e Leme (1968). ....	20
Tabela 4. 1. Lista da amostra da lâmina delgada da Formação de Lolotoi. ....	48
Tabela 4. 2. Lista da amostra da lâmina delgada da Formação de Maubisse. ....	52
Tabela 4. 3. Lista da amostra da lâmina delgada da Formação de Wailuli. ....	54
Tabela 4. 4. Lista da amostra da lâmina delgada da Formação de Wailuli. ....	56

## RESUMO

### **Cartografia e estrutura do contacto entre a Formação de Aileu e a Formação de Lolotoi. Implicações geodinâmicas e para os recursos minerais.**

Neste trabalho apresentam-se os resultados da cartografia geológica realizada numa área com cerca de 30 km<sup>2</sup>, situada a SW de Manatuto. As duas principais formações que afloram nesta área são a Formação Lolotoi e a Formação de Wailuli, ocorrendo ainda pequenas manchas de calcários atribuídos à Formação de Maubisse e importantes áreas com depósitos de cobertura recentes (aluviões e terraços, cartografados como pertencentes à Formação de Ainaro).

A Formação de Lolotoi é constituída por uma série de rochas sedimentares e rochas eruptivas que sofreram metamorfismo regional de baixo grau. Esta formação caracteriza-se normalmente pela presença de filitos quartzo-micáceos, micaxistos quartzíferos e sericíticos, xistos negros cloríticos, com rochas eruptivas básicas e ultra-básicas intercaladas, predominantemente do tipo gabroico e dolorítico, geralmente serpentinizadas. Na área estudada ocorrem ainda breccas vulcânicas e gnaisses.

A Formação de Maubisse, datada do Pérmico, é composta por rochas carbonatadas marinhas e rochas vulcânicas. Nesta área a Formação de Maubisse é constituída por calcários ricos em crinóides e oolitos.

A Formação de Wailuli é constituída maioritariamente por margas azul-cinzentadas e calcilitos por vezes com amonites e está datada do Jurássico Médio. Nesta área a Formação de Wailuli é constituída por arenitos, calcarenitos, calcários e argilitos. Dentro desta formação também existem argilas com gesso e, mais raramente conglomerados.

Os depósitos recentes do Quaternário são constituídos por aluviões e terraços fluviais atribuídos à Formação de Ainaro. Nas zonas mais baixas as aluviões são maioritariamente compostas por areias e utilizadas pelas populações para a produção de arroz. Os terraços atribuídos à Formação de Ainaro são

compostos por areia fina a grosseira e por calhaus rolados dos calcários, argilas, e blocos resultantes da erosão das rochas da Formação de Lolotoi. A sua espessura é por vezes considerável, podendo ultrapassar 20m.

Apesar de não ter sido possível observar directamente, em afloramento, os contactos entre estas várias unidades, em termos geométricos a Formação de Wailuli representa o autóctone da região e sobre esta instalou-se, por carreamento, a Formação de Lolotoi. Com pequena expressão cartográfica, os calcários da Formação de Maubisse parecem corresponder a clipes de um outro manto de carreamento que se terá instalado superiormente, sobre as formações anteriores.

A Formação de Lolotoi é claramente a mais deformada e é a única que apresenta uma fase de deformação marcada pela presença de uma xistosidade. Apesar das poucas medições efectuadas nesta formação, a dispersão de atitudes parece apontar para que esta xistosidade esteja dobrada por uma fase posterior. As dobras observadas na Formação de Wailuli apresentam orientações variáveis entre N-S e NE-SW, inclinados para N ou NE.

Os depósitos quaternários, em particular a Formação de Ainaro, indicam um importante uplift da região no período recente.

## **ABSTRACT**

### **Mapping and structure of the contact between the Aileu and Lolotoi Formation. Geodynamical and implications for mineral resources.**

This work presents the results of geological mapping carried out in an area of about 30 km<sup>2</sup>, at SW of Manatuto. The main formations that outcrop in this area are Lolotoi and Wailuli Formations. There are also small outcrops of limestones probably representing klippen of Maubisse Formation. Large areas are covered by recent deposits (alluvium and terraces, mapped as belonging to the Ainaro Formation).

The Lolotoi Formation consists on sedimentary and volcanic rocks, affected by low grade regional metamorphism. This formation is usually characterized by the presence of quartz-micaceous phyllites, quartzitic and sericitic micaschists, chloritic black shales, and some basic ultra-basic volcanic rocks. These volcanic rocks are mainly represented by serpentinized gabbros and dolorites. In the study area occurs also some outcrops of volcanic breccias and gneiss.

The Maubisse Formation, with Permian age, is composed of marine carbonate rocks and volcanic rocks. In this area, the Maubisse Formation consists on limestones with abundant oolites and crinoids.

The Wailuli Formation is represented mainly by blue-gray marl, calcilutites sometimes with ammonites and is dated from the Middle Jurassic. In this area Wailuli formation consists of sandstones, calcarenites, limestones and mudstones. Within this formation there are also clay with gypsum and, more rarely, conglomerates.

The recent Quaternary deposits consist on alluvium and river terraces, attributed to the Formation of Ainaro. In the lower zones the alluvial deposits are composed mostly by silt and sand, used by the populations for the production of rice. The terraces attributed to the Ainaro Formation are composed of fine to coarse sand and pebble of limestone, clays, and some blocks resulting from erosion of Lolotoi Formation. Its thickness is sometimes considerable, exceeding 20m.

Although the difficulty to observe directly in outcrop the boundaries between these units, in geometric terms, the Wailuli Formation represents the autochthonous of the region and is tectonically covered by the Lolotoi Formation. The limestones of Maubisse Formation, with small cartographic expression, seem to correspond at klippe of another overthrust, installed on top of the previous one.

The Lolotoi Formation is clearly the most deformed and is the only one that has a phase of deformation marked by the presence of a foliation. Despite the few measurements made in this unit, the dispersion of attitudes seems to indicate that this foliation is folded by a later deformation event. The folds observed in the Wailuli Formation suggest fold axes trending between NS and NE-SW and bearing to N or NE.

The Quaternary deposits, in particular the Ainaro Formation, indicate a significant uplift of the region in recent geological time.

## AGRADECIMENTO

Ao terminar esta dissertação, para do grau de Mestre em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, especialidade em Processos Geológicos, quero agradecer profundamente a todos os que apoiaram, directa ou indirectamente, durante o estudo em Portugal e o trabalho do campo que foi realizar em Timor-Leste.

Assim, queria deixar os meus agradecimentos:

- À Secretaria de Estado dos Recursos Naturais (SERN) de Timor Leste, pela ajuda financeira durante o estudo em Portugal e o trabalho de campo em Timor-Leste até ao final deste trabalho.
- À Universidade de Évora nomeadamente ao Reitor da Universidade, pelas condições excepcionais oferecidas para a nossa frequência do curso.
- Ao Professor Doutor Pedro Nogueira, orientador principal deste trabalho de dissertação, por nos acompanhar durante o trabalho de campo e transmissão de conhecimentos, bem como pela simpatia com que sempre me tratou e orientou até ao final do trabalho.
- Ao Professor Doutor Alexandre Araújo, co-orientador deste trabalho de dissertação, pela sua dedicação na disciplina de cartografia, pela simpatia demonstrada no trabalho de campo e pelas suas valiosas considerações aquando da revisão científica deste trabalho.
- Ao Professor Doutor Rui Dias, como professor de geologia estrutural da Universidade de Évora, pelos ensinamentos em geologia estrutural e a sua amizade.
- Ao Professor Jorge Pedro, como professor de Mineralogia da Universidade de Évora. Obrigado pelos ensinamentos na disciplina de mineralogia e a sua amizade.
- Ao laboratório de geologia da Universidade de Évora, obrigado à Sandra e ao Jorge por nos ensinar a fazer secção polida e lâmina delgada.
- À directora de geologia da Secretaria de Estado dos Recursos Naturais (SERN) de Timor-Leste, por nos oferecer o laboratório de geologia em Hera, Timor-Leste, para fazer lâmina delgada e

análise microscópica, e lugar para nós escrevermos a tese. Não me esqueço de dizer obrigado para o Manuel e Vicente, pela ajuda durante trabalho no laboratório.

- A todos os Professores do Departamento de Geociências da Universidade de Évora, pelos ensinamentos e amizade.
- À minha família, o meu pai Agostinho Gusmão, a minha mãe Madalena Pereira, o meu tio Humberto Pereira, e a minha família toda, pelos vossos esforços, apoios financeiros, e dedicações morais durante a minha vida toda.
- Aos meus colegas e amigos em Portugal, pela amizade e grande esforço.
- Aos meus colegas e amigos em Timor-Leste, pela amizade forte e grande esforço durante a realização deste trabalho até ao fim.

# Capítulo 1 - Introdução e objetivos

## 1.1. Introdução

Timor-Leste situa-se a 750 km a norte de Darwin, e está geograficamente separado do continente australiano pela fossa de Timor de 3 km de profundidade e faz parte de arquipélago de Indonésia. É uma das ilhas ramo sul do arco externo de banda (fig. 1. 1). Administrativamente o território de Timor-Leste é composto pela parte leste da ilha de Timor, pela ilha de Ataúro (em frente à capital Díli) e por um enclave na parte indonésia da ilha, designado por enclave de Oecussi e mais a leste pelo ilhéu de Jaco. Timor-Leste declara a sua independência em 2002 depois de ocupação Indonésia durante 24 anos, portanto o país foi palco de uma história recente atribuída. Apesar desta questão o território apresenta um património rico, sendo o bastião mais oriental onde o português é língua oficial. A cultura timorense é fortemente influenciada pelas lendas austronésicas, embora a influência católica também seja forte.



Figura 1. 1. Mapa localização da região de Timor. A linha vermelha indica arco da banda interno, a linha amarelo indica arco da banda externo, e a linha azul indica fossa de Timor. (retirido imagem do Google earth).

Este trabalho de mestrado foi financiado pelo governo de Timor-Leste através dum acordo de cooperação entre a Secretária de Estado dos Recursos Naturais (SERN) de Timor-Leste e a Universidade de Évora, Portugal. O objectivo principal deste protocolo é a capacitação dos recursos humanos timorenses aumentando o conhecimento na área da geologia.

Embora de acordo com o título da tese o trabalho seja o estudo do contacto entre a Formação de Aileu e a Formação de Lolotoi, devido ao acesso ser muito difícil para a zona da Formação de Aileu, a cartografia detalhada concentrou-se no contacto entre a Formação de Lolotoi e a Formação de Wailuli. Na figura 1.2. mostra-se toda área de trabalho inicialmente planeada e a área efectivamente cartografada.

O trabalho de campo foi realizado durante 6 meses, incluiu o trabalho do laboratório sendo o plano inicial traçado alternar 3 semanas de trabalho do campo com uma semana de trabalho no laboratório por cada mês.

O trabalho do campo começou numa fase inicial no início de 6 de Março de 2011 até 13 de Março de 2011, onde fizemos uma saída de campo com um percurso de Dili-Matebian (Baguia) -Lospalos-Iliomar-Viqueque-Manatuto (Cribas e Laclo) -Dili e até monte de Tata Mai Lau. O objectivo deste percurso foi estudar e conhecer as rochas de cada formação geológica de Timor-Leste e as suas características.

A fase seguinte do trabalho começou a 15 de Março de 2011 e prolongou-se até 25 de Agosto de 2011. Consistiu em cartografar a região de Manatuto ao longo da ribeira de Sumasse. Como os estudantes trabalhavam em áreas diferentes criámos uma base de apoio no distrito de Manatuto, situada a Este da capital Dili. Houve 3 equipas a trabalhar no distrito Manatuto. Cada equipa tinha 2 estudantes, que trabalham uma semana na área de cada estudante, portanto o trabalho de campo foi dividido, sendo de três meses na área de cada estudante. Na tabela 1.1. apresentam-se as datas do trabalho do campo.

Tabela 1. 1. Tabela das datas do trabalho do campo.

No.	Dia/mês/ano	Trabalho do campo	Trabalho de laboratório	Local
1	8-3-2011 até 15-3-2011	Um percurso de geologia geral de Timor Leste		Dili – Bagueia-Lospalos-Viqueque-Manatuto-Dili
2	15-03-2011 até 18-3-2011	Trabalho do campo na área do Nene Cristóvão		subdistrito de Lacro, suco Iliheu, aldeia Condar
3	22-03-2011 até 25-3-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito de Lacro, suco Lakumesak, aldeia Hatuconan
4	29-3-2011 até 2-4-2011	Trabalho do campo na área do Nene Criatóvão		subdistrito de Lacro, suco Iliheu, aldeia Condar
5	4-4-2011 até 6-4-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito de Lacro, suco Iliheu, aldeia Rembor e aldeia Licore
6	07-04-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito de Lacro, suco Lakumesak, aldeia Hatuconan
7	08-04-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito Manatuto vila, Suco Ailili, e suco Aiteas
8	11-4-2011 até 15-4-2011	Trabalho do campo na área do Nene Criatóvão		subdistrito Manatuto vila, Suco Ailili, e suco Aiteas
9	18-4-2011 até 22-4-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito de Lacro, suco Sau, aldeia Obrato
10	26-4-2011 até 29-4-2011		Trabalho de laboratório	Laboratório Nacional de Geologia, Hera
11	2-5-2011 até 7-4-2011	Trabalho do campo na área do Nene Criatóvão		subdistrito de Lacro, suco Iliheu, aldeia Condar
12	9-5-2011 até 10-5-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito de Lacro, suco Iliheu, aldeia Malorok, e aldeia Rabuticeon
13	11-5-2011 até 13-5-2011	Trabalho do campo na área do Nene Criatóvão		subdistrito de Lacro, suco Iliheu, aldeia Condar até aldeia Uma Kaduak
14	16-5-2011 até 20-5-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito Manatuto vila, Suco Ailili
15	24-5-2011 até 27-5-2011		Trabalho de laboratório	Laboratório Nacional de Geologia, Hera
16	30-5-2011 até 3-6-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito Manatuto vila, Suco Ailili
17	7-6-2011 até 10-6-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito Manatuto vila, Suco Ailili, e suco Aiteas
18	14-6-2011 até 17-6-2011	Trabalho do campo na área do Nene Criatóvão		subdistrito de Lacro, suco Iliheu, aldeia Condar

No.	Dia/mês/ano	Trabalho do campo	Trabalho de laboratório	Local
19	20-6-2011 até 21-6-2011		Trabalho de laboratório	Laboratório Nacional de Geologia, Hera
20	22-6-2011 até 24-6-2011	Trabalho do campo na área do Nene Criatóvão		subdistrito de Laclo, suco Laclo vila, aldeia Tahagamo
21	27-6-2011 até 1-7-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito Manatuto vila, Suco Ailili, e suco Aiteas
22	4-7-2011 até 7-7-2011	Trabalho do campo na área do Nene Criatóvão		subdistrito de Laclo, suco Iliheu, aldeia Condar até aldeia Uma Kaduak
23	11-7-2011 até 17-7-2011	Um percurso de geologia geral de Timor-Leste		Dili-Ermera (Atsabe) -Suai-Hatuberliku-Maubisse-Dili
24	18-7-2011 até 22-7-2011		Trabalho de laboratório	Laboratório Nacional de Geologia, Hera
25	25-7-2011 até 29-7-2011		Trabalho de laboratório	Laboratório Nacional de Geologia, Hera
26	1-8-2011 até 5-7-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito Manatuto vila, Suco Ailili, e suco Aiteas
27	8-8-2011 até 12-8-2011	Trabalho do campo na área do Nene Criatóvão		subdistrito de Laclo
28	15-8-2011 até 19-8-2011		Trabalho de laboratório	Laboratório Nacional de Geologia, Hera
29	22-8-2011 até 26-8-2011	Trabalho do campo na minha área		subdistrito Manatuto vila, Suco Ailili, aldeia Rembor e suco Aiteas
30	1-9-2011 até 15-11-2011		Trabalho de laboratório e gabinete	Laboratório Nacional de Geologia, Hera

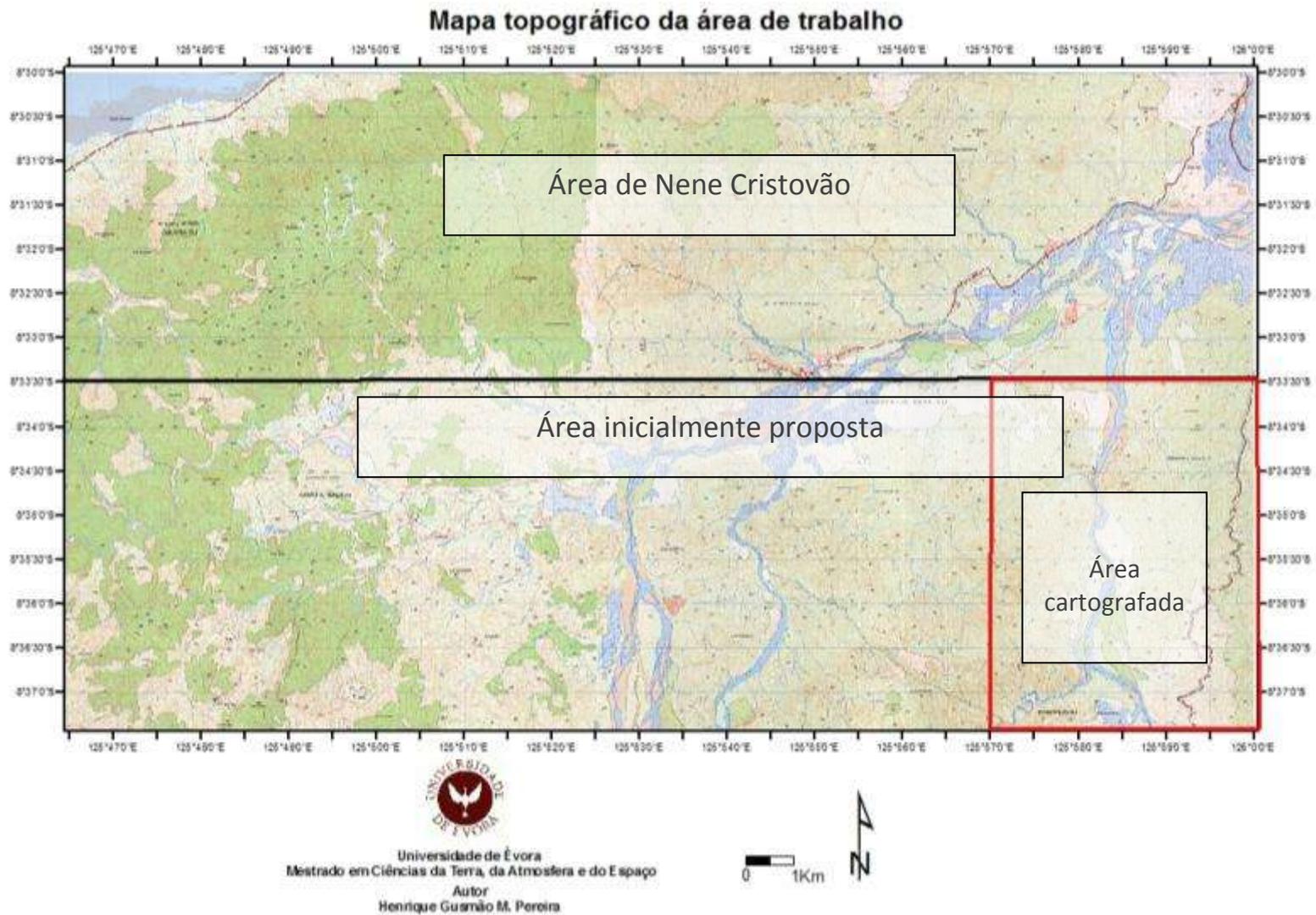


Figura 1. 2. Mapa topográfico da área de trabalho. O quadro a vermelho indica a área realmente cartografada.

## **1.2. Objectivos**

O objectivo fundamental deste trabalho foi o de fazer um estudo detalhado sobre o contacto entre Formação de Wailuli e a Formação de Lolotoi como já expliquei. Por causa do acesso ser muito difícil para a zona da Formação de Aileu, a cartografia detalhada concentrou-se no contacto entre a Formação de Lolotoi e a Formação de Wailuli. Foi um levantamento detalhado das unidades geológicas na área do estudo para serem analisadas e interpretadas principalmente do ponto de vista cartográfico e petrográfico.

Um outro objectivo foi criar um SIG como base para o nosso trabalho e no futuro podermos criar um mapa geológico digital, contribuindo para a cartografia da folha de Manatuto.

## Capítulo 2 - Enquadramento geográfico e geológico

### 2.1. Localização da área de trabalho

No que se refere à sua localização, a área do trabalho fica situada no distrito de Manatuto, subdistrito de Manatuto vila, suco Iliheu, aldeia Rembor, suco Ailili, e suco Aiteas. O acesso para sul da área de trabalho fez-se através da estrada principal que liga o distrito de Manatuto vila e a aldeia de Rembor. Algumas zonas do trabalho não têm acesso de carro por tanto foi necessário andar a pé para chegar a zona. Na figura 2. 1, e a figura 2. 2, mostra-se a localização da área do trabalho.



Figura 2. 1. Mapa de Timor-Leste. O quadrado vermelho indica a área do trabalho.

## Mapa topográfico área do trabalho

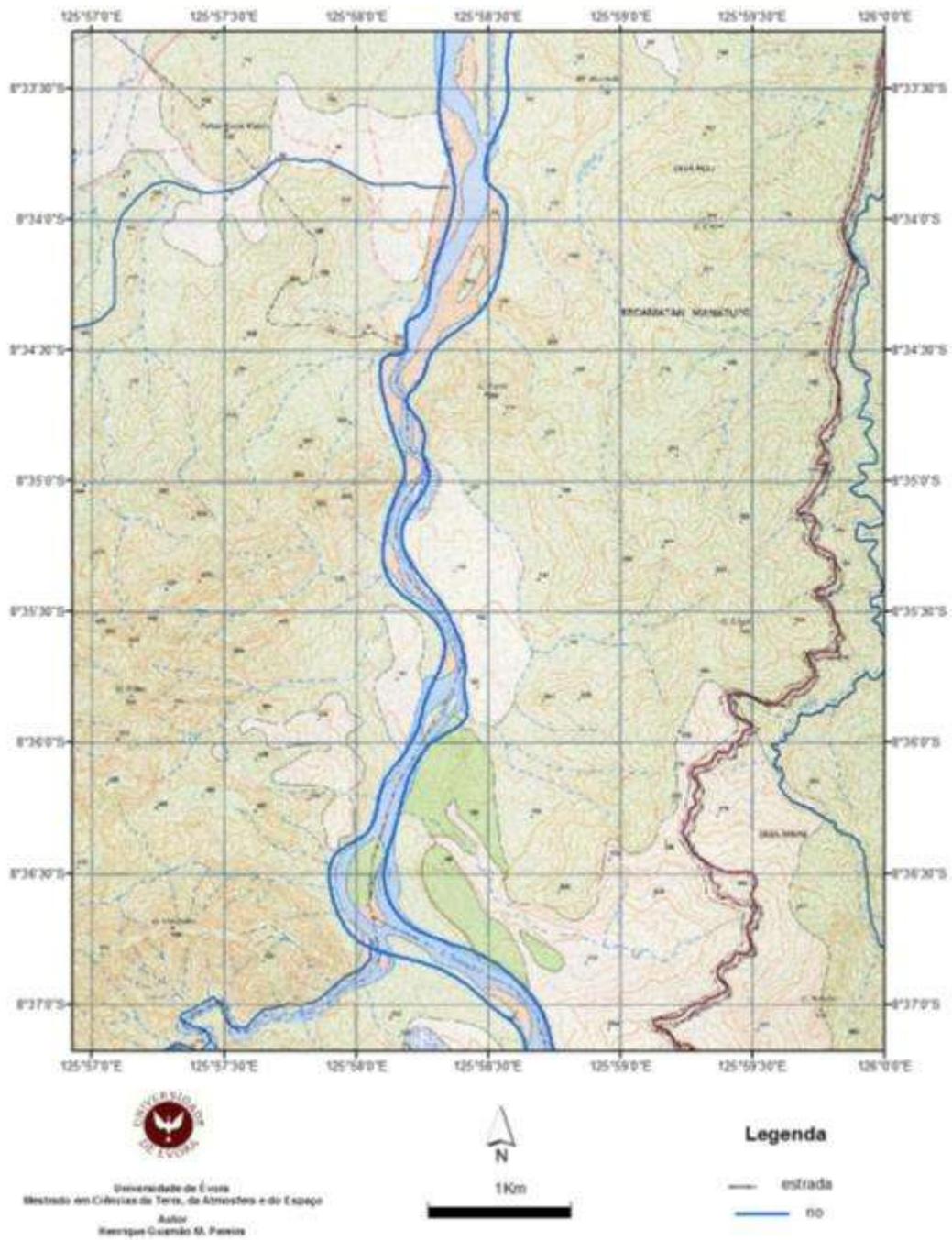


Figura 2. 2. Mapa topográfico da área do trabalho.

## 2.1.1. Aspectos da fisiografia regional

### 2.1.1.1. Topografia

O território de Timor-Leste, embora de pequena dimensão não tem uma morfologia uniforme (fig. 2. 3 e 2. 4). A crista central de Timor-Leste manifesta-se de forma mais evidente na zona oeste do país, onde formou as grandes cadeias de montanhas com altitudes que chegam a atingir 2960m no pico do Tata Mai Lau e 2340m no pico de Cablac. Ainda na zona ocidental, nos subdistritos Atsabe e Letefoho, existem elevações consideráveis, tais como o monte Marique, com cerca de 2010 m, e o Loelaco, que atinge cerca de 2000m de altitude. Na zona oriental do país, entre os distritos de Baucau e Viqueque, o monte Matebian, que atinge 2370m, e o Mundo Perdido, com altura máxima de 1770m, e a leste, o planalto do Baucau e Lospalos, que representa uma superfície aplanada.

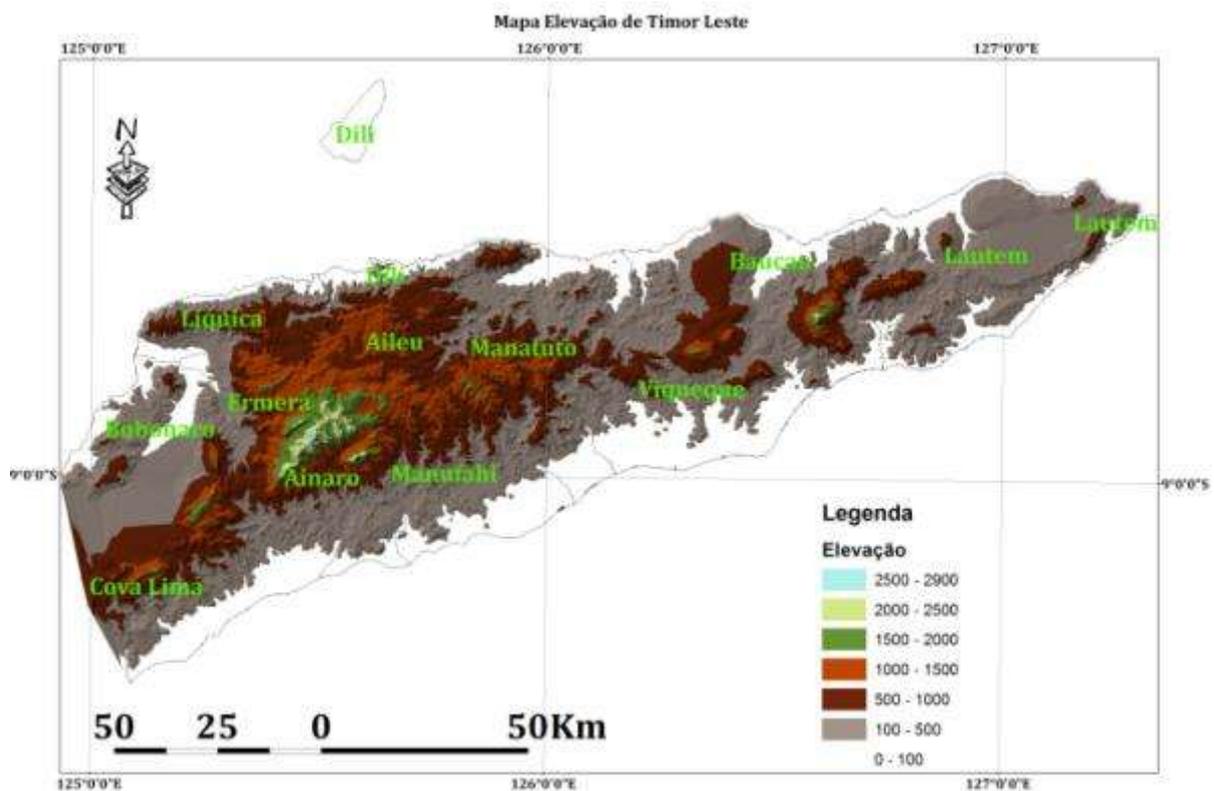


Figura 2. 3. Mapa da elevação de Timor-Leste. Valores da elevação em metros.



Figura 2. 4. Aspectos do relevo na região estudada.

#### **2.1.1.2. Rede hidrográfica**

A maioria dos cursos de água em Timor-Leste nasce na parte central do território onde estão as zonas com maior altitude. Timor-Leste pode ser considerado como um país tropical, com forma de relevo muito acidentada com uma orientação sudoeste - nordeste.

A maior parte dos rios em Timor-Leste só tem água quando estamos no tempo da chuva, mas os rios principais como Loes (Maliana) e Laclo (Manatuto) têm sempre água mesmo no período do Verão. Há poucos cursos da água permanentes na região Sul onde é predominante um clima de tipo húmido com a precipitação mais alta e o período das chuvas mais longo. Na costa Norte, é apenas possível ter caudais significativos na altura das chuvas. Na figura 2. 5, estão representados os rios em Timor-Leste.

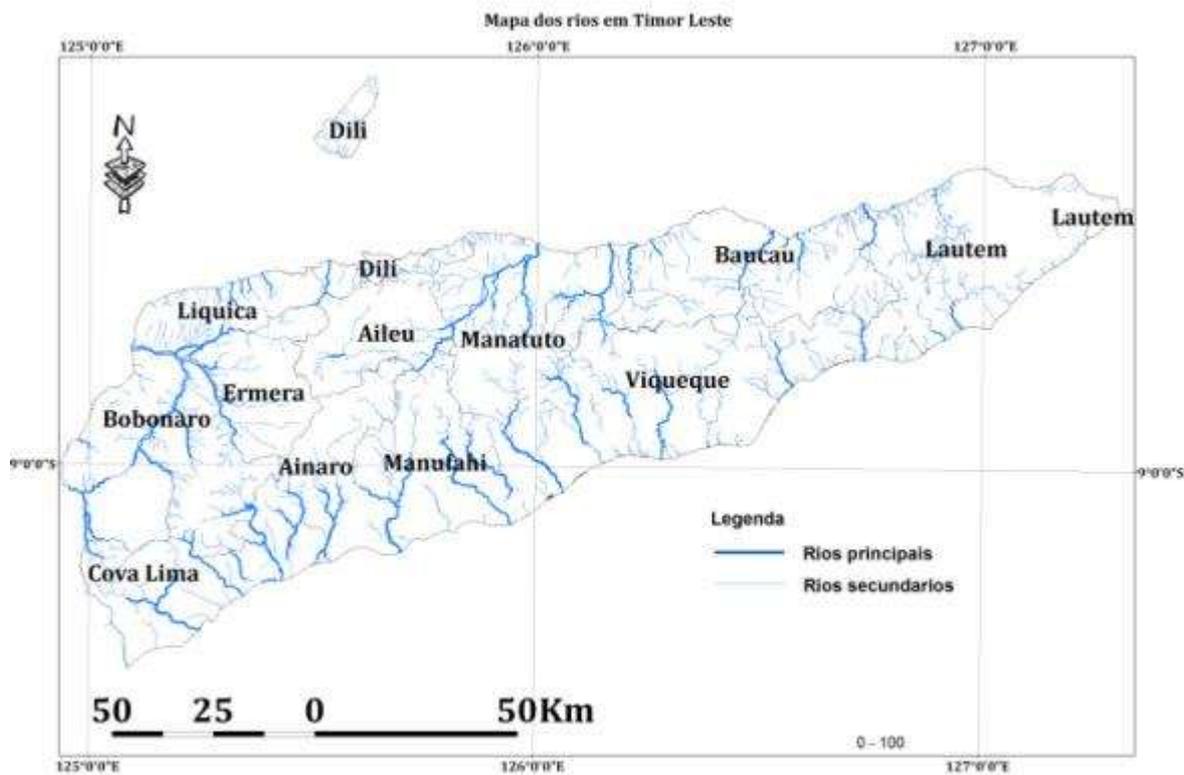


Figura 2. 5. Mapa dos rios em Timor-Leste.

### 2.1.1.3. Clima e vegetação

Timor-Leste está localizado entre as latitudes 8<sup>o</sup>S e 10<sup>o</sup>S possui um clima de características tropicais. Portanto existem duas estações principais; a estação de verão que começa em Maio e vai até Outubro e a estação de inverno que começa em Outubro e vai até Abril. A erosão do solo, os movimentos de vertente e outros movimentos de massa são generalizados durante o inverno.

A vegetação típica de clima trópic e vária desde características de clima semi-desértico até florestas tropicais como é o caso da floresta de mangal em toda a costa. Na montanha normalmente as florestas dominantes são de tipo casuarina e eucalipto. Nas zonas mais frescas por exemplo Ermera, Aileu e Ainaro as plantações de café são dominantes. Nas zonas mais aplanadas tais como Baucau, Lospalos, Suai e Same a plantação de cocos é dominante.

## **2.2. Enquadramento geológico**

### **2.2.1. Geotectónico**

A ilha de Timor situada a noroeste da Austrália, está separada deste continente por uma fossa de 3 quilómetros de profundidade (fig. 2. 6) esta fossa marca uma deformação frontal do sistema da colisão do arco da banda. Portanto Timor-Leste faz parte da zona de colisão do bloco continental australiano com o arco da Banda. A idade da colisão baseada na bioestratigrafia de Audley-Charles (1968) indica que a colisão começou no Miocénico Inferior e prolongou-se até Pliocénico Superior.

O arco da banda é constituído por:

- a) Arco da banda interno, que é formado pelas ilhas vulcânicas associadas a zona subducção que está activa. É constituído pelas ilhas de Sumatra, Java, Bali, Flores, Vetar e até Celebes.
- b) Arco da banda externo, resultou da colisão intra-continental entre os blocos continentais australiano e o mar de Banda. Neste arco não se regista vulcanismo activo; é composto pelas ilhas de Sumba, Timor e Seram, bem como um conjunto de outras pequenas ilhas. Muitas rochas vulcânicas, metamórficas e sedimentares formam empilhamentos tectónicos nestas ilhas, com estrutura geológica muito complexa.

### **2.2.2. Principais terrenos**

Os principais terrenos de Timor foram estudados por muitos geólogos, resultando em diferentes teorias e modelos geológicos. Estas sequências vão mostrar-se na figura 2. 7.

A sequência que se observa em Timor é a seguinte:

1. Terreno de afinidade australiana, constituída pelas Formações de Aileu, sequência de Gondwana (Formações de Arahoc, Cribas, Aituto e Wailuli), e sequência de Kolbano, constituída por sedimentos marinhos da margem passiva australiana com idades entre o Pérmico e o Pliocénico Inferior, com grau de deformação e metamorfismo variável.

2. A Formação de Bobonaro de idade Miocénico superior a pliocénica inferior, considerada por alguns autores como um olistostroma resultante de um deslizamento gravítico devido ao basculamento para sul de Timor durante a subducção.
3. Terrenos de afinidade asiática, provenientes da placa de Banda: Rochas metamórficas pré-cretácico cobertas por depósitos sedimentares e ofiolitos do Jurássico Superior-Pliocénico Inferior, todas derivadas do arco frontal pré-colisional de Banda.
4. Sequencia sinorogénica, constituída por recifes de coral pós-orogénicos com idades Miocénico Superior até ao recente, terraços aluviões e sedimentos turbidíticos, que cobrem em não conformidade todas as outras unidades.

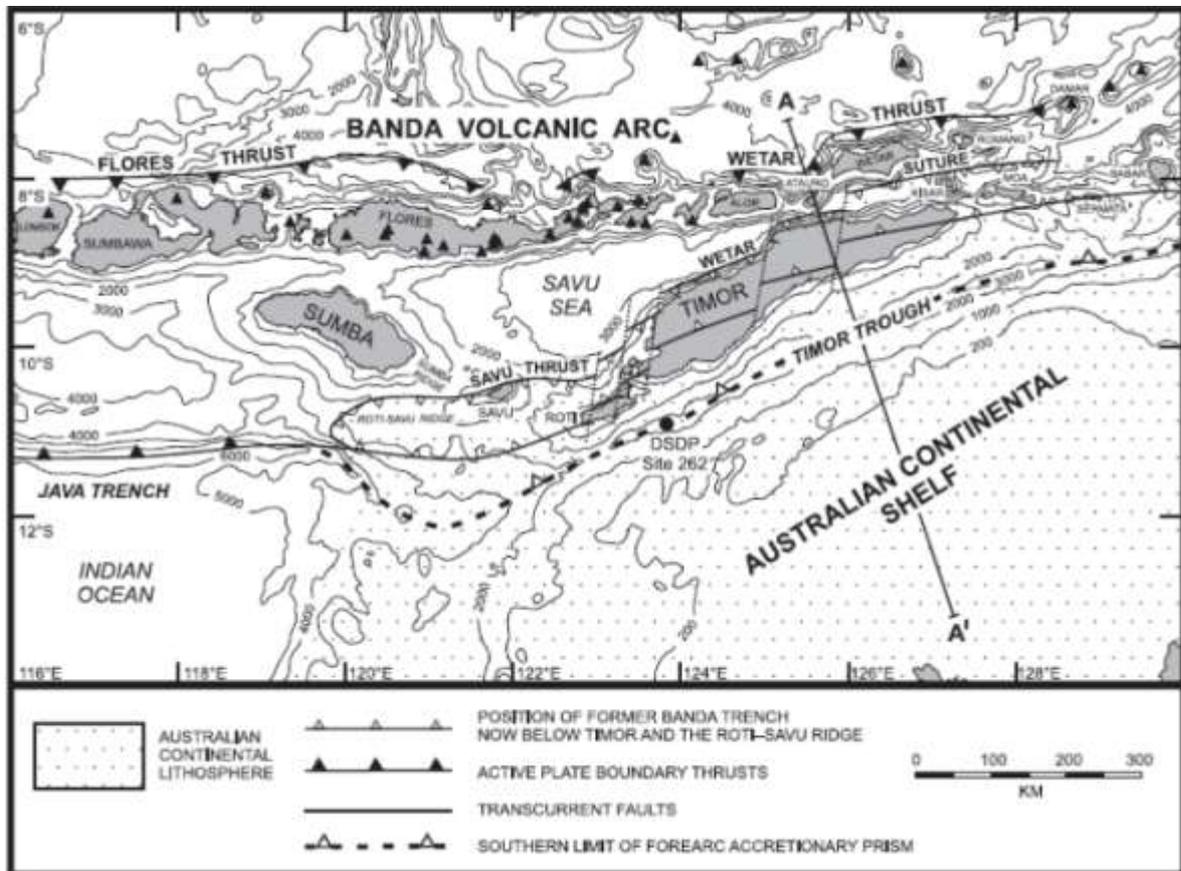


Figura 2. 6. Mapa geofísico e tectónico da região de Timor-Sumba (retirado do Audley-Charles, 2004).

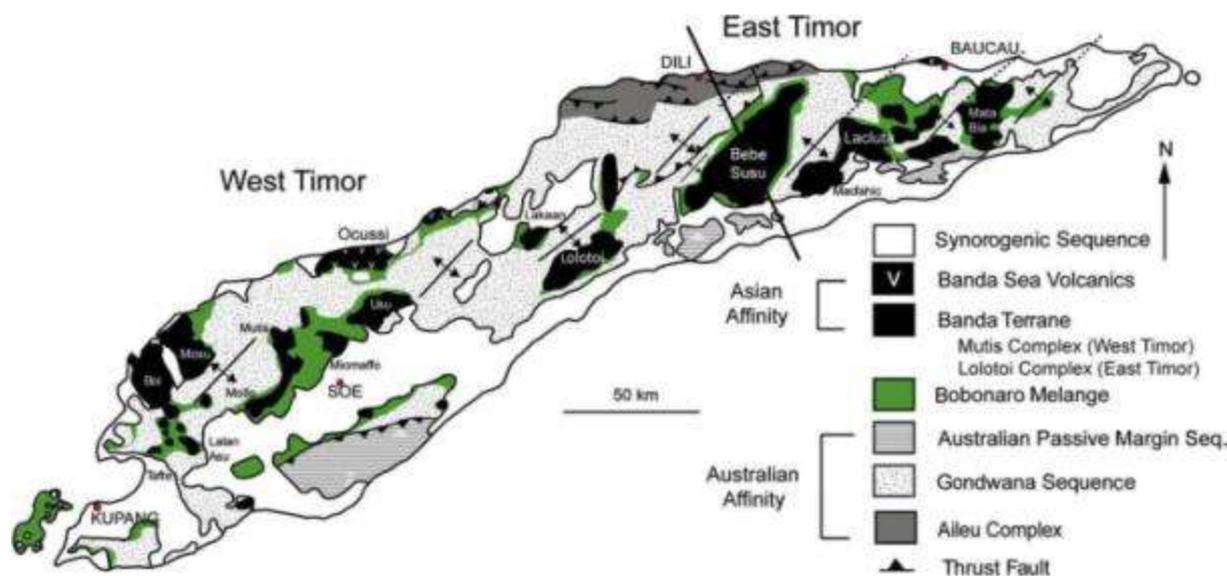


Figura 2. 7. Mapa simplificado das unidades geológicas de Timor (retirado Standley & Harris, 2009). Note-se que as posições das antiformas não estão de acordo com as nossas observações.

### 2.2.3. Estrutura

Existem diversos modelos para a estrutura e a tectónica que se encontram em Timor. Destes modelos os 3 principais encontram-se resumidos na Figura 2. 8.

#### 2.2.3.1. Modelo do empilhamento de carreamentos

Este modelo foi desenvolvido a partir da cartografia de superfície onde o empilhamento de mantos constituídos por rochas alóctones está bem exposto. Os seus proponentes sugerem uma origem quase completamente alóctone para os mantos de Timor (Audley-Charles, 1968; Audley-Charles e Carter, 1972; Carter et al., 1976; Barber et al., 1977).

Eles argumentaram que as camadas alóctones derivadas da placa Euroasiática a norte, foram empurradas para a crosta da Austrália durante o processo de colisão. Terão ocorrido dobramentos de grande escala e erosão dos sedimentos da placa continental australiana antes da instalação dos mantos, os quais não foram afectados pelo dobramento. Uma justificação clássica para o modelo de carreamentos baseia-se no facto de rochas de diferentes tipos e origem, muitas vezes com a mesma

idade se encontrarem praticamente justapostas (Bowin et al., 1980). Estas rochas deviam estar claramente separadas na altura da sua deposição e em seguida foram justapospostas pelos carreamentos durante colisão (Barber et al., 1977). No entanto Grady e Barry (1977), questionaram a validade do modelo de carreamentos devido à falta de evidência para os planos de movimento na base dos mantos: as falhas que deveriam ser planos de movimento quase horizontais são na verdade as falhas fortemente inclinadas. Grady e Barry (1977) também afirmaram que em algumas áreas, os materiais do alóctone e autóctone apresentam relações estratigráficas normais e têm deformação semelhante.

### **2.2.3.2. Modelo da imbricação**

As rochas de origem alóctone e parautóctone instalaram-se sobre o soco do continente australiano, e sofreram forte imbricação durante o processo de instalação (Fitch & Hamilton, 1974; Hamilton, 1979; Charlton et al., 1991; Charlton, 2000). As rochas com diferentes proveniências foram carreadas em conjunto, formando uma série de fragmentos agora justapostos em Timor. Esta estrutura imbricada gerou uma estrutura complexa e um *mélange*.

Chamalaun e Grady (1978) contestaram este modelo uma vez que as suas observações de campo não indicavam a existência de uma imbricação generalizada de unidades. Além disso, observaram uma pequena mistura dos materiais do parautóctone e alóctone o que não é compatível com este modelo. Bowin et al., (1980) também contestam o modelo de imbricação, alegando que qualquer afinidade australiana nas rochas de Timor já estava presente no arco externo de Banda antes de colisão. No entanto, eles não sugeriram como é que estas rochas foram colocadas na posição actual: “a forma como este bloco continental se separou do continente australiano e incorporado ao arco frontal da parte sul do arco da banda não é clara”.

Um microcontinente com afinidade Eurasiática pode ser parte do material crustal dentro complexo de colisão (Carter et al., 1976; Karig et al., 1987; Whittam et al., 1996; Richardson & Blundell, 1996; Linthout et al., 1997; Hall, 2002). O microcontinente proposto estaria ao norte da plataforma noroeste

e teria sido incorporado ao complexo de colisão por volta dos 8 Ma, coincidindo com o metamorfismo retrógrado da Formação Aileu, na costa norte de Timor Leste (Berry & Grady, 1981; Berry & McDougall, 1986). Entretanto, evidências paleomagnéticas, indicam que a ilha de Timor é parte do autóctone australiano, pelo menos durante Pérmico Superior e Triássico (Chamalaun, 1977).

### **2.2.3.3. Modelo autóctone**

Neste modelo, os sedimentos que constituem o prisma acrecionário foram quase totalmente derivados da sequência Cratónica da placa australiana (Grady, 1975; Grady & Berry, 1977; Chamalaun & Grady, 1978). O transporte de material entre as duas placas limita-se ao olistostroma que deu origem à unidade de Bobonaro (Chamalaun & Grady, 1978; Harris et al., 1998). Os defensores do modelo autóctone referem a falta de evidência de campo para a existência de carreamentos e de estruturas imbricadas. Estes autores sugerem que o debate pode ser resolvido se forem encontradas evidências de zonas de cisalhamento basais através de mais trabalho do campo detalhado em Timor-Leste.

O modelo autóctone assume que há porções de crosta oceânica e de crosta continental da placa Indo-Australiana que se destacaram da zona de subducção. Fenómenos de isóstase no bordo da placa continental levaram ao rápido levantamento do norte de Timor devido possivelmente a reactivação de falhas pré-existentes, enquanto o resto da placa continuou o seu percurso descendente na zona de subducção, sendo absorvida pelo manto (Milsom, 2001). Associado a este levantamento, a Formação de Bobonaro tornou-se num deslizamento gravítico com movimento para sul ao longo da margem continental. Este modelo sugere um contacto muito íngreme entre crosta oceânica do arco-ilha e crosta continental a sul. Isto foi confirmado por um invulgar forte gradiente gravítico positivo em direcção a norte na costa norte de Timor (Chamalaun et al., 1976).

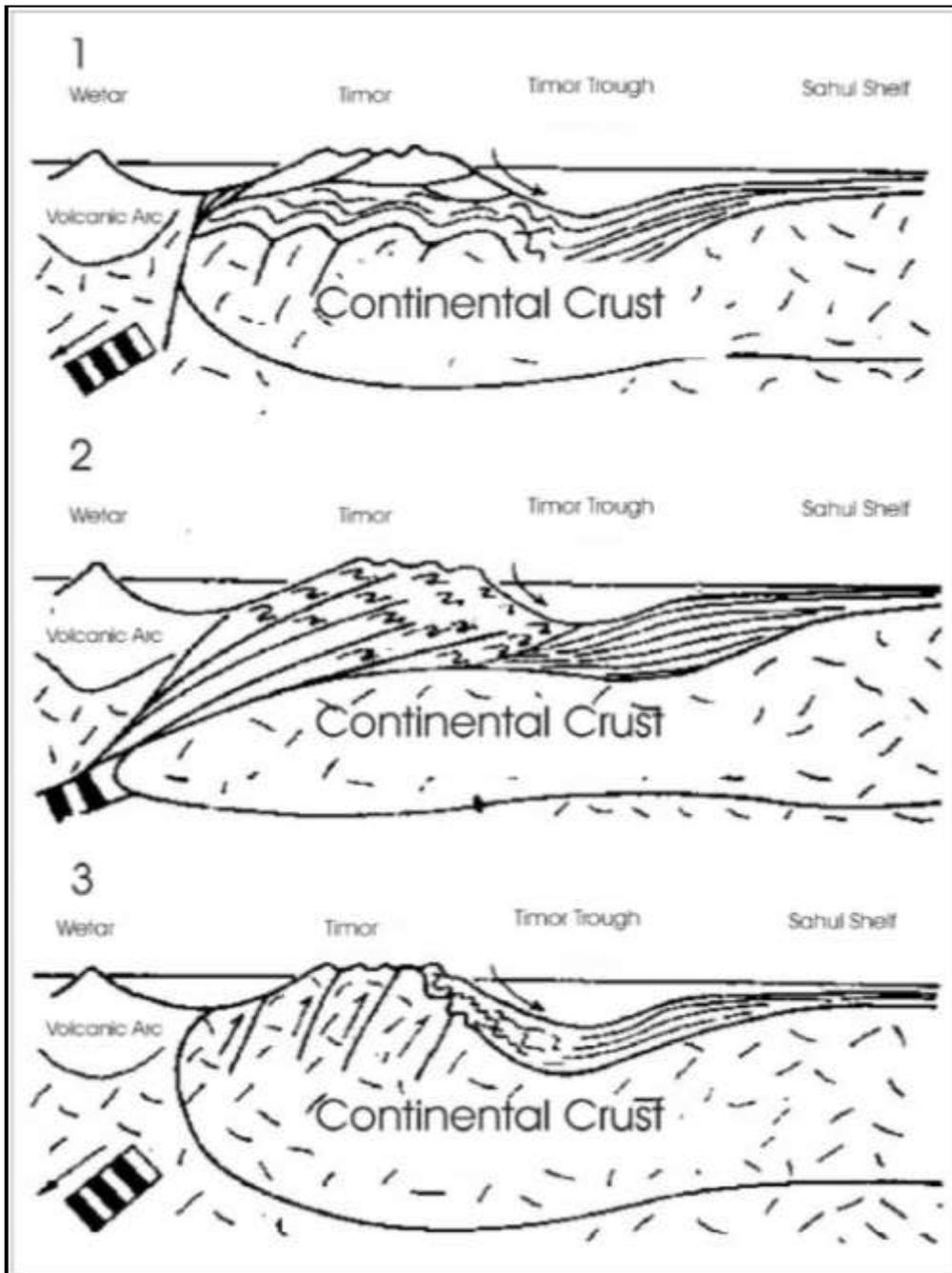


Figura 2. 8. Esquema dos modelos da estrutura de Timor. (retirado de Monteriro, 2003). 1. Modelo de Carreamento, 2. Modelo de Imbricação e 3. Modelo de Autóctone.

## 2.2.4. Tectonica actual

### 2.2.4.1. Sismicidade

A parte sul do arco da banda ainda se caracteriza pela ocorrência de epicentros de sismos (McCaffrey, 1989; Engdahl et. al., 1998) que indicam imersão para norte. Isto deve-se à placa litosferica australiana descer abruptamente por baixo de norte do Timor, com continuidade até uma profundidade de 300 km abaixo de estreito de Vetar e das ilhas não vulcânicas do arco da Banda. Um registo da sismicidade na zona sul de timor indicou que não há evidência para ter um subducção activa na zona sul do arco vulcânico (McCaffrey, 1996; Kreemer et. Al., 2000). McCaffrey (1996) também enfatizou que a sismologia indica que os movimentos entre a placa superior e inferior do sistema de subducção na região de Timor, tinham sido responsáveis pela deformação durante o Neogénico incluindo o empilhamento dos carreamentos que formaram grandes montanhas durante o processo orogénico (Barber, 1981; Harris, 1991; Harris et. al., 2000). Alem disso, McCaffrey (1996) utilizou os resultados preliminares de GPS de Genrich et. al., (1994), acrescentando que as evidências geofísicas indicam que Timor parece estar-se a mover para norte relativamente à plataforma de Sunda mais ou menos com o mesmo movimento da placa australiana. O movimento para norte das ilhas vulcânicas extintas é semelhante a zona sul de Timor, pelos dados de GPS (Genrich et. at., 1994). Portanto o pequeno movimento para norte da placa australiana vai sendo acomodado pela deformação interna da estrutura do arco da Banda. Ele também observou que a estrutura da ilha delimitada pela fossa de Timor e cavalgamento backarc do Vetar, é rigidamente empurrando ao longo da bacia do backarc (bacia do mar sul da Banda).

Kreemer et al. (2000) com base nos dados de GPS e os dados de sismicidade conclui que empurramento do estreito do Vetar e Flores backarc provocou um salto na zona de convergência de fossa do Java para este do backarc de  $118^{\circ}\text{E}$ . Em toda a região, abrangendo Timor-Leste e estreito de Vetar, não existe a sismicidade activa em profundidade  $> 75\text{km}$  (Engdahl et. al., 1998). Esta característica sugere que parte da placa inferior australiana nesta região foi rompida (Price e Audley-Charles, 1983; Tandon et. al., 2000). Na figura 2. 9. Mostra a sismicidade em Sumba e de Timor na região de Arco da Banda.

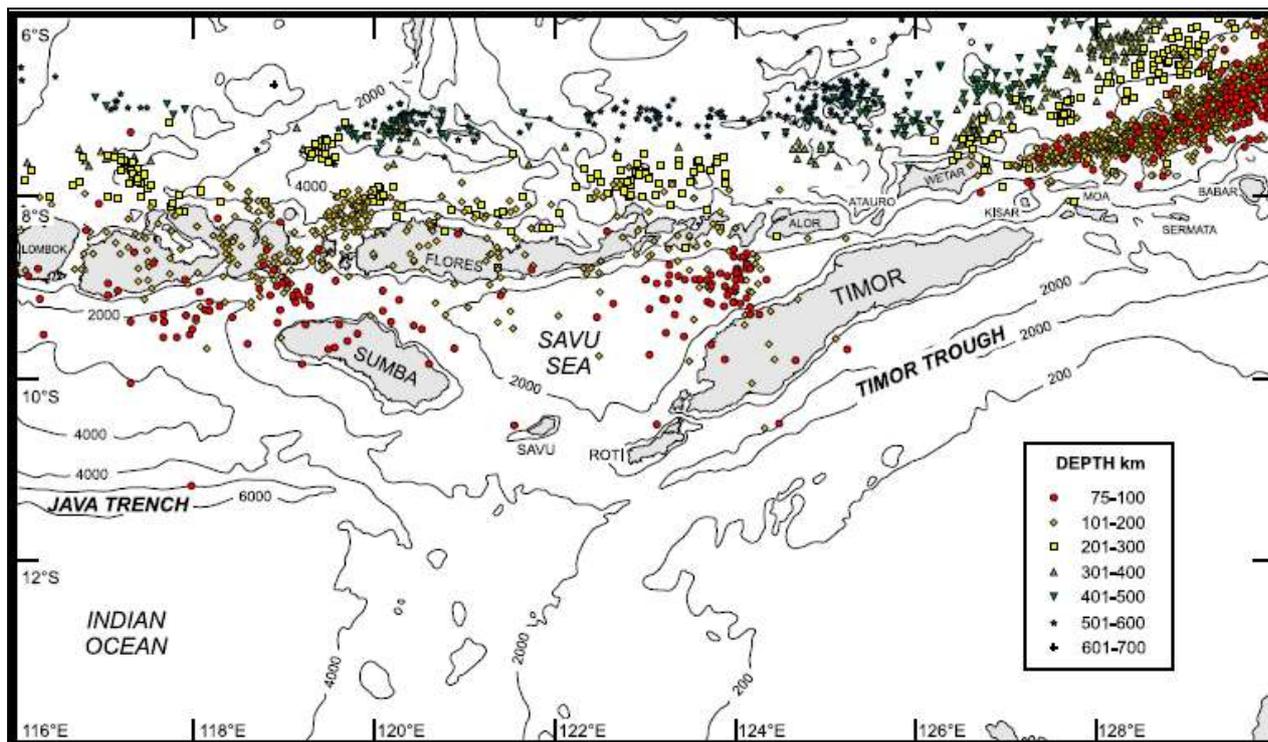


Figura 2. 9. Sismicidade em Sumba e de Timor na região de Arco da Banda. Os epicentros mostram profundidade mínima de 75km. Baseado em dados do Engdahl et. al., 1998. (retirado de Audley-Charles, 2004).

#### 2.2.4.2. Uplift

Segundo Harris et al. (2000), a história térmica da orogenia recente pode ser reconstruída pela análise dos traços de fissão em cristais de apatite. Esta técnica indica uma história de arrefecimento pós orogénico abaixo de  $\pm 110^{\circ}\text{C}$ , e permite estimar o tempo, magnitude e taxa do levantamento tectónica e desnudação (Gleadow et al., 2002). Harris et al. (2000) utilizou os dados de traços de fissão para analisar a quantidade de aquecimento que ocorreu desde o processo inicial da colisão. Eles determinaram que havia pouco ou nenhum aquecimento no interior do complexo do colisão durante o levantamento no Neogénico e exumação, provavelmente devido ao fraco soterramento sofrido por cada unidade associada aos cavalgamentos individuais. Os materiais acrecionados à margem australiana em Timor durante o pico de paleotemperatura são muito semelhantes ao material não acrecionado no NW da Austrália.

## 2.2.5. Estratigrafia

A Estratigrafia abrange os estudos que contribuíram para o conhecimento das unidades geológicas associadas à colisão continental entre Austrália e a arco da Banda que já foram publicados por vários geólogos por exemplo Audley-Charles (1968) e Leme (1968). Estes autores consideram duas unidades fundamentais: autóctone de origem profundo constituído por todas as formações *in situ*, e o sistema carreado ou alóctone. Na tabela seguinte mostra-se a comparação da coluna estratigrafia de Audley-Charles (1968) e Leme (1968).

Tabela 2. 1. Coluna estratigrafia do Audley-Charles e Leme (1968).

Audley-Charles (1968)			Azeredo Leme (1968)		
Cod.	Formação	Idade	Cod.	Formação	Idade
<b>Sistema autóctone</b>					
			7.1.1	Formação de Lolotoi	Pré-pérmico
1	Formação de Atahoc Formação de Cribas	Pérmico	7.1.2	Série de Cribas	Pérmico
2	Formação Aituto Membro Tallibelis	Triásico	7.1.3	Série do Triásico-Jurássico (antiga Série de Mota Bui)	Triásico- Jurássico
3	Formação Wailuli (Ailuli)	Jurássico	7.1.4	Maciços calcários de Tutuala	Triásico superior
4	Formação Wai Bua Calcário de Borolaro Formação Seical	Cretácico	7.1.5	Formação de Baguia	Jurássico?
5	Calcários de Dartolú	Eocénico	7.1.6	Cretácico	Cretácico
6	Formação de Barique	Oligocénico	7.1.7	Formação de Dartolú (antiga Série de Same)	Eocénico
7	Calcários de Cablac Calcários de Aliambata	Miocénico Inferior	7.1.8	Rochas eruptivas de Barique	Oligocénico?
8	Formação de Viqueque Calcários de Lari guti	Miocénico superior	7.1.9	Calcários de fato	Miocénico inferior
9	Conglomerado de Dilor Seketo Block Clay	Pliocénico	7.1.10	Complexo argiloso	Miocénico superior
10	Calcários de Baucau Calcário de Poros Formação de Suai Gravels de Ainaro	Pós- pliocénico	7.1.11	Série de Viqueque	Plio-Plistocénico
			7.1.12	Rochas eruptivas pós-pliocénicas	
			7.1.13	Recifes de coral emersos	
			7.1.14	Calcários lacustres de Pórus	Pós-pliocénico
			7.1.15	Terraços fluviais	
			7.1.16	Aluviões recentes	

***Sistema alóctone***

1	<i>Complexo de Lolotoi</i>	<i>Pré-Pérmico</i>			
2	<i>Formação de Aileu</i>	<i>Pérmico</i>	7.2.1	<i>Série metamórfica de Díli</i>	<i>Pérmico inferior?</i>
	<i>Formação de Maubisse</i>		7.2.2	<i>Série de Maubisse</i>	<i>Pérmico superior</i>
3	<i>Calcário de Borolaro</i>	<i>Cretácico superior</i>			
4	<i>Bobonaro Scaly-clay</i>	<i>Miocénico médio</i>			

Por outro lado os estudos recentes por Charlton (2002) sobre o Pérmico do Timor subdividem em três formações: Formação de Atahoc, Formação de Cribas e a Formação de Maubisse, com uma quarta unidade no complexo do Aileu ao longo da costa norte de Timor, e foram dobradas e falhadas como o resultado da colisão continental. Estas rochas são consideradas como pertencentes à sequência de Gondwana.

Esta sequência de Gondwana também incluiu as rochas do Triásico e Jurássico tais como as rochas da Formação de Aituto e a Formação de Wailuli.

O estudo recente do geólogo timorense Monteiro (2003) baseado na paleontologia refere que em alguns locais a Formação Wailuli deverá ser de idade Triásico superior, sendo o equivalente lateral da Formação de Babulo definida em Timor ocidental.

Segundo Harris (2006) a Formação de Lolotoi terá origem no terreno da banda que foi carreado durante processo de transição de subducção para colisão arco-continente. As suas datações apontam para uma idade desta formação Cretácico Inferior. Na figura 2. 10. Unidades litotectónicas de Terreno da Banda em Timor apresentada por Harris (2006).

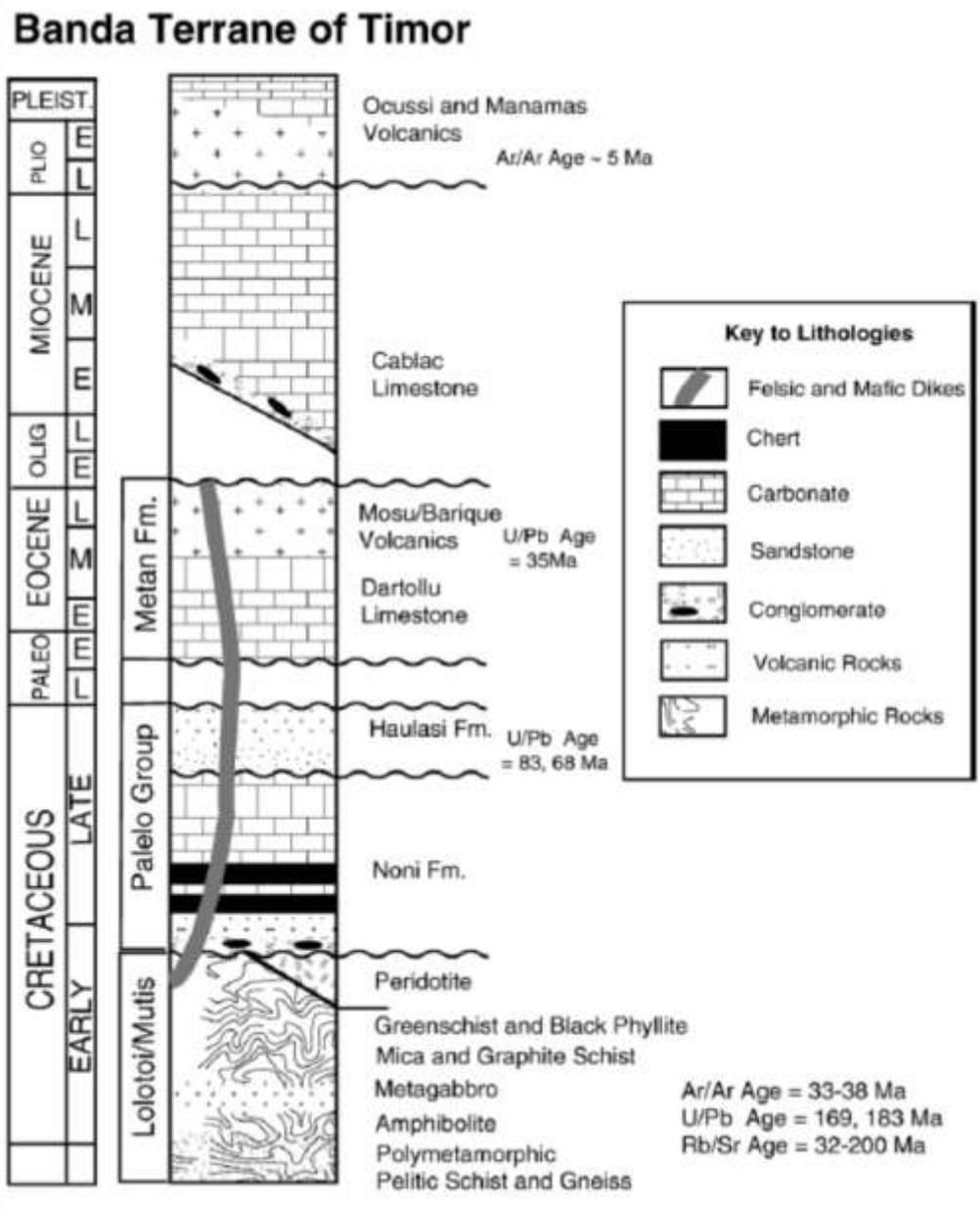


Figura 2. 10. Unidades litotectônicas de Terreno da Banda em Timor (retirado do Harris, 2006).

#### 2.2.5.1. As formações cartografadas neste trabalho

Na minha área do trabalho situada SW do distrito de Manatuto existem várias formações geológicas como; Formação de Lolotoi, Formação de Maubisse, Formação de Wailuli, Formação de Bobonaro, Formação de Ainaro e a Formação de Suai, muito embora esta não tenha expressão cartografada na minha área.

## **i. Formação de Lolotoi**

A Formação de Lolotoi foi cartografada primeira vez pelo Audley-Charles (1968), e foi considerada como equivalente com complexo de Mutis em Timor Ocidental (e.g. Barber e Audley-Charles, 1976; Rosidi et.al., 1981; Audley-Charles e Harris, 1990; Harris, 1991). Esta formação é constituída por uma série de rochas sedimentares e rochas eruptivas que sofreram metamorfismo regional de baixo grau. Esta formação caracteriza-se normalmente pela presença de filitos quartzo-micáceos, micaxistos quartzíferos, xistos negros cloríticos com rochas eruptivas básicas e ultra-básicas predominantemente do tipo gabroico e delorítico. Estes autores interpretam estas rochas como uma série de cavalgamentos porque afectam o soco da base da margem australiana ao arco da banda.

Um estudo do Charlton (2002) na área do Laclubar diz que a Formação de Lolotoi é composta por rochas meta-vulcânicas de baixo grau intraestratificadas com filitos azuis-acinzentados e interpretam estas rochas como tendo origem na base da continente australiano que estruturalmente esta por baixo dos sedimentos do Pérmico. Este trabalho considera esta Formação da idade Pérmico.

Outro trabalho, Harris (2006), diz que esta formação é composta por xistos com clorite e anfibolito de grau baixo-médio, com ocorrência de filitos, xisto pelíticos e gnaisses, sendo raros os xistos verdes e granulitos. Este autor considera que a Formação de Lolotoi tem claramente uma idade de Cretácico Inferior.

Um estudo recente do Standley e Harris (2009) baseado na análise petrográfica e geoquímica, diz que esta formação corresponde a meta-sedimentos na fácies dos xistos verdes – anfibolítica, de temperatura-pressão média. Na unidade meta-vulcânica são dominantes os xistos verdes, havendo também xistos grafitosos, micaxistos quartzíferos, anfibolitos, gnaisses e xistos granatíferos em alternâncias de gnaisses e xistos pelíticos.

## **ii. Formação de Maubisse**

Esta formação foi estudada por vários geólogos desde ano 1940 por exemplo; Van Bemmelen (1949) menciona estas rochas como o grupo de calcário do Fatu. Grunau (1953, 1956), Gageonnet e Lamoine (1958) descreveram estas rochas como Série de Maubisse, assim como Audley-Charles (1968). Estes autores consideram esta Formação de idade do Pérmico.

Hunter (1993) diz que esta formação é composta por 3 facies cartografáveis; argilas margosas basaltos, e vulcanoclastitos.

Os calcários são muito duros e intraestratificados com arenitos finos. Muitos destes são biocalcarenitos de cor-de-rosa e argilas margosas de cor vermelha. Estas camadas são ocasionais, com laminação paralela e ricas de fosseis (Hunter, 1993). A maior parte desta formação é constituída por basaltos, rochas intrusivas máficas, sienitos e tufos. A maioria dos basaltos tem textura amigdalóide, ocorrendo espilitos e lavas em almofada.

## **iii. Formação de Wailuli**

A Formação de Wailuli foi defininida pelo Audley-Charles (1968). Constituída por margas azul-cinzentadas e calcilitos com amonites intercaladas, ele considera esta formação de idade Triassica. Uma tese do mestrado do Monteiro (2003) permitiu definir a idade desta formação como Triassico Superior. O trabalho mais recente de Charlton et. al (2009) diz que a formação de Babulu é a parte superior da formação de Aituto e considera-a como a passagem entre Formação de Aituto para a Formação de Wailuli.

#### **iv. Aluvião e Terraços Fluviais/Formação de Ainaro**

A topografia Timor-Leste é afectada de uma forma muito uniforme por um clima tropical humido, sendo a erosão do solo muito forte. Normalmente as aluviões depositam nas bacias de planície como resultado da erosão muito forte. Os aluviões que existem em Timor-Leste são aproveitadas para a agricultura, para a plantação de arroz, vegetais e frutos.

Os terraços fluviais foram definidos por Audley-Charles (1968) com a designação de “Ainaro Gravels”, de idade do Pós-Pliocénico com base nos depósitos dos terraços muito espessos de 800m que afloravam na ribeira de Ainaro e ainda nalgumas regiões como Laclubar, Cribas, Same, Aileu e Railaco.

## **Capítulo 3 - Metodologias de trabalho**

### **3.1. Trabalho do campo**

O trabalho do campo foi feito durante 6 meses, começou em 15 de Março de 2011 e prolongou-se até 25 de Agosto de 2011, as amostras e fotografias foram recolhidas durante trabalho do campo. Numa fase inicial no início de 8 de Março de 2011 até 13 de Março de 2011, fizemos um percurso de Dili – Baguia, onde subimos o monte de Matabian – Lospalos, onde fizemos um corte em Tutuala e Iliomar – Viqueque – Manatuto, onde fizemos um corte em Cribas ao longo da ribeira de Acrum e outro corte em Lacló – Dili e até subimos o monte de Tata Mai Lau.

#### **3.1.1. Materiais utilizados**

1. Mapa topográfico 1/25.000 onde desenhamos a cartografia geológica de Audley -Charles (1968). A topografia foi a do levantamento Indonésio das folhas 2407-343 e 2407-344.
2. Livro do campo
3. Gps
4. Bússola
5. Martelo
6. Ácido clorídrico diluído a 10% (HCl 10%)
7. Câmara fotográfica
8. Lupa
9. Saco para amostras
10. Lápis de cor

### **3.1.2. Método do trabalho do campo**

Para nos orientarmos durante o trabalho do campo utilizámos a base geológica de Audley-Charles (1968), e o mapa topográfico indonésio 2407-343 e 2407-344 à escala 1/25. O levantamento do campo que nós fizemos foi ao longo das linhas de água, estradas e subimos até ao topo das montanhas. A utilização do GPS é muito importante para marcar os pontos das observações e a bússola para medir as principais estruturas (estratificação, xistosidade, foliações e lineações). Também utilizamos o martelo para partir as rochas para identificar os minerais e as vezes utilizámos ácido clorídrico diluído a 10% (HCl 10%) para saber se a rocha era carbonatada. Em cada ponto da observação foram tiradas fotografias e depois o registo no livro campo incluiu as coordenadas lidas no GPS, as medições das estruturas e litologia. Algumas rochas mais importantes levámos para analisar no laboratório e fazer lâminas delgadas.

## **3.2. Trabalho do laboratório**

O trabalho do laboratório realizou-se no Laboratório Nacional de Geologia em Hera, Timor-Leste. Entre 22 de Agosto de 2011 e 15 de Novembro de 2011, depois do trabalho de campo terminado estivemos a interpretar os resultados e a escrever a tese neste Laboratório. As amostras seleccionadas foram preparadas para ser analisadas ao microscópio. Foram recolhidas 20 amostras para ser analisadas no microscópio. As amostras recolhidas são das Formações de Suai, de Maubisse, de Wailuli, e de Lolotoi.

### **3.2.1. Materiais utilizados**

1. Serra (modelo TS10) para cortar as rochas
2. Um moinho eléctrico (criptal 10A56SW110HD) de 200 mesh e mesh g
3. Máquina logitech automático (tipo: 1LA531-1) para desgastar
4. Granite master flat para configuração dos vidros
5. Vidro

6. Cola

7. Pó para desgastar 200 mesh, 400 mesh, 600 mesh, 800 mesh, e 1000 mesh.

8. Estufa

### **3.2.2. Método para fazer as lâminas**

a). Processo de fazer lâmina delgada

As amostras foram cortadas pela serra (modelo TS10) e depois desgastadas num disco eléctrico com pó de 200 mesh e 400 mesh. Na fase seguinte foram desgastadas manualmente com pó de 600 mesh num vidro grande para ter a superfície das rochas bem lisa antes de colar no vidro. O vidro que utilizamos foi calibrado no granite master flat até 0,9mm. Depois de calibração do vidro, as amostras foram coladas. Depois de coladas, colocamos num ovém durante 30 minutos para ter uma resistência entre cola e amostra. Depois de processo colamento acabar, as amostras foram cortadas outra vez na serra até 0,5 cm. E depois as amostras com 0,5cm vão desgastando no ligetich automático para desgastar até com espessura 0,5mm. A seguir desgastar manualmente com pó de 800 mesh e 1000 mesh até a mostrar composição dos micros estruturas e os minerais. Na fase final cobrimos as lâminas com laca para ser analisada no microscópio petrográfico.

b). Processo de analisar lâmina delgada

Este processo consiste em identificar os minerais, fosseis e microestruturas das rochas com recurso ao microscópio petrográfico.

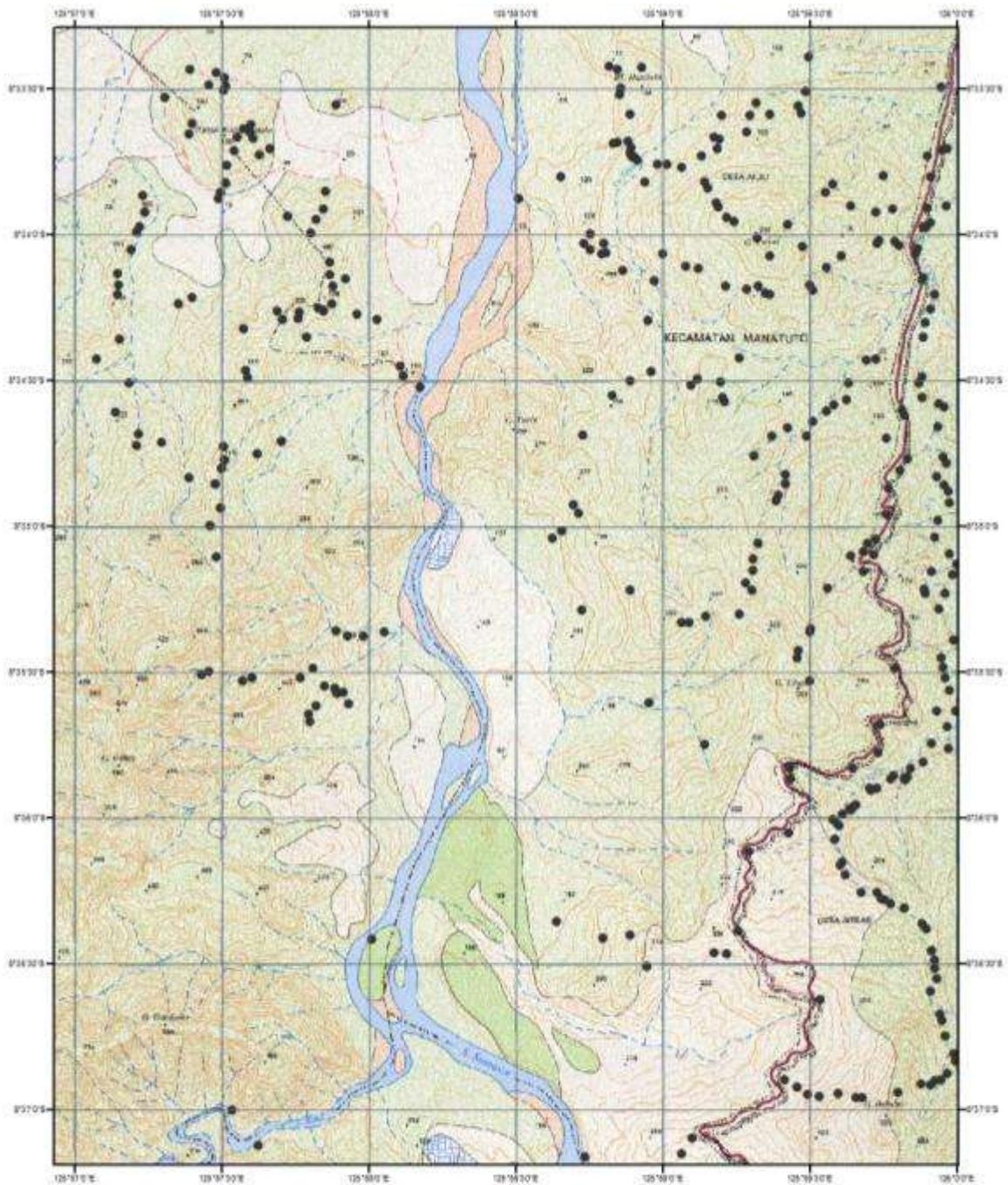
### **3.3. Trabalho de gabinete**

Nesta etapa do trabalho fizemos a interpretação dos dados do trabalho do campo e os dados de trabalho de laboratório e decorreu de 22 de Agosto de 2011 até 15 de Novembro de 2011. Esta fase incluiu a escrita da tese e a preparação do mapa com recurso a SIG.

O resumo do trabalho de SIG é o seguinte;

- Utilizar base de referência a cartografia de Audley-Charles (1968) e elipsóide WGS 1984 51S.
- Para fazer o mapa final das estruturas criámos vários ficheiros onde juntámos as informações dos pontos das observações incluindo dados de litologia e dados de observações das estruturas (estratificação, xistosidade, foliações e lineações). A figura 3.1. mostra o mapa dos pontos de observações e a respectiva litologia está marcada no mapa da figura 3.2.

### Mapa pontos das observações da área de trabalho



Universidade de Évora  
Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço

Autor  
Henrique Gusmão M. Pereira

#### Legenda

• pontos das observações



Figura 3. 1. Mapa dos pontos observações da área do estudo.

### Mapa litologia da área do trabalho

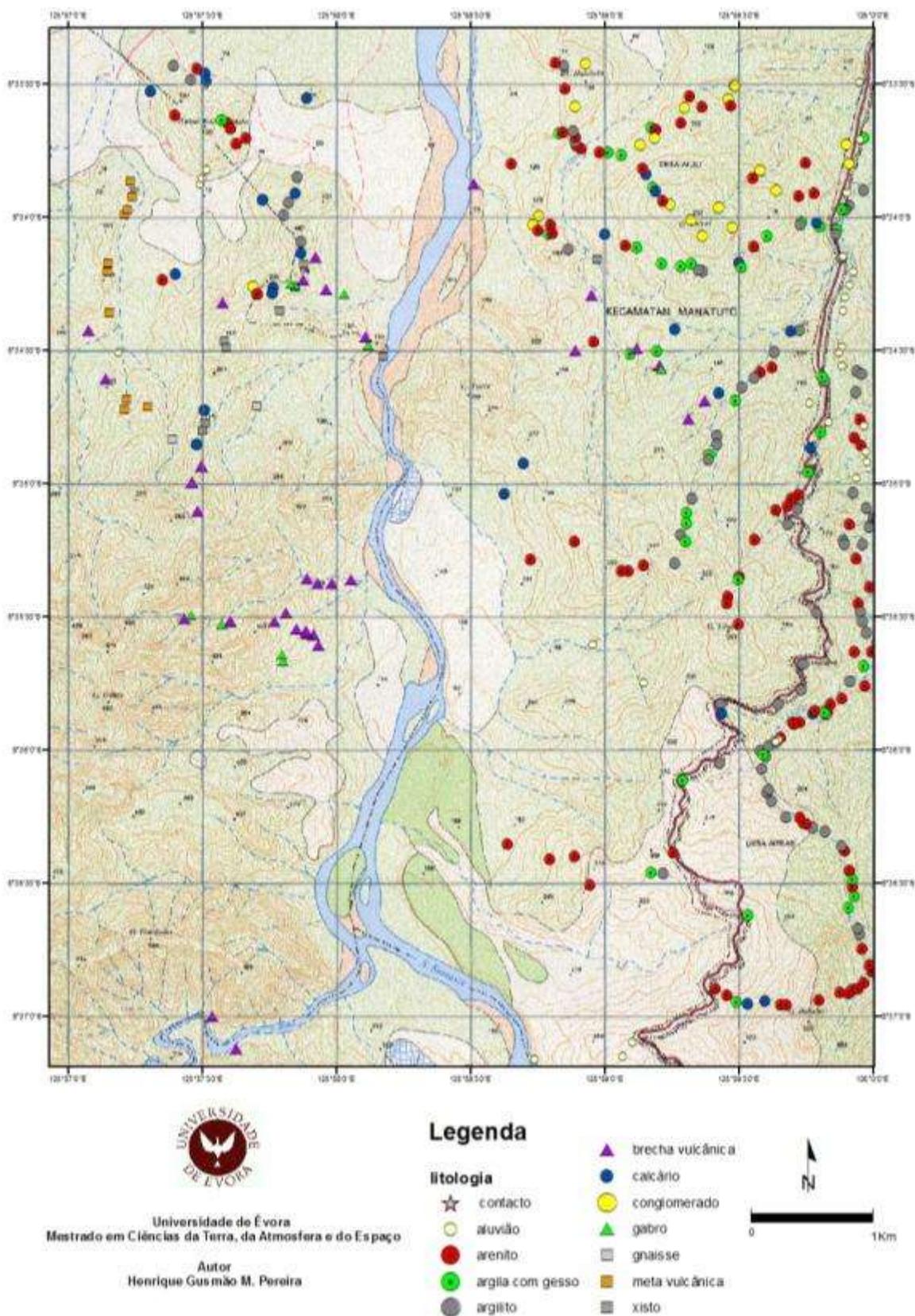


Figura 3. 2. Mapa das litologias da área do estudo.

## **Capítulo 4 - Resultados obtidos**

### **4.1. Litoestratigrafia da região do estudo**

#### **4.1.1. Formação de Lolotoi**

A Formação de Lolotoi aflora na minha área do estudo situada a sudoeste de distrito de Manatuto ao longo de ribeira de Sumasse. Existem bons afloramentos numa região com relevo acentuado, com altitudes de 100m-500m.

Litologia: Na região, esta Formação é constituída por gabros de grão fino até grosseiro geralmente serpentinizados, por brechas vulcânicas, rochas meta vulcânicas, xistos e gnaisses.

Posição estratigráfica: Os dados do levantamento do campo indicam que a Formação de Lolotoi está por cima da Formação de Wailuli (?). Nalguns sítios afloram alguns klips do calcário de Maubisse sobre a Formação de Lolotoi. A figura 4.2. mostra as rochas da Formação de Lolotoi na área do trabalho.

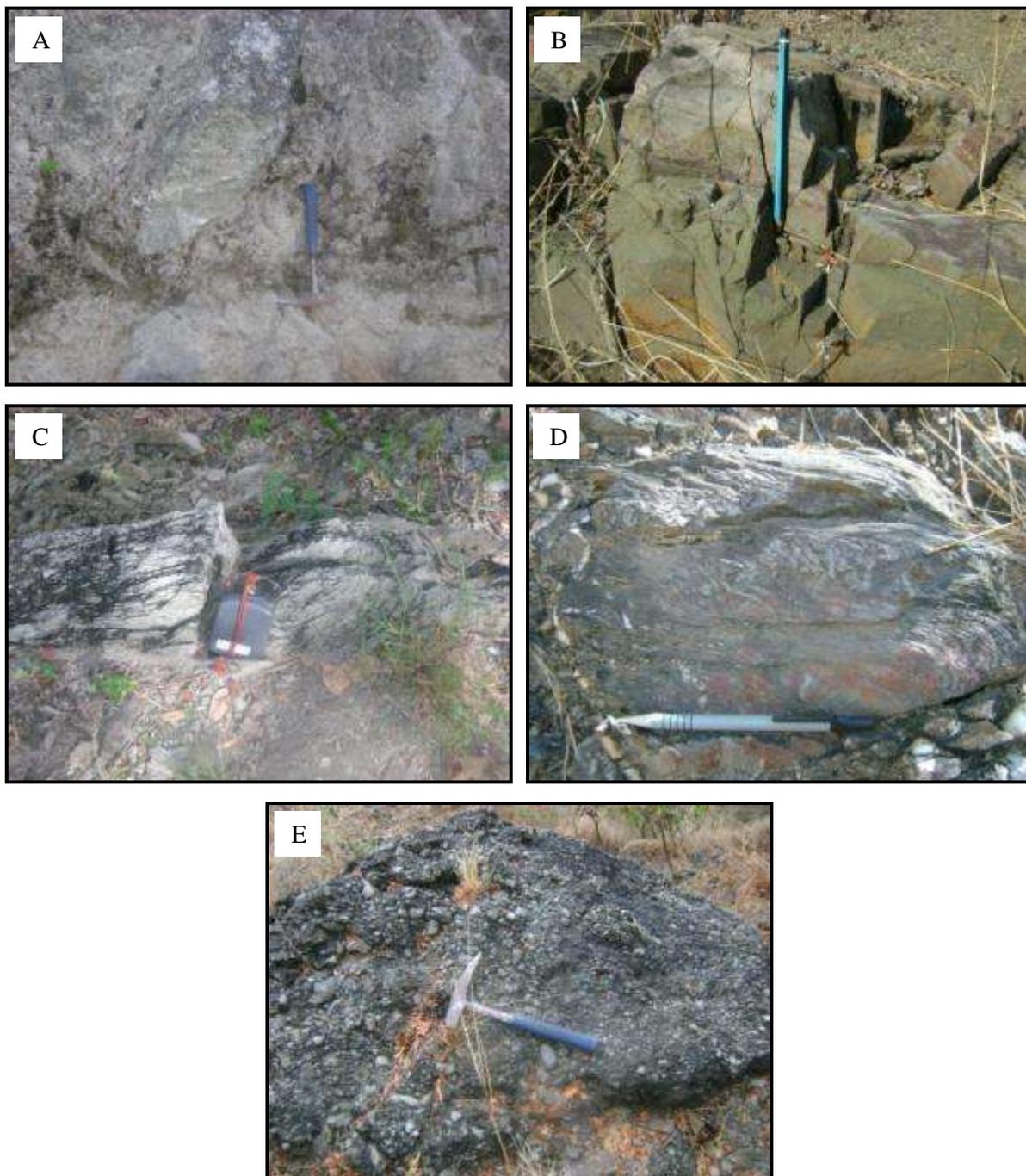


Figura 4. 2. As rochas da Formação de Lolotoi na minha área do trabalho. A). Gabro serpentizado, B). Meta vulcanitos, C). Gnaiss, D). Xisto, E). Brecha vulcânica.

### 4.1.2. Formação de Maubisse

Formação de Maubisse na minha área é constituída por calcários muito compactos ricos em crinóides e oolitos. Estes calcários são de cor branca, cor-de-rosa, e vermelhosa. Na figura 4.4. Mostra os calcários da Formação de Maubisse na área do trabalho.

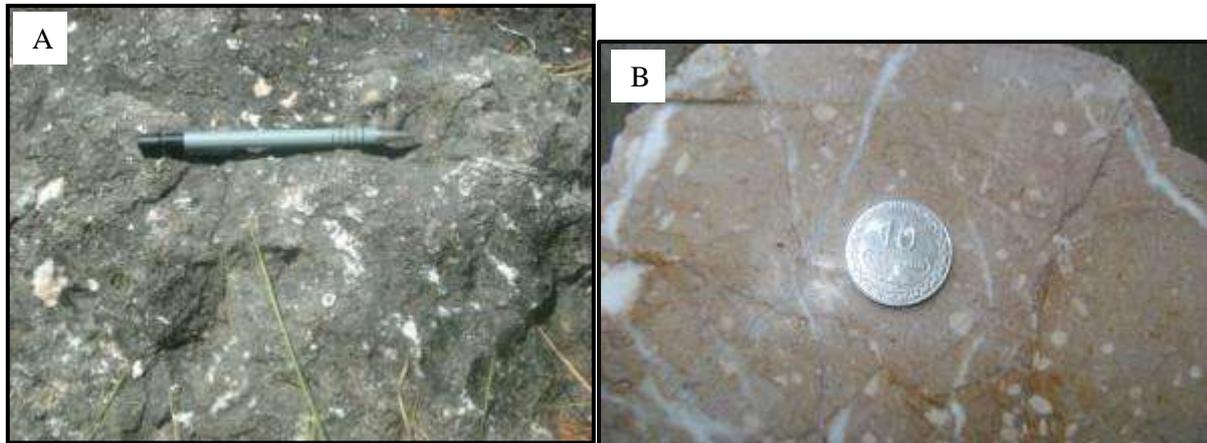


Figura 4. 4. As rochas de Formação de Maubisse na minha area do trabalho. A) Calcário de Maubisse com crinoides, B) Calcário do Maubisse com oolitos.

### 4.1.3. Formação de Wailuli

Na minha área do estudo a Formação de Wailuli situa-se a Este e nordeste da região de Manatuto.

Litologia: esta Formação foi caracterizada pela presença de estratificação bem marcada e é constituída por arenitos, calcarenitos, argilitos, argilas com gesso, e dentro desta formação também existe o conglomerado. Ambiente de deposição: Atendendo às várias litologias presentes, o ambiente de deposição era completamente marinho.

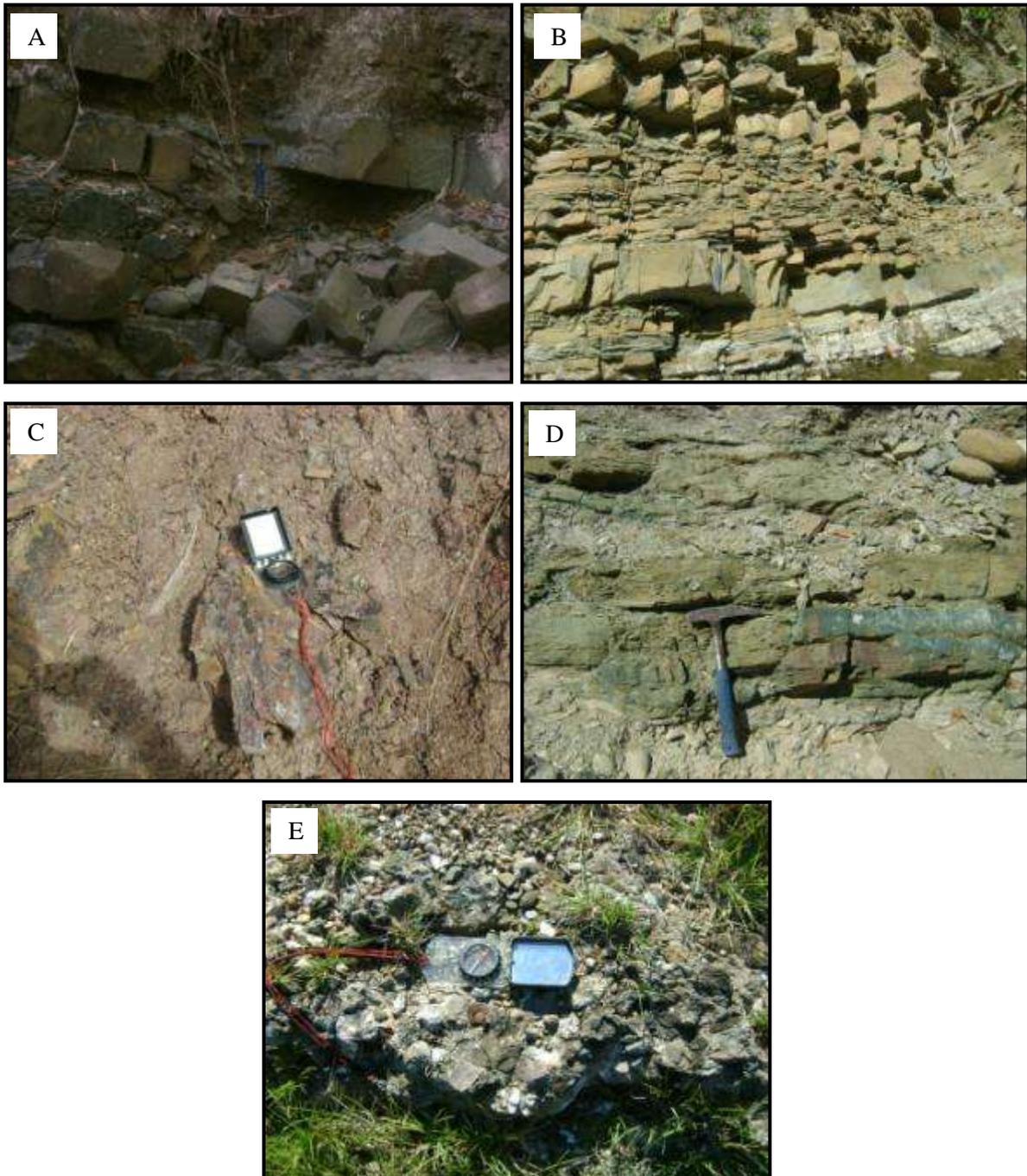


Figura 4. 6. Exemplos das várias litologias da Formação de Wailuli presentes na minha zona de trabalho. A). Arenito, B). Calcrenito, C). Argila com gesso, D). Argilito, E). Conglomerado.

Posição estratigráfica: pelo dados de levantamento do campo deduz-se que a Formação de Wailuli esta por baixo das Formações de Maubisse e Lolotoi.

Ambiente de deposição: Atendendo às várias litologias presentes, o ambiente de deposição era completamente marinho. Na figura 4.7. mostra-se as unidades geológicas na área do trabalho e as litologias dentro da Formação de Wailuli.

### Mapa litologia da área de trabalho

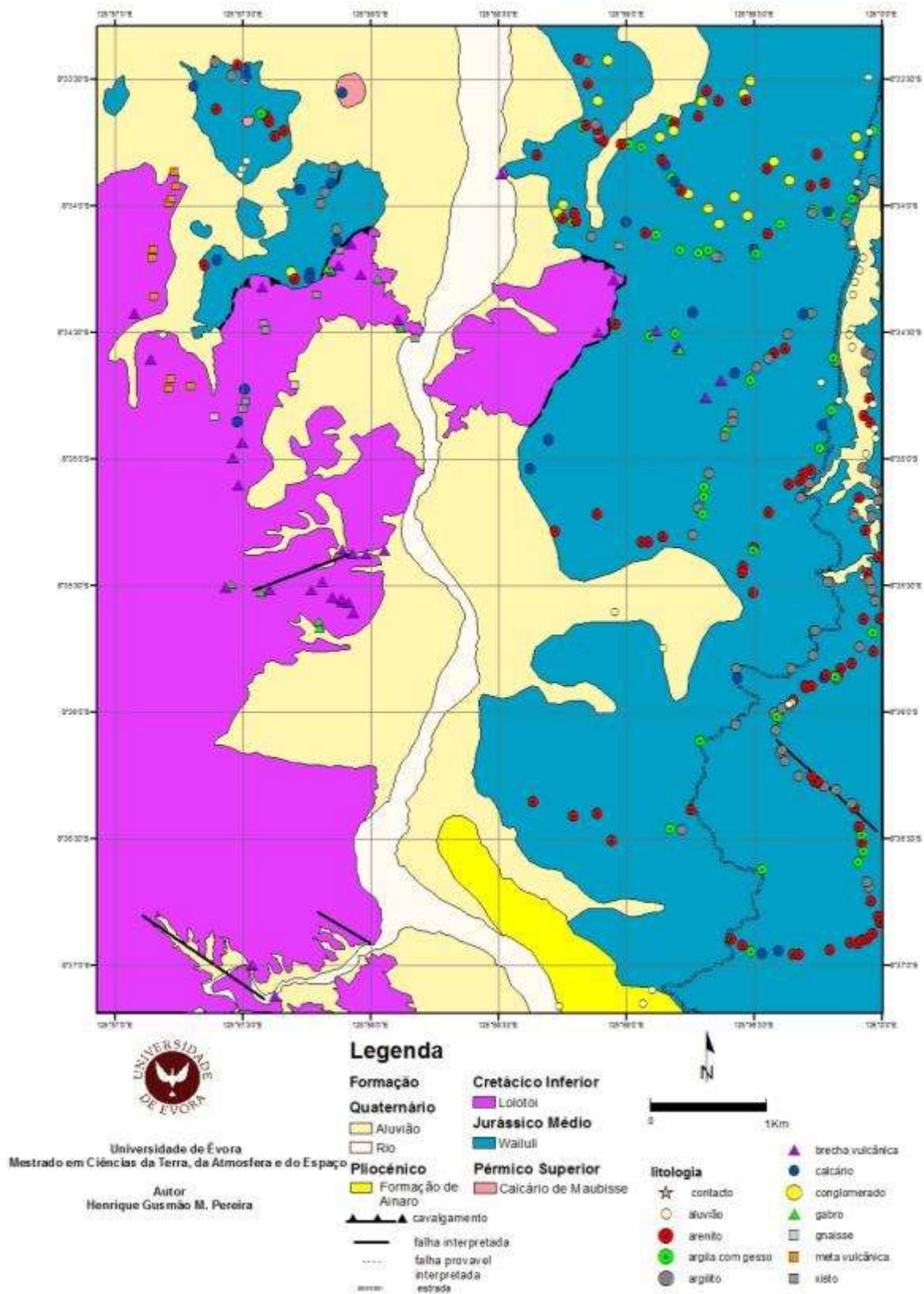


Figura 4. 7. Mapa das Formações da área do trabalho, com indicação das litologias.

#### 4.1.4. Aluvião Recente e Terraços Fluviais/Formação de Ainaro

Na minha área do trabalho os aluviões ocupam a planície de norte do Manatuto e noroeste no Manatuto. Portanto estes aluviões são muito importantes para a produção de arroz. Estes aluviões são compostos por sedimentos finos.

Os terraços Fluviais/Formação de Ainaro afloram na minha área do trabalho na região situada a SE da ribeira de sumasse. Estes terraços podem ter grande dimensão, com espessura até 20m. Os terraços são compostos por areia fina a grosseira e calhaus rolados dos calcários, argilas, e alguns grãos das rochas da Formação de Lolotoi. Os terraços do Ainaro é um terraço do rio antigo, com ambiente de deposição indicador de deposição muito rápida. As figuras do Aluvião e a Formação de Ainaro vão mostrar na figura 4. 8.



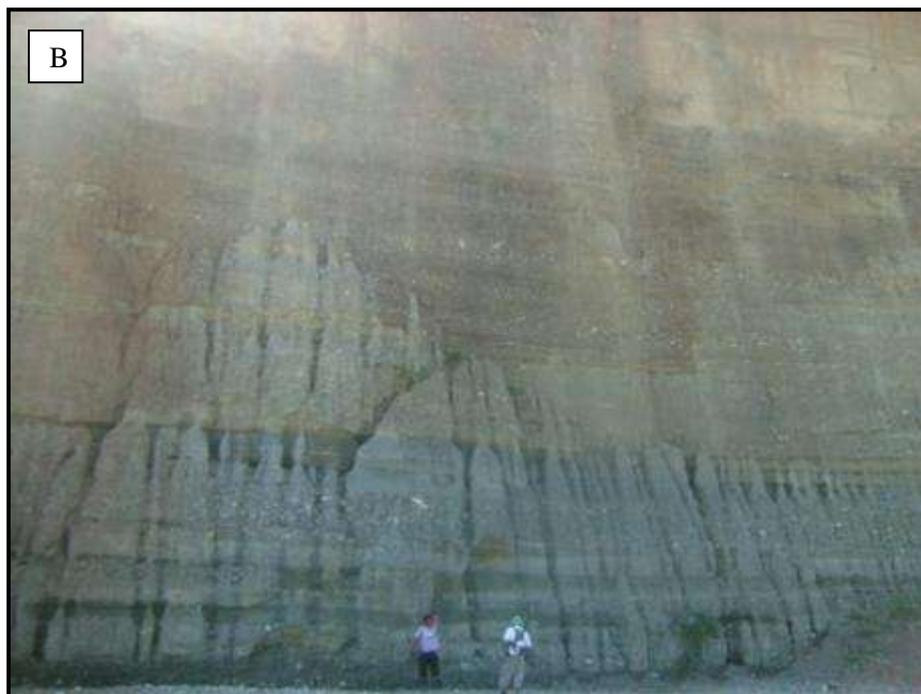


Figura 4. 8. A) Depósito recente ou aluvião no rio, B) Terraços Fluviais/Formação de Ainaro.

## 4.2. Diferentes tipos de estruturas tectónicas

Na região cartografada existem 4 formações principais com diferentes estruturas geológicas. Estas Formações são: a Formação de Lolotoi, a Formação de Maubisse, a Formação de Wailuli, Aluvião e os Terraços Fluviais/ Formação de Ainaro. Dentro da Formação de Wailuli também existem outras rochas diferentes como argila muito plástica não consolidada e conglomerados. Estas argilas e conglomerados são difícil de separar portanto são consideradas como pertencentes à Formação de Wailuli.

Estas formações têm origem diferente, dividindo-se em dois grandes grupos:

a). Unidades com origem no Terreno da Banda, composto por a Formação de Lolotoi com origem de Terreno da Banda (segundo Harris, 2006), que foi carreado durante o processo de colisão continental entre continente australiano e o arco da Banda. Este autor sugeriu que esta formação tem idade Cretácico Superior. Esta formação é composta por rochas ígneas e metamórficas de baixo grau.

b). Unidades pertencentes à sequência de Gondwana (afinidade com a crosta continental australiana). Portanto a Formação de Maubisse tem afinidade com a crosta continental australiana, e instalou-se em Timor por efeito da colisão continental com arco da banda entre o Miocénico e o Pliocénico. A idade desta formação é claramente Pérmica. A Formação de Wailuli com idade de Jurrássico Inferior, e a Formação de Bobonaro considerada como um olistostroma com idade de Miocénico. Discordantes sobre o conjunto, depositaram-se os depósitos recentes, do Quaternário.

#### **4.2.1. As formações mais deformadas**

##### **4.2.1.1. Formação de Lolotoi**

O levantamento do campo mostra que a formação mais deformada é a Formação de Lolotoi. Durante observação do campo na Formação de Lolotoi identificaram-se termos meta-sedimentares compostos por xisto e gnaisse e termos de origem ígnea, compostos por gabro, rochas meta-vulcânicas e brechas vulcânicas.

O levantamento do campo foi feito ao longo das margens W e NE da ribeira da Sumasse. Nas observações de campo identificaram-se duas fases de deformação. Esta formação é a única que apresenta xistosidade. A geometria geral do plano de xistosidade é variável devido à deformação posterior, inclinando preferencialmente para o quadrante N. por outro lado no contacto desta formação com a Formação de Wailuli observa-se uma indicação de que será um cavalgamento N-S.

Na figura 4. 9. Vai mostrando a projecção estereográfica da xistosidade.

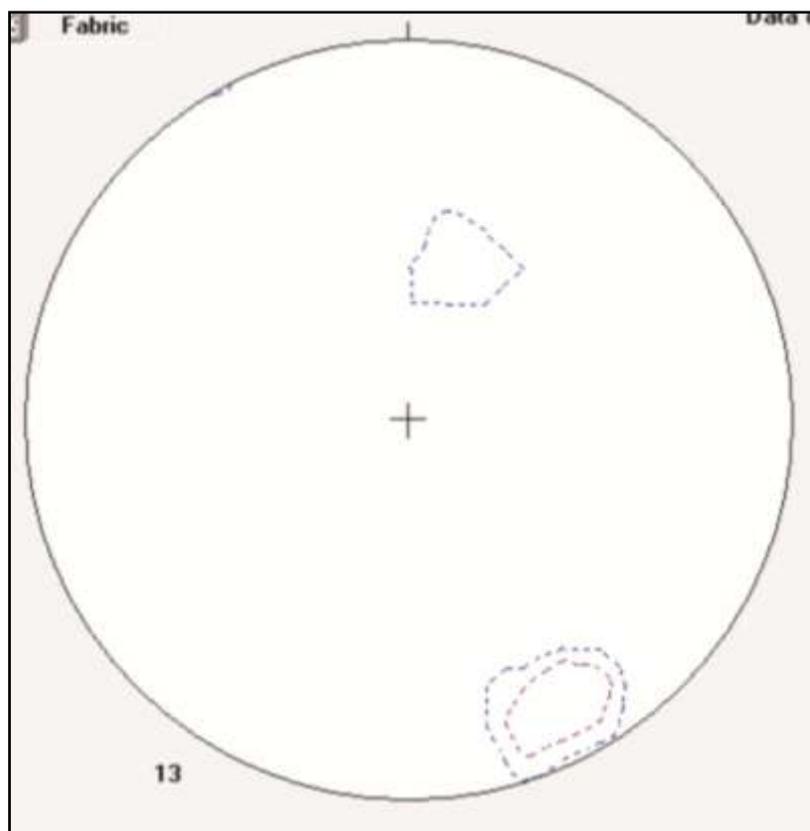


Figura 4. 9. Densidade dos pólos da xistosidade.

#### 4.2.1.2. Formação de Wailuli

A segunda formação cartografada também com uma deformação intensa, foi a Formação de Wailuli. A geométrica geral da estrutura mostra uma dispersão grande da estratificação (fig 4. 11), estando preferencialmente inclinada para Leste (NE e SE). Na parte SE na área cartografada observa-se uma deformação muito forte porque as rochas estão dobradas e cortadas por falha. A maioria destas falhas tem orientação NE-SW (fig. 4. 14). Na zona Este também se observa uma deformação intensa, onde as rochas sugerem dobradas e falhadas. Os dados dos pólos do eixo da dobra, indica os eixos inclinam para o quadrante N (fig. 4. 15).

As dobras que existem na Formação de Wailuli são de vários tipos mas encontrou-se uma dobra muito apertada com flanco longo e flanco curto conhecida como dobra de tipo chevron com eixo da dobra  $8^{\circ}$ ,N10E observa-se também algumas destas rochas com polaridade invertida o que pode indicar que existe uma segunda fase de deformação Observa-se uma falha com vergência para NW-SE que cortou

a dobra. Na observação dos dados das dobras os eixos estão geralmente inclinados para quadrante norte (fig. 4. 10). Há uma deformação forte com compressão N-S durante o período de pre-colisão que dá origem a grandes estruturas como o anticlinal de Cribas. Algumas dobras na área do estudo parecem implicar uma segunda deformação posterior ao anticlinal de Cribas, depois de reactivação da estrutura durante colisão no Neogénico tardio.



Figura 4. 10. Uma dobra na Formação de Wailuli.

Na figura 4. 12, vai mostrar-se o mapa geológico com estratificação simplificada onde retiramos as medições de estratificação que se repetem mais (para ver os dados completos consultar o anexo 1), e na figura seguinte de 4. 13, mostra o corte geológico (neste corte mostra a estrutura geral maioria inclinando para E, neste trabalho não se observou o contacto directo entre as formações de Lolotoi e de Wailuli).

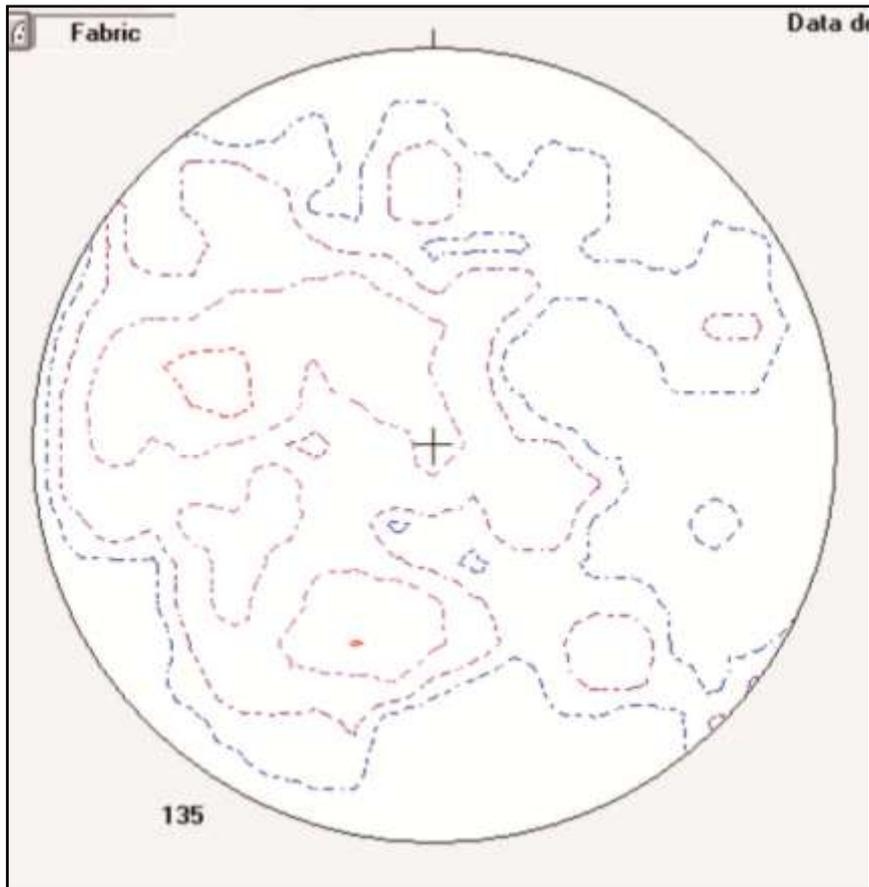


Figura 4. 11. Projecção da densidade dos dados da estratificação.

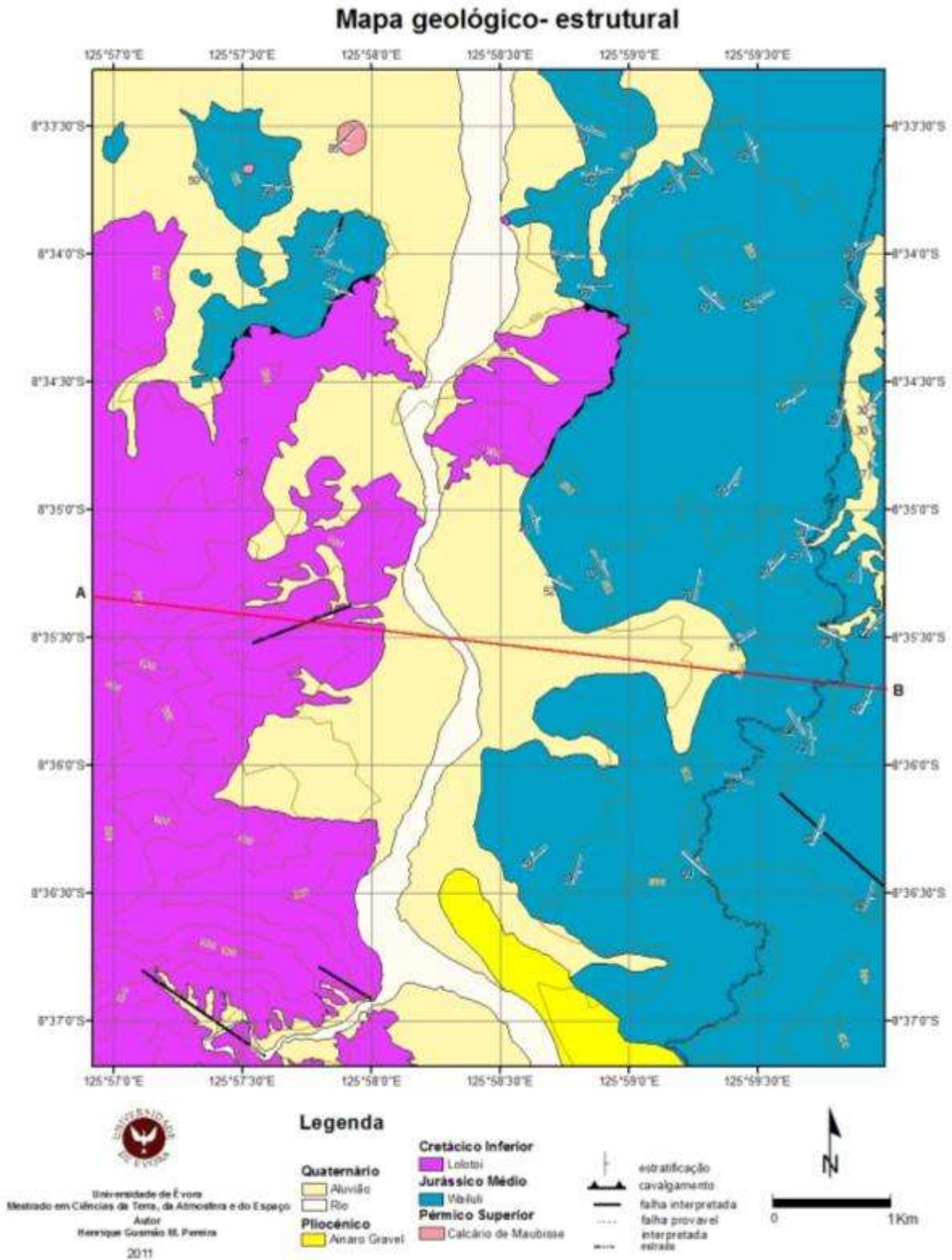


Figura 4.12. Mapa das unidades geológicas com as medidas de estratificação simplificadas.

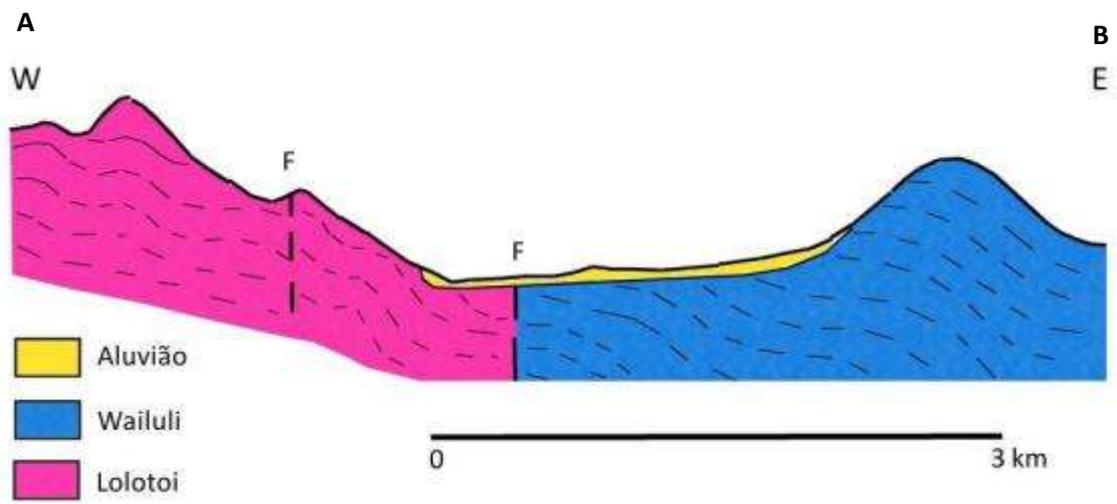


Figura 4.13. Corte geológico A-B (ver figura 4.12).

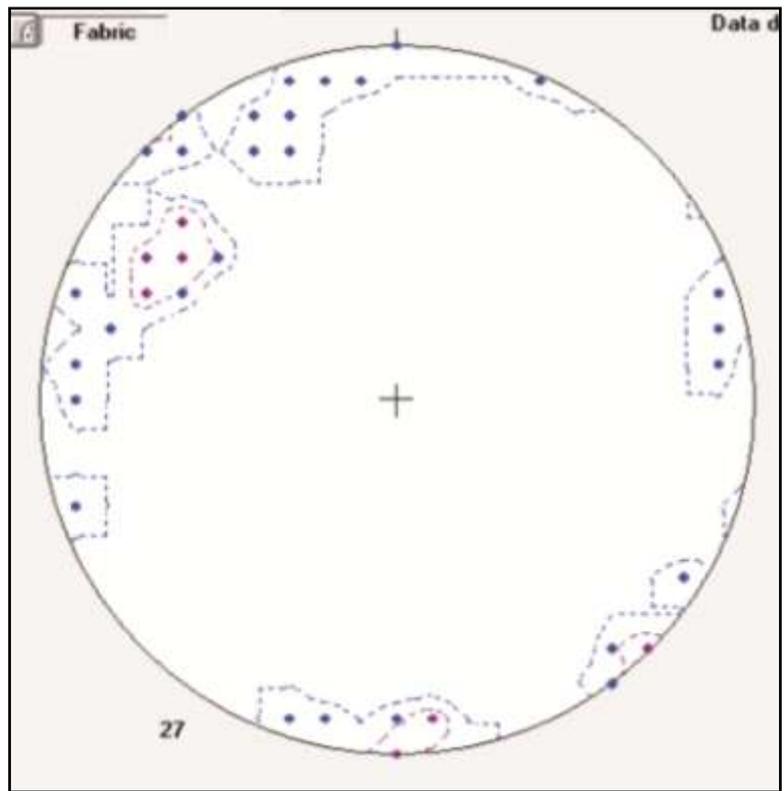


Figura 4. 14. Projecção da densidade das falhas.

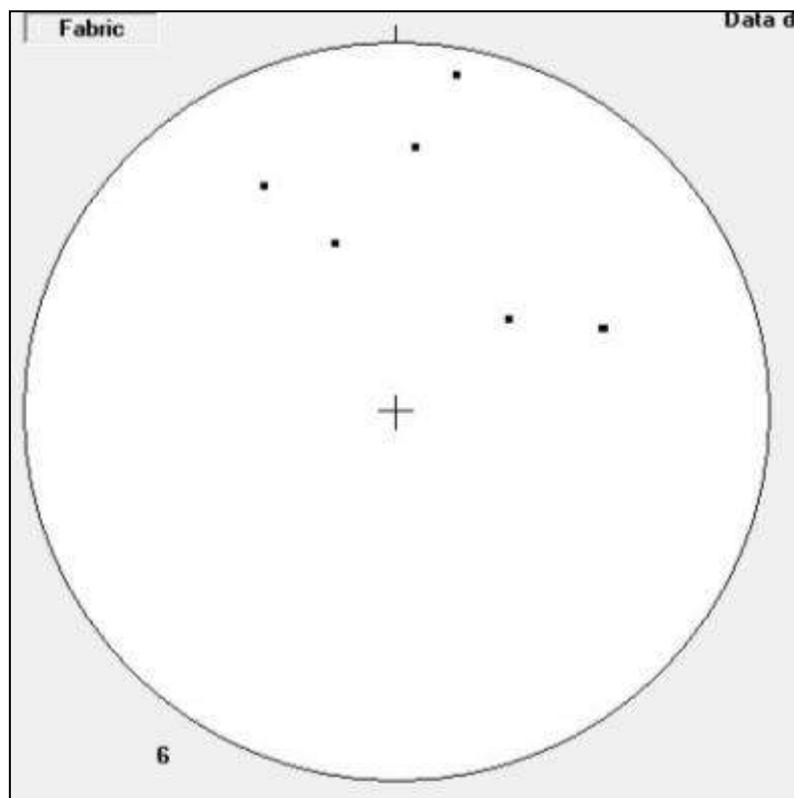


Figura 4. 15. Projecção dos pólos do eixo da dobra, indica os eixos inclina para o quadrante N.

## **4.2.2. As Formações menos deformadas**

As formações menos deformadas na área cartografada são:

### **4.2.2.1. Formação de Maubisse**

A Formação de Maubisse na minha zona de trabalho é constituída por rocha calcária muito dura, e cristalizada. Estes calcários são ricos em crinóides e oólitos. As cores típicas deste calcário são cor-de-rosa, vermelho e branco.

Os dados do campo indicam que estes calcários têm deformação fraca, não se observaram estilólitos que permitissem estudar a sua deformação. No entanto, como esta formação datada do Pérmico se encontra geometricamente por cima de formações mais recentes, ele teve que ser transportada por carreamento para a sua posição actual.

### **4.2.2.2. Aluvião e terraços recentes/Formação de Ainaro**

A aluvião e os terraços são as unidades mais recentes, do Quaternário, não apresentando deformação. A Formação de Ainaro apresenta do entanto o topo a cotas próximas de 200m, cerca de 30m a cima do actual leito do rio, indicando uma elevada taxa de uplift no Quaternário recente.

## **4.3. Petrografia**

### **4.3.1. Metodologia**

Na análise petrográfica deste trabalho utilizou-se um microscópico petrográfico com a luz transmitida e reflectida. O objectivo da análise petrográfica deste trabalho é para identificar os minerais das rochas de cada formação geológica na área de estudo. Para a classificação das rochas carbonatadas utilizou-se um diagrama do Folk (1962) e para a classificação das rochas detríticas utilizou-se um diagrama do Greensmith (1989) *figura 5.1*. E para a classificação das litologias do Complexo do Lolotoi em que

considera como rocha ígnea, utilizou-se uma classificação do Harvey Blatt e Robert J. Tracy (2000) *figura 3.3. e figura 3.4.*

As figuras para a classificação das rochas carbonatadas e para a classificação dos calcários são apresentadas na figura 4. 16. As figuras para a classificação das rochas ígneas da Formação de Lolotoi são apresentadas na figura. 4. 17.

A)

Principal allochems in limestone	Limestone types			
	cemented by sparite		with a micritic matrix	
skeletal grains (bioclasts)	biosparite		biomicrite	
ooids	oosparite		oomicrite	
peloids	peisparite		pelmicrite	
intraclasts	intrasparite		intramicrite	
limestone formed in situ	biolithite		fenestral limestone -dismicrite	

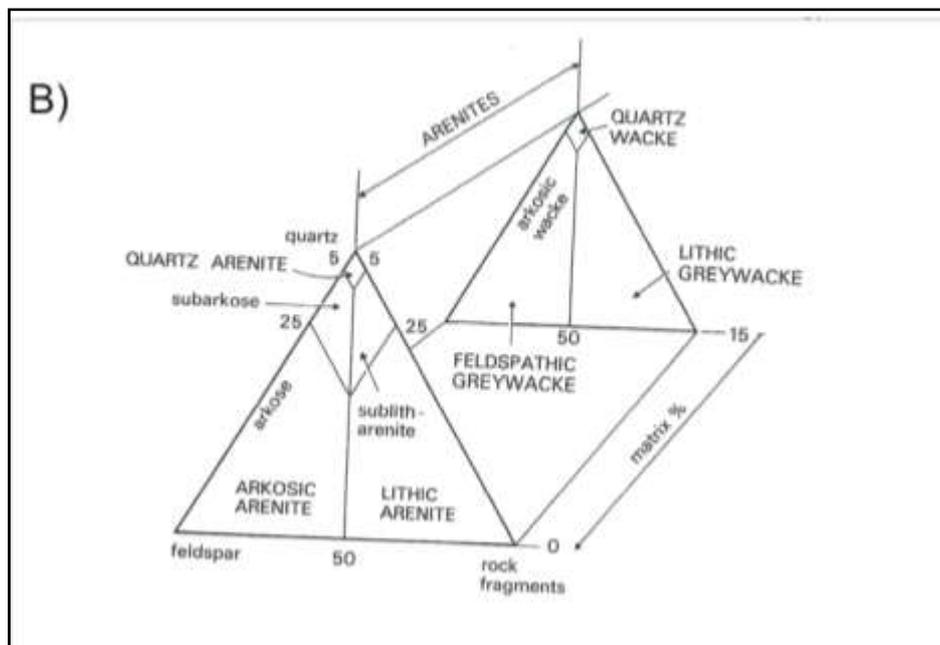


Figura 4.16. Diagrama da classificação para rocha carbonatadas. A) Classificação das rochas carbonatadas (retirado de Monteiro (2003) adaptado de Folk (1962), B) Classificação das rochas detríticas (Adaptado do Greensmith (1989).



Figura 4. 17. Diagrama para classificação para as rochas ígneas. A) Classificação de rocha máficas, B). Classificação de rocha ultramáficas. Adaptado do Harvey Blatt e Robert J. Tracy (2000).

## 4.3.2. Resultados obtidos por análise microscópica de lâminas delgadas

### 4.3.2.1. Lâmina delgada da formação de Lolotoi

Tabela. 4.1. Lista da amostra da lâmina delgada da Formação de Lolotoi.

Referência da amostra	Coordenadas		Rocha	Formação	Minerais identificados	Observação
	X	Y				
H17	8° 34, 523'S	125° 58, 175'E	Gabro	Lolotoi	Olivina, Plagioclase, e Piroxena	A composição dos minerais deste gabro é dominada pela Olivina. Portanto este gabro é família do gabro olivínico

As figuras desta lâmina delgada vão mostrando na figura seguinte:

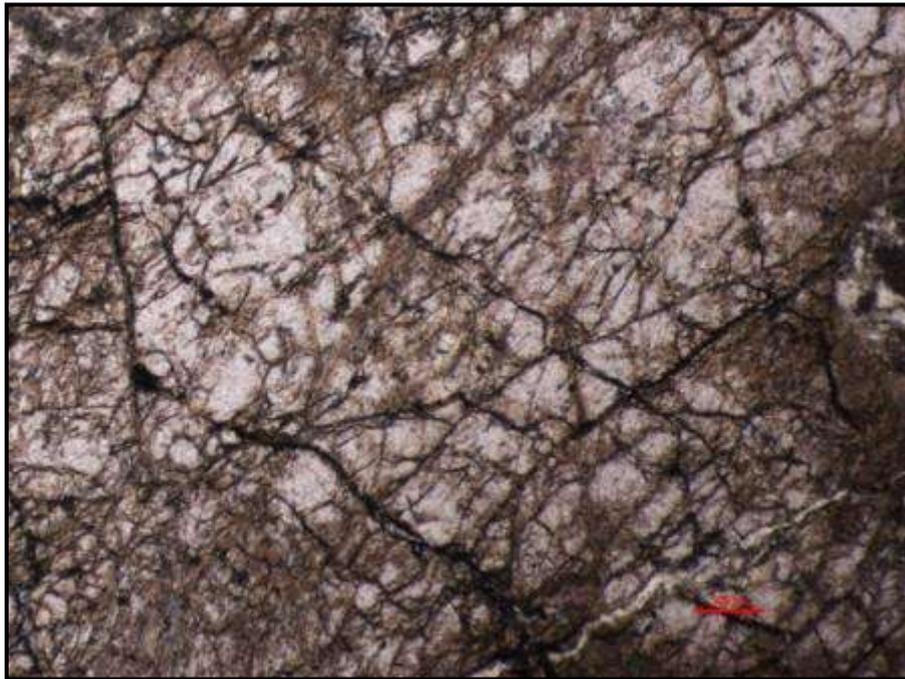


Figura 4. 18. Fotografia da lâmina delgada de um gabro. A figura mostra o mineral de Olivina aparece uma fractura muito forte, a fotografia foi tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .

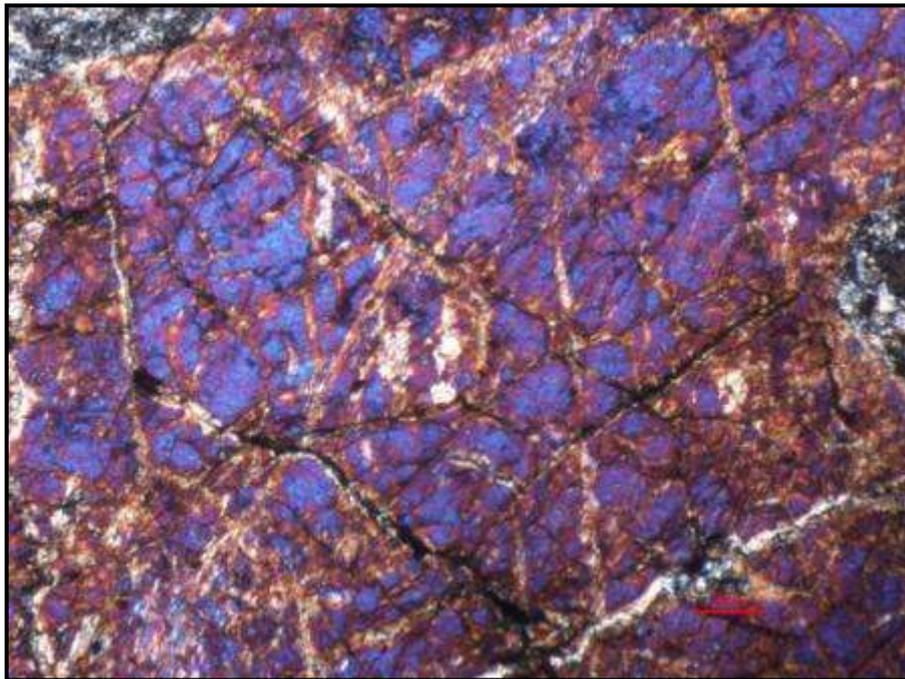


Figura 4. 19. Mesmo gabro da figura 4.16. A fotografia foi tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .



Figura 4. 20. Fotografia da lâmina delgada de um gabro. A figura mostra o mineral de Plagioclase, a fotografia foi tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .

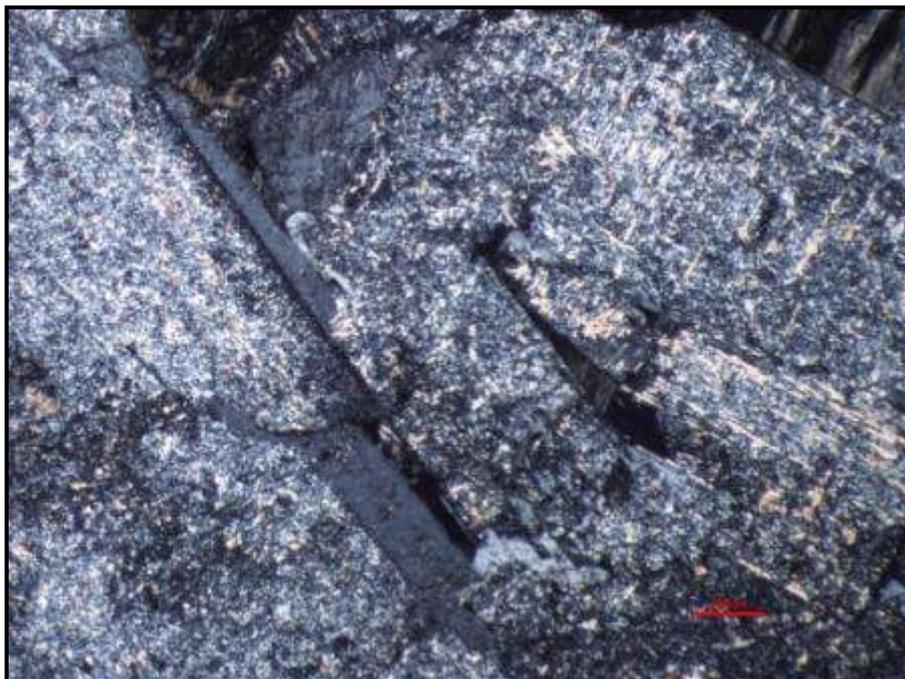


Figura 4. 21. Mesmo gabro da figura anterior. Fotografia tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .



Figura 4. 22. Fotografia da lâmina delgada do gabro. A figura mostra um mineral de Piroxena com uma clivagem muito forte, a fotografia foi tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .

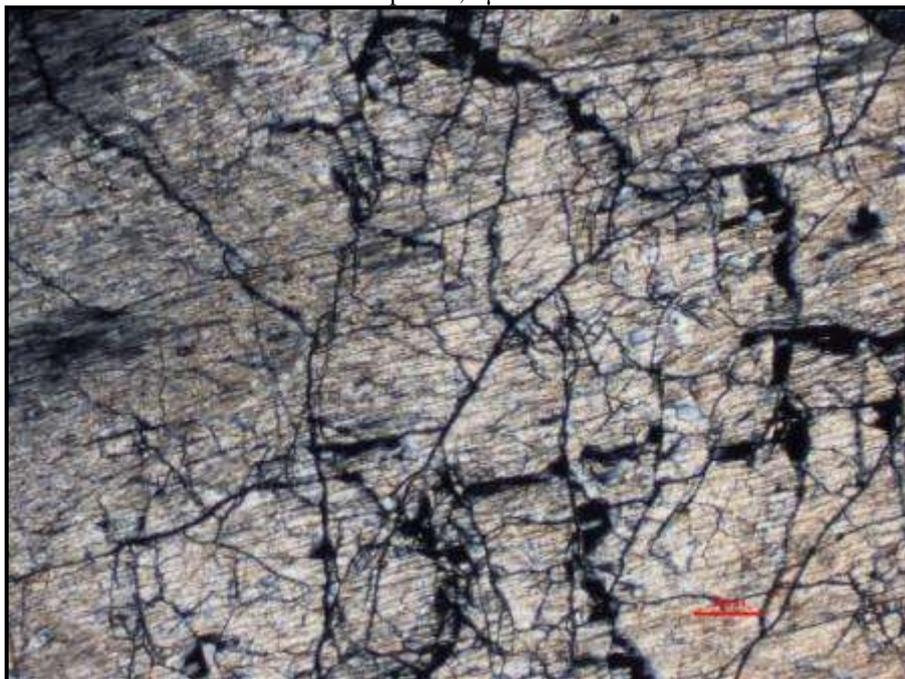


Figura 4. 23. Mesma imagem da figura anterior. Fotografia tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .

### 4.3.2.2. Lâmina delgada da formação de Maubisse

Tabela. 4.2. Lista da amostra da lâmina delgada da Formação de Maubisse

Referência da amostra	Coordenadas		Rocha	Formação	Minerais identificados		Observação
	X	Y					
H9	8° 33, 554'S	25° 57, 889'E	Calcário	Maubisse	Quartzo, Mica	Calcite,e	Composição da rocha é predominantemente calcite, entre os grãos também tem matriz argilosa.

As figuras desta lâmina delgada vão mostrando na figura seguinte:

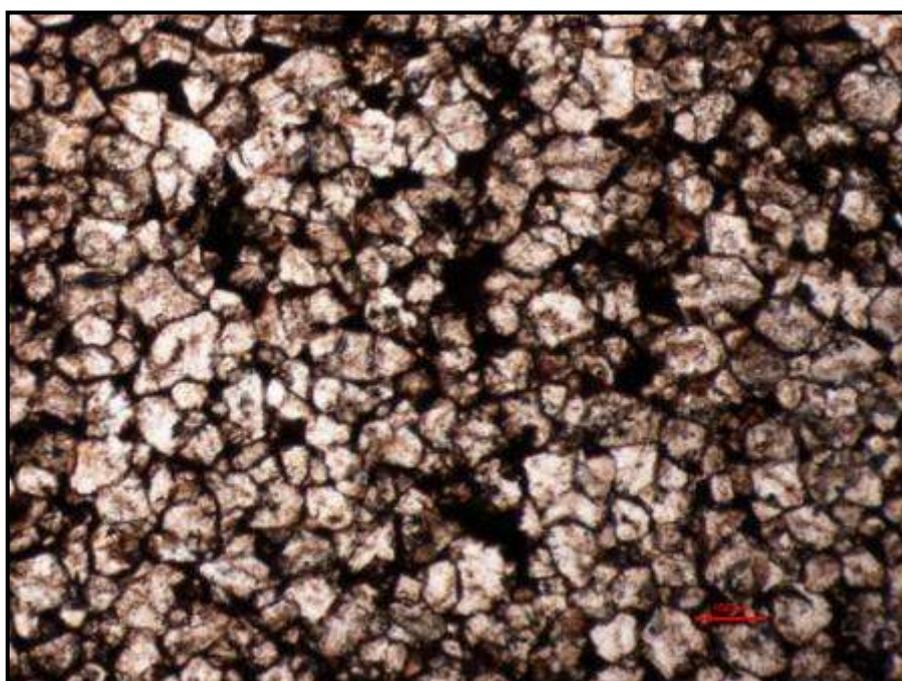


Figura 4. 24. Fotografia da lâmina delgada de calcário. A figura mostra grãos irregulares de calcite, a forma do grão é sub-euédrico, com matriz de argila entre os grãos. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm.



Figura 4. 25. Mesma imagem da figura anterior. A fotografia foi tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .

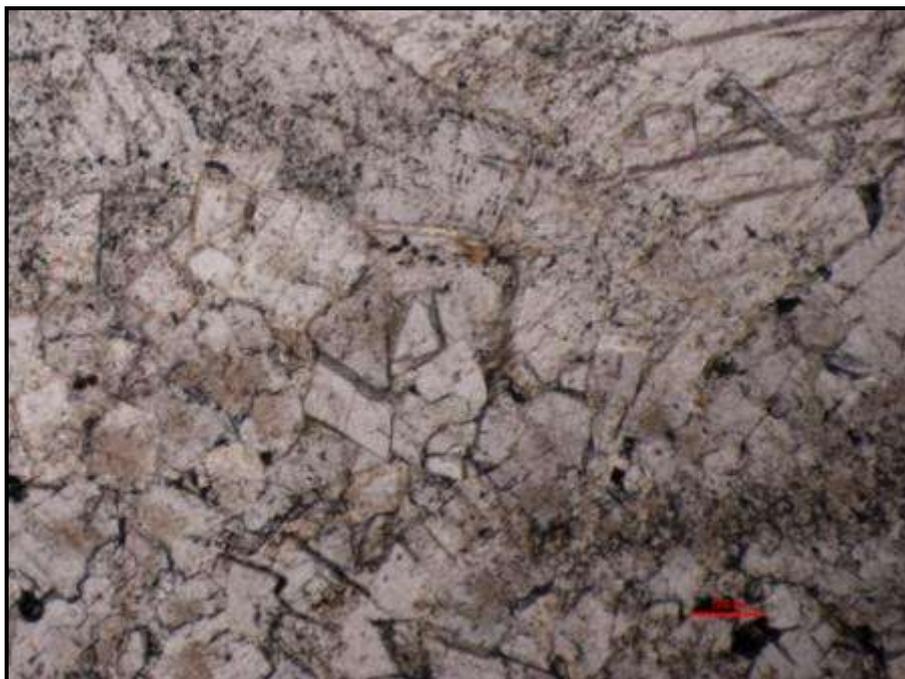


Figura 4. 26. Fotografia da lâmina delgada de calcário mostra o mineral de calcite. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .



Figura 4. 27. Mesma imagem da figura anterior. Fotografia tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu$ m.

#### 4.3.2.3. Lâmina delgada da formação de Wailuli

Tabela. 4. 3. Lista da amostra da lâmina delgada da Formação de Wailuli

Referência da amostra	Coordenadas		Rocha	Formação	Minerais identificados	Observação
	X	Y				
H7	8° 35, 214'S	25° 59, 561'E	Calcarenito	Wailuli	Calcite e Quartzo	Composição dos minerais deste calcarenito é predominantemente calcite e fósseis. Este calcarenito é considerado como um calcarenito bioclástico por apresentar fragmentos da concha

As figuras desta lâmina delgada vão mostrando na figura seguinte:



Figura 4. 28. Fotografia da lâmina delgada de um biocalcarenito. A figura mostra os minerais de um calcarenito bioclástico com fragmentos da concha. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .

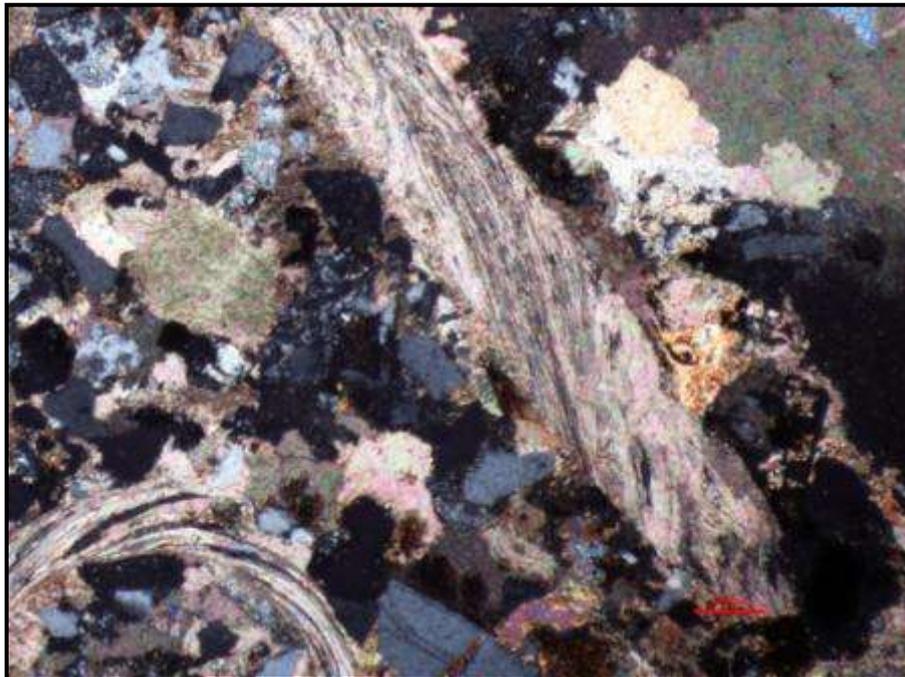


Figura 4. 29. Mesma imagem da figura anterior. A fotografia foi tirada com nicóis cruzados (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu\text{m}$ .

Tabela. 4.4. Lista da amostra da lâmina delgada da Formação de Wailuli

Referência da amostra	Coordenadas		Rocha	Formação	Minerais identificados	Observação
	X	Y				
H8	8° 35, 216'S	25° 59, 890'E	Calcarenito	Wailuli	Calcite e Quartzo	Este calcarenito é rico em fosseis com diferentes tipos de famílias portanto este calcarenito é considerado como calcarenito bioclástico. Composição mineral deste calcarenito é dominada por calcite

As figuras desta lâmina delgada vão mostrando na figura seguinte:



Figura 4. 30. Fotografia da lâmina delgada de calcarenito. A fotografia foi tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4 µm.



Figura 4. 32. Fotografia da lâmina delgada de calcarenito. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu$ m.

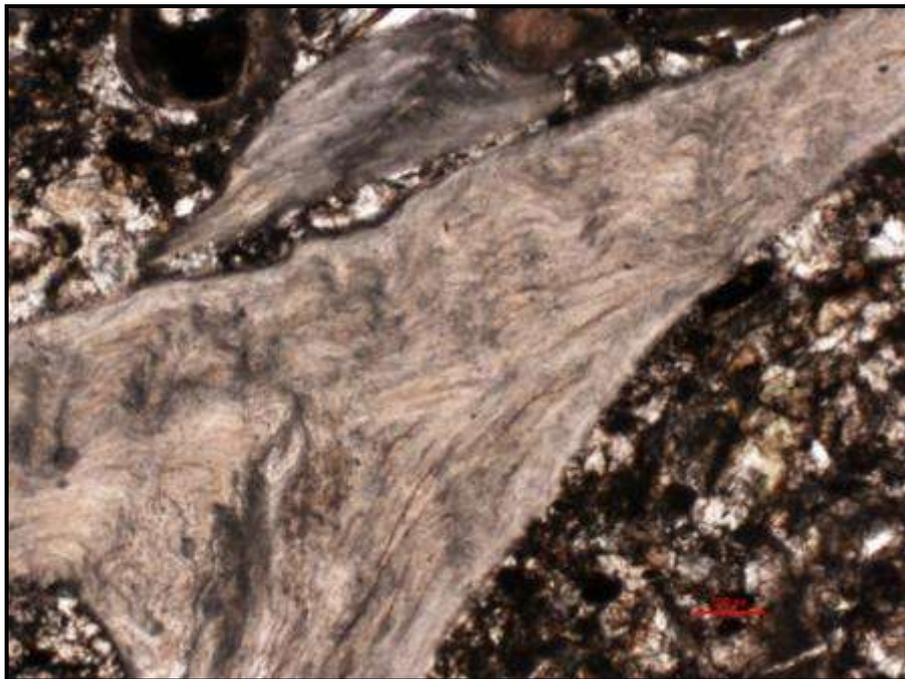


Figura 4. 34. Fotografia da lâmina delgada de calcarenito. Fotografia tirada com nicóis paralelos (utilizei LU Plan Fluor 5X/0.15), a escala da fotografia 1 px = 1,4  $\mu$ m.

## Capítulo 5 - Discussão e conclusões

As rochas que existem em Timor-Leste caracterizam-se por uma distribuição complexa das unidades das rochas devido à história tectónica complexa que inclui, subducção, colisão, levantamento da ilha e as zonas que ficaram bloqueadas, afectadas por grandes falhas durante Neogénico tardio até presente.

Estas três grandes unidades geológicas estão presentes na área estudada.

A Formação de Lolotoi, datada do Cretácico, constituída por uma série de rochas sedimentares e rochas eruptivas que sofreram metamorfismo regional grau medio até alto.

A Formação de Maubisse, datada do Pérmico, é composta por rochas carbonatadas marinhas e rochas vulcânicas. Nesta área de trabalho a Formação de Maubisse é constituída por calcários ricos em crinóides e oolitos.

A Formação de Wailuli, datada do Jurássico Médio, é constituída por arenitos, calcarenitos, e argilitos. Dentro desta formação também existem argilas com gesso e, mais raramente conglomerados.

Os depósitos pós-colisionais, recentes, datados do Quaternário estão representados por aluviões e terraços fluviais atribuídos à Formação de Ainaro. A sua espessura é por vezes considerável, podendo ultrapassar 20m.

Apesar de não ter sido possível observar directamente, em afloramento, os contactos entre estas várias unidades, em termos geométricos a Formação de Wailuli representa o parautóctone da região e sobre esta instalou-se, por carreamento, a Formação de Lolotoi. Com pequena expressão cartográfica, os calcários da Formação de Maubisse parecem corresponder a cliques de um outro manto de carreamento que se terá instalado superiormente, sobre as formações anteriores.

A Formação de Lolotoi é claramente a mais deformada e é a única que apresenta uma fase de deformação marcada pela presença de uma xistosidade. Apesar das poucas medições efectuadas nesta formação, a dispersão de atitudes parece apontar para que esta xistosidade esteja dobrada por uma fase

posterior. As dobras observadas na Formação de Wailuli apresentam orientações variáveis entre N-S e NE-SW, com eixos inclinados para N ou NE.

Todo o conjunto foi afectado por uma fase de deformação frágil predominando na região os desligamentos (esquerdos?) de direcção NE-SW.

Não foram observadas evidências directas de deformação nos depósitos quaternários mas os Terraços atribuídos à Formação de Ainaro, indicam um importante uplift da região no período recente.

## Bibliografia

- Audley-Charles, M.G., 1968. The Geology of Portuguese Timor. Memoirs of the geological society of London no. 4. Proc. Geol. Soc. Lond. No. 1634, pp, 133-6.
- Audley-Charles, M.G., Carter, D. J., 1972. Palaeogeographical significance of some aspects of Palaeogene and early Neogene stratigraphy and tectonics of the Timor Sea region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **11**, 247-264.
- Audley-Charles, M.G., Harris, R.A., 1990. Allocthonous terranes of the Southwest Pasific and Indonesia. Philosophical Transaction of the Royal Society of London A31, 571-578.
- Azeredo Leme, 1968. Esboço da Geologia de Timor. Breve Ensaio Sobre A Geologia da Província de Timor.
- Barber A.J., Audley-Charles, M.G., 1976. The significance of the metamorphic rocks of Timor in the development of the Banda Arc, eastern Indonesia. *Tectonophysics* 30, 119-128.
- Barber A.J., Audley-Charles, M.G., Carter, D.J., 1977. Thrust tectonics in Timor. *Journal of the Geological Society of Australia*, **24**, 51–62.
- Barber, A.J., 1981. Structural interpretations of the island of Timor, Eastern Indonesia. In: Barber, A.J., Wiryosujono (Eds.), *The Geology and Tectonics of Eastern Indonesia*. Geological Research and Development Centre, vol. 2, pp. 183– 198. Spec. Pub.
- Bemmelen, R. W. van. 1949. The geology of Indonesia. The Hague (Government Printing Office).
- Berry, R.F., Grady, A.E., 1981. Deformation and metamorphism of the Aileu Formation, north coast, East Timor and its tectonic significance. *Journal of Structural Geology*, **3**, 143–167.
- Berry, R.F., McDougall, I., 1986. Interpretation of Ar40/Ar39 and K/Ar dating evidence from the Aileu Formation, East Timor, Indonesia. *Chemical Geology*, **59**, 43–58.
- Bowin, C., Purdy, G.M., Johnston, C., Shor, G., Lawver, L., Hartono, H.M.S., Jezek, P., 1980. Arc-continent collision in Banda Sea region. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **64**, 868–915.

- Carl E. Standley, Ron Harris., 2009. Tectonic evolution of forearc nappes of the active Banda arc-continent collision: Origin, age, metamorphic history and structure of the Lolotoi Complex, East Timor. *Tectonophysics* 479 (2009) 66–94.
- Carter, D.J., Audley-Charles, M.G., Barber, A.J., 1976. Stratigraphical analysis of island arc-continent collision in eastern Indonesia. *Journal of the Geological Society of London*, **132**, 179–198.
- Chamalaun, F.H., Lockwood, K., White, A., 1976. The Bouguer gravity field and crustal structure of eastern Timor. *Tectonophysics*, **30**, 241–259.
- Chamalaun, F.H. 1977. Palaeomagnetic evidence for the relative positions of Timor and Australia in the Permian. *Earth and Planetary Science Letters*, **34**, 107-112.
- Chamalaun, F. H., Grady, A. E., 1978. The Tectonic Development of Timor: A New Model and its Implications for Petroleum Exploration. *APEA Journal*, 102-108.
- Charlton, T.R., Barber A.J., Barkham, S.T., 1991. The structural evolution of the Timor collision complex, eastern Indonesia. *Journal of Structural Geology*, **13**, 489–500.
- Charlton, T.R., 2000. Tertiary evolution of the Eastern Indonesian Collision Complex. *Journal of Asian Earth Science*, **18**, 603-631.
- Charlton T.R., 2002. The structural setting and tectonic significance of Lolotoi Laclubar and Aileu metamorphic massifs East Timor. *Journal of Asian Earth Sciences* 20 (2002) 851-865.
- Charlton T.R., Barber A.J., Harris R.A., Barkham S.T., Bird P.R., Archbold N.W., Morris N.J., Nicoll R.S., Owen H.g., Owens R.M., Sorauf J.e., Taylor P.D., Webster G.D., Whittaker J.E., 2002. The Permian of Timor Stratigraphy Paleontology and Paleogeography. *Journal of Asian Earth Sciences* 20 (2002) 719-774.
- Charlton T.R., Barber A.J., McGowan A.J., Nicoll R.S., Roniewicz E., Cook S.E., Barkham S.T., Bird P.r., 2002. The Triassic of Timor: Lithostratigraphy, chronostratigraphy and palaeogeography. *Journal of Asian Earth Sciences* 20 (2002) 341-363.
- Carl E. Standley, Harris R.A., 2009. Tectonic evolution of forearc nappes of the active Banda arc-continent collision: Origin, age, metamorphic history and structure of the Lolotoi Complex, East Timor. *Tectonophysics* 479 (2009) 66–94.

- Engdahl, E.R., van der Hilst, R., Buland, R., 1998. Global teleseismic earthquake relocation and improved travel times and procedures for depth determination. *Bulletin of the Seismological Society of America* 88, 722– 743.
- Fitch, T.J. and Hamilton, W. 1974. Reply to a discussion by M.G. Audley-Charles & J. Milsom. *Journal of Geophysical Research*, **79**, 4982-4985.
- Folk, R.L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: E.W. Ham (ed.), *Classification of carbonate rocks: A Symposium*. American Association of Petroleum Geologist Memoir 1, Tulsa, Oklahoma, pp. 62-84.
- Monteiro, F. 2003. Late Triassic Strata From East Timor Stratigraphy, Sedimentology, and hydrocarbon potencial.
- Gageonnet, R. & Lamoine, M. 1958. Contribution à la connaissance de la géologie de la province Portugaise de Timor. *Estudos Ensaios Docum. Jta Invest. Ultramar* 48, 1-138.
- Genrich, J., Bock, Y., McCaffrey, R., Calais, E., Stevens, C., et al., 1994. Kinematics of the eastern Indonesian island arc estimated by Global positioning system measurements. *EOS* 75, 116.
- Gleadow, A. J. W., Belton, D. X., Kohn, B.P., Brown, R. W., 2002. Fission Track Dating of Phosphate Minerals and the Thermochronology of Apatite. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, **48**, 579-630.
- Grady, A. E. 1975. A reinvestigation of thrusting in Portuguese Timor. *Journal of the Geological Society of Australia*, **22**, 223-228.
- Grady, A. E. & Berry, R. F., 1977. Some Palaeozoic-Mesozoic stratigraphic-structural relationships in East Timor and their significance in the tectonics of Timor. *Journal of the Geological Society of Australia*, **24**, 203-214.
- Grunau, H. R. 1953. Geologie von Portugiesisch Ost-Timor. Eine Kurze Übersicht. *Eclog, geol. Helv.* 46, 29-37. 1956. Zur Geologie von Portugiesisch Ost-Timor. *Mitt. Naturf. Ges. Bern* 13, 11-18.
- Hall, 2002. Cenozoic geological and plate tectonic evolution of Southeast Asia and the southwest Pacific: computer-based reconstructions, models and animations. *Journal of Asian Earth Sciences*, **20**, 353-431.

- Hamilton, W., 1979. Tectonics of the Indonesian region. *United States Geological Survey Professional Paper*, **1078**, 1–345.
- Hunter, D.C., 1993. A Stratigraphic and structural study of the Maubisse area, East Timor. Unpublished Master Thesis, West Virginia University, 107 p.
- Harris, R.A., 1991. Temporal distribution of strain in the active Banda orogen: a reconciliation of rival hypotheses. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* **6**, 373–386.
- Harris, R.A., Sawyer, R.K., Audley-Charles, M.G., 1998. Collisional melange development: Geologic associations of active melange-forming processes with exhumed melange facies in the western Banda orogen, Indonesia. *Tectonics*, **17**, 458–480.
- Harris, R.A., Kaiser, J., Hurford, A., Carter, A., 2000. Thermal history of Australian passive margin cover sequences accreted to Timor during Late Neogene arc-continent collision, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences* **18**, 47–69.
- Harris, R.A., 2006. Rise and fall of the Eastern Great Indonesian arc recorded by the assembly, dispersion and accretion of the Banda Terrane, Timor. *Gondwana Research* **10** (2006) 207-231.
- Harvey Blatt and Robert J. Tracy. 2000. Petrology (igneous, sedimentary, and metamorphic).
- Greensmith. J.T. 1989, Petrology of the sedimentary rocks.
- Karig, D.E., Barber, A.J., Charlton, T.R., Klemperer, S., Hussong, D.M., 1987. Nature and distribution of deformation across the Banda Arc–Australian collision zone at Timor. *Geological Society of America Bulletin*, **98**, 18–32.
- Kreemer, C., Holt, W.E., Goes, S., Govers, R., 2000. Active deformation in eastern Indonesia and the Philippines from GPS and seismicity data. *Journal of Geophysical Research* **105**, 663–680.
- Linthout, K., Helmers, H., Sopaheluwaken, J., 1997. Late Miocene obduction and microplate migration around the southern Banda Sea and the closure of the Indonesian Seaway. *Tectonophysics*, **281**, 17–30.
- McCaffrey, R., 1989. Seismological constraints and speculations on Banda Arc tectonics. *Netherlands Journal of Sea Research* **24**, 141–152.

- McCaffrey, R., 1996. Slip partitioning at convergent plate boundaries of SE Asia. In: Hall, R., Blundell, D.J. (Eds.), *Tectonic evolution of Southeast Asia*. Geological Society of London, Special Publication, vol. 106, pp. 3– 18.
- Milsom, J. 2001. Subduction in eastern Indonesia: how many slabs? *Tectonophysics*, **338**, 167-178.
- Price, N.J., Audley-Charles, M.G., 1983. Plate rupture by hydraulic fracture resulting in overthrusting. *Nature* 306, 572– 575.
- Richardson, A.N., Blundell, D.J. 1996. Continental collision in the Banda Arc. In: R. Hall and D.J. Blundell, (Eds.) *Tectonic Evolution of Southeast Asia* Geological Society of America Special Publication **106**, 47-60.
- Rosidi, H.M.D., Suwitodirjo, K., Tjokrosapoetro, s., 1981. Geologic map of Kupang-Atambua Quadrangles, Timor. 1:250,000. Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Tandon, K., Lorenzo, J.M., O'Brien, G.W., 2000. Effective elastic thickness of the northern Australian continental lithosphere subducting beneath the Banda orogen (Indonesia): inelastic failure at the start of continental subduction. *Tectonophysics* 329, 39– 60.
- Whittam, D.B., Norvick, M.S., McIntyre, C.L., 1996. Mesozoic and Cainozoic Tectonostratigraphy of Western ZOCA and adjacent areas. *APPEA Journal*, **36**, 209-223.