

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**OCORRÊNCIAS DE RUBI NA BAHIA E EM
MADAGASCAR: INÍCIO DE CARACTERIZAÇÃO
MINERALÓGICA, QUÍMICA E GEOLÓGICA.**

Fábio da Costa Bonfim

Orientador: Prof. Dr. Rainer Schultz Güttler

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/23)

TF
B713
FC.0

SÃO PAULO
2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900014504

**OCORRÊNCIAS DE RUBI NA BAHIA E EM
MADAGASCAR: INÍCIO DA CARACTERIZAÇÃO
MINERALÓGICA, QUÍMICA E GEOLÓGICA**

FÁBIO DA COSTA BONFIM



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rainer Aloys Schultz-Güttler

R. A. Schultz-Güttler

Prof. Dr. José Barbosa Madureira Filho

J. B. Madureira Filho

Prof. Dr. José Roberto Canuto

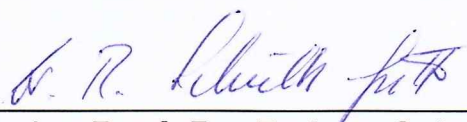
J. R. Canuto

São Paulo

2003

De acordo,


Aluno: Fábio da Costa Bonfim


Orientador: Prof. Dr. Rainer Schultz Güttler

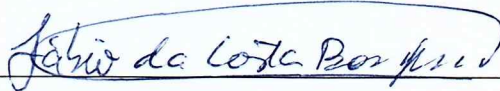
ERRATA

São Paulo, 26 de novembro de 2003.

À Comissão de Trabalho de Formatura/CTF-2003

Eu Fábio da Costa Bonfim , autor da monografia de trabalho de formatura TF-2003/23, venho por meio desta pedir a retificação, por motivos de equívocos de digitação, da nomenclatura da rocha hospedeira do coríndon na Bahia citada no item 8 de meu trabalho, na parte das Conclusões (página 36) clorita-turmalina-xisto, sendo o nome correto turmalina-clorita-coríndon-xisto (citado anteriormente no item 7 Resultados, sub-item 7.2.2 Descrição Microscópica, página 35).

Grato desde já,

A handwritten signature in blue ink, reading "Fábio da Costa Bonfim", is written over a horizontal line.

Fábio da Costa Bonfim
Nº USP: 2246526

AOS QUERIDOS, MARIA INES, NELSON, RENATO, JOÃO BOSCO, DEDICO ESTE
TRABALHO, COM MUITO AMOR.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, criador do rubi, das mulheres e das demais pedras preciosas e seus inúmeros enigmas. Quem sabe um dia Ele nos contará sua verdadeira história evolutiva;

Agradeço ao Prof. Dr. Rainer Schultz-Guttler pela orientação, apoio, paciência e os constantes ensinamentos prestados na realização deste trabalho. Sobretudo, pelo incentivo diário na busca das melhores soluções para o aprimoramento constante da pesquisa. Minha eterna gratidão;

Ao meu pai, meu irmão e minha mãe, pelo exemplo de perseverança, de força, pelo amor incondicional;

Ao meu grande parceiro, o violão. Amigo das horas alegres e tristes, de notas brincadas e estudos sérios de oito anos em conservatório. Valeu rapaz.

Aos funcionários do Instituto de Geociências da Usp: Zé Carlos (santista que reproduz a pulsação de um coração quando toca o seu surdo), Henrique, Paulinho, André, Marilda (valeu pela paciência), Ivoneide, Zefinha, pelo carinho e boa vontade;

Aos Coxas que dividiram comigo com ardor e alegria esta trajetória acadêmica : Rosa ("o poetinha") , Ceará, Delano (terceira divisão forever), Jonas, Babacu, Globeleza, Jacira, Dentão, Kiki, Jason, Zé da Roça, Lêndia, Zeca Hirata Urubu, Karla Perez, Ridículo, Crets, Severino, Cheng, Carra, Samar, 5 minutos, Shanty e Júnior, Crusti, Genérico, Vagina(nova geração), Lalas, Mexinha (Lulu Santos), Pagão, Mengálvio, Coutinho, Pelé e Pepe, aos "gringos" da Pós, Agostinho, Paul, César e Andréas; Kagohara, Barel-Pai, 2D, Chuck Nóia, Mamute, Branca de Neve, Mói, Mordi, Prepúcio, Guga, Sheila, 24, 101, Pavão.

Ao Santos Futebol Clube, time mais internacional do futebol brasileiro, pelas lágrimas que incrustara em minha face pelas derrotas e principalmente vitórias inesquecíveis nesses meus 26 anos de idade.

Àqueles que, mesmo indiretamente e sem se dar conta, minimizaram as adversidades encontradas no decorrer desta jornada.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

Resumo.....	8
Abstract.....	9
1.Introdução.....	10
2. Objetivos.....	10
3. Trabalhos Prévios(Fundamentação Bibliográfica).....	11
3.1 Rubi e safiras das Montanhas Urais, Rússia.....	11
3.2 Origem do coríndon basalto alcalino no Nordeste Australiano.....	12
3.3 O surgimento de rubis no Sudeste Keniano.....	13
3.4 Margarita-coríndon filitos da orogênese Apalachiana da Carolina do Sul.....	13
3.5 Investigações de safiras em basalto alcalino no Sudoeste de Ruanda.....	14
4. Rubi na Bahia.....	16
4.1 Geologia Regional.....	18
4.2 Complexos do Embasamento da Bacia de Jacobina.....	19
4.2.1 Complexo Mairi.....	19
4.2.2 Complexo Ipirá	20
4.2.3 Complexo Saúde.....	20
4.2.4 Complexo Itapicuru	20
4.3 Greenstone Belt de Mundo Novo.....	21
4.3.1 Domínio Máfico/Ultramáfico.....	21
4.3.2 Domínio Vulcânico Máfico.....	22
4.3.3 Domínio Vulcânico Félsico/ Sedimentar.....	22
4.3.4 Domínio Sedimentar.....	23
4.3.5 Domos Gnáissico-Migmatíticos de TTG'S do Complexo Mairi.....	23
4.3.6 Corpos Granitóides de Feições e Natureza Diversas.....	23
4.4 Grupo Jacobina.....	24
4.4.1 Unidade 1- Formação Serra do Córrego	24
4.4.2 Unidade 2- Formação Rio do Ouro.....	24

4.4.3 Unidade 3- Formação Cruz das Almas.....	25
4.4.4 Unidade 4- Formação Serra do Meio	25
4.4.5 Unidade 5- Formação Serra da Paciência.....	25
5. Coríndon em Madagascar.....	26
6. Desenvolvimento do Trabalho.....	31
7. Resultados.....	32
7.1 Difractometria.....	33
7.2 Amostras da Bahia.....	33
7.2.1 Descrição Macroscópica.....	33
7.2.2 Descrição Microscópica.....	34
7.3 Amostras de Madagascar.....	35
8. Conclusões.....	36
9. Referências Bibliográficas.....	38
10. Anexos.....	41

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURA

Tabela 1 - Resumo das inclusões minerais em coríndon de terrenos basálticos.....	15
Tabela 2 – Características da Geografia de Madagascar.....	26
Tabela 3 – Datações e paragêneses de rochas granulíticas de Madagascar.....	29
Tabela 4 – Cronograma de atividades durante o ano.....	31
Figura 1 - Gráfico mostrando a abundância relativa de 82 minerais primários identificados como inclusões em coríndon de terrenos basálticos.....	15
Figura 2 – Mapa de localização de Madagascar.....	27
Figura 3 – Mapa Geológico da África.....	30
Figura 4 - Cristal de Coríndon.....	34
Figura 5- Porfiroblasto de coríndon em gnaiss.....	35

ANEXOS

Anexo 1. Mina de Rubi, Novo Mundo

Anexo 2 .Cristais de rubi da Bahia em formas euhedricas

Anexo 3. Rubi Baiano com contraste de cores

Anexo 4. Dois rubis da Bahia em forma de barrilete

Anexo 5. Rocha com porfiroblastos de rubi

Anexo 6. Gráfico de difratometria da amostra 1

Anexo 7. Gráfico de difratometria da amostra 2

Anexo 8. Gráfico de difratometria da amostra 3

Anexo 9. Mapa geológico de Madagascar

Anexo 10. Dois rubis de Madagascar

Anexo 11. Rubi em forma de barril de Madagascar

Resumo

Este trabalho é uma contribuição para a literatura sobre rubis e suas características químicas, físicas e cristalográficas, tentando caracterizar rubis e suas particularidades em depósitos na Bahia (mais precisamente na região do Greenstone Belt de Mundo Novo) e em Madagascar, contrastando-lhes com a gênese geológica das áreas de ocorrências.

Na Bahia as amostras estudadas foram do Greenstone Belt de Mundo Novo, pertencentes a uma seqüência vulcanossedimentar predominantemente na fácies xisto verde. A rocha hospedeira do coríndon é um metapelito formado em baixo grau metamórfico, enquadrando-se no contexto regional do Greenstone Belt de Mundo Novo. A presença de coríndon na rocha está ligada a pulsos de fluidos mais ou menos carregados de cromo.

Em Madagascar, as amostras estudadas foram de Ejda-Fotadrevo, localizado ao sudoeste da ilha. Os depósitos primários de rubi estão associados com os complexos Básicos/Ultramáficos em terrenos de alto grau metamórfico da unidade Vohibory Pré-Cambriano. A rocha hospedeira do rubi em Madagascar é um gnaiss rico em biotita, na qual a ocorrência do coríndon está ligada a um ultrametamorfismo com temperaturas de 900° a 1000°C. Nessas elevadas temperaturas e alto grau metamórfico ocorre a quebra da biotita como reação metamórfica para a formação do coríndon. A presença do cromo pode ser proveniente de intercalações de rochas máficas com minerais opacos tipo cromita.

ABSTRACT

This work is a contribution to the literature about ruby and his quimical, fisical and cristallographical characteristics, trying to study ruby and ruby deposits from Bahia, especially from the Greenstone-Belt Mundo Novo, and from Madagascar. A short comparison between the different and contrasting forms of formation of both occurrences will be made.

The studied samples from Bahia have been found in the Greenstone Belt Novo Mundo, pertaining to a vulcano-sedimentary sequence of greenschist facies rocks. The hostrock of the ruby is very likely a pelitic precursor metamorphosed under low-grade conditions. The color of the ruby is tied to the more or less intense influx of chromium-bearing fluids.

The samples from Madagascar are from Ejda-Fotadrevo, in the south-east of the Island. The primary rubi deposits are connected to the basic-ultrabasic complexes in metamorphic high-grade terrains of the Vohibory Unit of precambrian age. The hostrock of ruby is very likely a biotite-rich rock and the formation of corundum is due to very high grade metamorphism with temperatures of about 900 to 1000 degrees. At such conditions, biotite without quartz breaks down to form anatectic melt and corundum.

Chromium, the coloring agent, may be derived from intercalated mafic-ultramafic rocks with opaque minerals like chromite.

1. Introdução

Dentre a gama de variedades de minerais denominadas gemas, o coríndon-rubi se destaca pelo seu elevado valor comercial e a sua grande procura.

O termo coríndon pode ser derivado de várias línguas tais como do “hindi kurand”, “tamil kurundam” ou sânscrito “kuruvinda”, “telegu kuruvindam”, citados por Hughes (1990). Já a palavra rubi origina-se do latim “rubeus” ou “rubinus”, em alusão à sua cor vermelha.

Várias lendas e crenças envolveram o coríndon na antiguidade, atribuindo-lhe o poder de proporcionar saúde, riqueza, bom senso e invulnerabilidade.

Até meados de 1800, o rubi e a safira não eram reconhecidos como variedades do mineral coríndon, sendo a denominação rubi também empregada para o espinélio vermelho e a granada. A partir de uma série de artigos publicados no “Philosophical Transactions of the Royal Society of London”, reconheceu-se o coríndon como uma espécie mineral distinta, englobando o rubi e as safiras de várias cores, como suas variedades mineralógicas

Produzido em várias jazidas do mundo, o coríndon é considerado o mineral gemológico mais importante após o diamante. Embora o Brasil seja uma das mais importantes províncias gemológicas do mundo, não foram descobertas ainda em seu território, jazidas de rubi e safira equivalentes às existentes em países como Mianma (Birmânia), Índia e Sri Lanka.

Na Bahia as amostras estudadas serão do Greenstone Belt de Mundo Novo, que se divide nos domínios Máfico/Ultramáfico, Vulcânico Máfico, Vulcânico Félsico e Sedimentar, componente do Cráton do São Francisco, atingindo cidades como Ibiquera, Iaçú, Itaberaba.

Em Madagascar, as amostras a serem estudadas serão de Ejda-Fotadrevo, no sudoeste de Madagascar. Os depósitos primários de rubi estão associados com os complexos Básicos/Ultramáficos em terrenos de alto grau metamórfico da unidade Vohibory Pré-cambriano.

A pesquisa científica fará uma caracterização dos coríndons-rubis dessas regiões citadas acima e estará limitada pelas amostras disponíveis na coleção particular do orientador.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é contribuir para a literatura sobre rubis e suas características químicas, físicas e cristalográficas, tentando caracterizar os rubis e suas particularidades em depósitos na Bahia (mais precisamente na região do Greenstone Belt de Mundo Novo) e em Madagascar, contrastando-lhes com a gênese geológica das áreas de ocorrências.

A análise química e mineralógica de amostras das áreas de ocorrências ajudam na compreensão das variações que possivelmente ocorram entre as amostras de áreas distintas, como a presença de diferentes minerais, que pode ser fundamental no caso de diferenciações de amostras.

Neste projeto iniciou-se uma comparação em especial de diversas ocorrências de coríndon-rubi. São investigadas, entre outros e mais detalhadamente, amostras de depósitos de rubis da Bahia e Madagascar, analisando os resultados desses lugares e se possível os correlacionando.

Outro objetivo do trabalho é disponibilizar uma boa documentação de rubis, que serão fotografadas e catalogadas, a fim de poderem ser consultadas para trabalhos futuros, gerando maior conhecimento de seus aspectos e particularidades visuais, pois se tratando de uma gema, o aspecto visual é de grande importância, principalmente ao que se relaciona ao seu elevado valor comercial.

3. Trabalhos Prévios (Levantamento Bibliográfico)

3.1 Rubi e safiras das Montanhas Urais, Rússia.

Rubis e safiras tem sido descobertos em diferentes tipos de mármore nas Montanhas Urais (Kissin, A. J., 1994). Os diferentes tipos de coríndons encontrados remetem a específicos tipos de mármore e especificamente em condições de pressão e temperatura da rocha hospedeira que o originou. Estudos geobarométricos revelaram que o dolomita calcita mármore formou-se em uma temperatura entre 620 a 660°C e a

pressão de 2,5 Kbar (Kissin and Talantsev, 1986). Estes valores, que provavelmente representam as altas pressões e temperaturas que atuaram na região, correspondem bem as condições metamórficas determinadas para o Complexo metamórfico de Kochkarskii segundo Boltyrov *et al.*(1973).

Estudos teóricos e experimentais da reação coríndon + dolomita $\rightleftharpoons$ espinélio + calcita + CO₂, revelam que na temperatura e pressão dada a reação concretiza-se em função de dois fatores.

- a) pressão de CO₂
- b) atividade magnesiana

Estes estudos mostram que com o aumento de temperatura a reação move-se para a direita (formando espinélio) e se a pressão sofrer aumento, a reação caminhará para a esquerda, formando o coríndon.

3.2 Origem do Coríndon em Basalto Alcalino, no Nordeste Australiano

Duas diferentes teorias para a origem magmática do coríndon em basaltos alcalinos, baseados primeiramente em estudos nos depósitos do nordeste Australiano, tem sido desenvolvido:

- (1) por Coenraads *et al.*(1992)
- (2) por Guo *et al.* (1992).

Ambas teorias reconhecem que seja improvável que o coríndon cristalizou a partir do basalto alcalino hospedeiro. Os autores sugerem diferentes caminhos para a cristalização do coríndon . Um postula do coríndon ter vindo de um outro magma, rico em Al₂O₃, distinto do basalto alcalino que transportou os cristais para a superfície segundo Coenraads *et al* (1992).

Guo *et al* (1992) desenvolve uma teoria mais complexa com um modelo envolvendo quatro magmas. Este modelo postula :

- (1) a subida , vinda do manto, de um magma máfico enriquecido de carbonato contendo elementos incompatíveis.

(2) a interação desse magma com um magma félsico alcalino (granítico) na crosta inferior.

(3) o resultado será um magma híbrido tendo características químicas favoráveis para a cristalização do coríndon (coríndon normativo).

(4) erupções recentes de basalto alcalino para transportar o coríndon já formado para a superfície.

3.3 O Surgimento de Rubis no Sudeste Keniano

Estes rubis Kenianos estão associados com pequenas intrusões ultramáficas, formados durante o Pré-Cambriano e de metamorfismo aloquímico mostrando condições de Fácies Granulito. Temperatura e pressão estimados pelo métodos termométricos de dois feldspatos coexistentes, indicam temperaturas de 630° e 670° C e pressões acima de 7 Kbars. A cor vermelha dos rubis, como bem o verde e os azuis em turmalinas e cianitas respectivamente, coexistentes com rubis, são todos próprios de importância da presença de Cr_2O_3 . Surgimento de bandas coloridas ou zoneamentos nos rubis refletem variações no aporte com teores de Cr_2O_3 e TiO_2 durante a formação.

A primeira descoberta de coríndon no Sudeste Keniano, em Kinyiki, já foi anunciado no Annual Report de 1936 do Geological Survey of Kenya. E foi em 1973 que os primeiros rubis foram achados no Sudeste Keniano, na área de Mangari por dois geólogos americanos, Jonh Saul e Elliot Miller.

Os depósitos de rubi de Mangari são resultado do contato de pequenas intrusões ultramáficas com metassedimentos do Grupo Kurase, com desilicificação destes. Gnaisses metassedimentares são as rochas dominantes com intercalações de mármore e grafita xistos.

3.4 Margarita-coríndon filitos da orogênese Apalachiana da Carolina do Sul

Os filitos do Cinturão de Charote da Carolina do Sul contem porfiroblastos de coríndon preto numa matriz de margarita e, em menor quantidade, de muscovita segundo Ranson (2000).

O margarita-coríndon filitos foram formados provavelmente durante o Ordoviciano, na Fácies Anfíbolito de metamorfismo de um protólito aluminioso com uma mineralogia provável de pirofilito, diásporo e calcita através de reações semelhantes a :



O protólito teve provavelmente uma alteração física hidrotermal no proterozóico inferior do Cambriano.

Baseando-se na análise química da rocha completa do margarita-coríndon filito, acredita-se que o protólito seja constituído de 7%mol de calcita, 23%mol de pirofilito e 70%mol de diásporo. Rochas semelhantes foram descritos por Juliani *et al* (1994) e colaboradores na serra de Itaberaba, no estado de São Paulo.

3.5 Investigações de Safiras em Basalto Alcalino, Sudoeste de Ruanda

As safiras do distrito de Cyanguru (SW Ruanda) originaram de um específico basalto alcalino, o qual foi resultado de erupções durante atividade vulcânica do Terciário ao longo do rift do leste africano. Posteriormente foram depositados inúmeros depósitos aluviais de safira.

As safiras normalmente apresentam um azul profundo e comumente mostram uma aparência sedosa e três diferentes tipos de inclusões sólidas, as quais são típicas de coríndon de províncias vulcânicas. Frequentemente mostram sinais de pronunciada corrosão, e um padrão de "agulha" que é interpretado como uma forma reliquiar dos cristais de plagioclásio.

O estudo das inclusões revela a presença de óxidos de Ti e Fe, silicatos, espinélio, zircão e um Th-REE fosfato de composição completa como inclusões sólidas. A presença de CO₂ em inclusões fluidas foi determinada por métodos microtermométricos.

Estudos de cristais na superfície pelo SEM mostram corrosão de caracterização abrasiva ocorrida durante o transporte das safiras na crosta profunda para a superfície. Isto pode ser atribuído as altas temperaturas do magma.

Uma abrasão secundária é do transporte durante a erosão e o intemperismo do basalto e subseqüentemente da formação dos depósitos aluviais de safiras, Krzemnicki *et al* (1996).

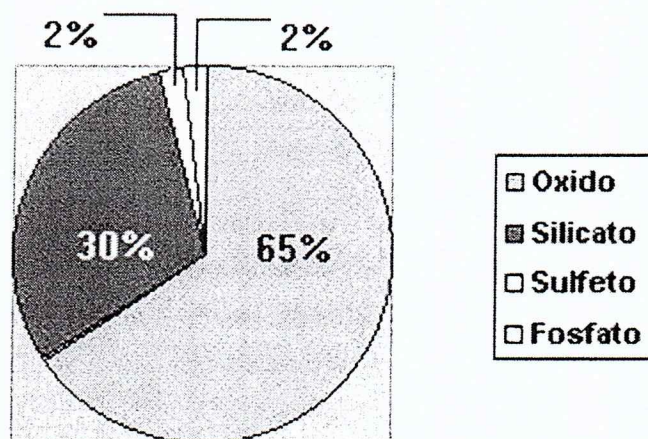


Figura 1 - Gráfico mostrando a abundância relativa de 82 minerais primários indentificados como inclusões em coríndon de terrenos basálticos.

Grupo	Espécies minerais	Comentário
Óxidos	Columbita, ilmenorutilo, pirocloro, fersmanita, uraninita,	Nb-Ta óxidos dominantes.
	Espinélio, Fé-Ti óxido, hematita, quartzo.	Fé-Ti óxidos e hematita como produtos de ex - soluções.
	Baddeleíta	Baddeleíta vindo da decomposição do zircão.
Silicatos	Zircão, albita, feldspato-k, muscovita(?), mullita, sillimanita.	
Sulfetos	Pirrotita	
Fosfatos	Brookita	

Tabela 1 - Resumo das inclusões minerais em coríndon de terrenos basálticos

4. Rubi na Bahia

As amostras obtidas são da Região de Mundo Novo, Bahia. A área em estudo situa-se na região centro-norte da Bahia, limitada pelas coordenadas 12,5° a latitude S e 40°- 41° longitude W.

Em uma extensa região entre as cidades de Rui Barbosa e Piritiba, ocorre uma seqüência de basaltos, andesitos, dacitos com textura variolítica, rochas piroclásticas, grauvacas gradadas, exalitos tais como sílexes e formações ferríferas bandadas do tipo Algoma, associadas a sedimentos de granulação fina, metamorizados na fácies xisto verde, seqüência esta que caracteriza o "Greenstone Belt" de Mundo Novo, talvez a mais completa estrutura deste tipo conhecida no Estado da Bahia. Esta estrutura aflora para norte até a cidade de Juazeiro, subjacente e bordejando o flanco leste da serra de Jacobina, Mascarenhas *et al* (1998).

Esta associação vulcanossedimentar compreende o chamado Grupo Jacobina Inferior, o Complexo Itapicuru (em parte), o Complexo Saúde, o Complexo Brejo dos Paulos e suas extensões setentrionais, caracterizados como o flanco oriental do sinclínrio do Curaçá.

As fatias tectônicas de rochas ultramáficas intercaladas nas formações Serra do Córrego, Rio do Ouro e Cruz das Almas, bem como a Unidade Serra da Paciência, todas do Grupo Jacobina, são interpretadas como parte do Grupo Ultramáfico do "Greenstone Belt".

As rochas anfíbolíticas apresentam variação de granulação, de fina a média e mais grossas, em níveis diferenciados. A rocha hornblendítica distingui-se dos anfíbolitos por não apresentar plagioclásio em sua constituição, sendo sua textura puramente metamórfica. Ela pode tratar-se de produto de segregação de minerais máficos associados ao processo de metamorfismo de metabasaltos (anfíbolitos).

As rochas ultramáficas são muito deformadas e recrystalizadas em grau metamórfico baixo a moderado para tremolitos e metaperidotitos, mas em parte, preservam as texturas ígneas originais. Na serra do Cantagalo, a seqüência ultramáfica, a partir do topo, consiste em tremolitaxistos finos, seguidos de tremolitos mais maciços e mais grossos, estes intercalados por níveis peridotíticos de características texturais similares.

As importantes mineralizações de ouro do Grupo Jacobina são consideradas como provenientes deste "Greenstone Belt".

Sugere-se que o "Greenstone Belt" de Mundo Novo depositou-se sobre um embasamento continental parcialmente metamorfozido na facies granulito e profundamente erodido. Rifting posterior levou à sedimentação do Grupo Jacobina. Processos erosivos pós-"Greenstone Belt" e eventos metamórficos e hidrotermais foram responsáveis pelas mineralizações de ouro conhecidas na região.

Movimentos iniciais norte-sul, seguidos da predominância dos movimentos de leste para oeste, foram responsáveis pela formação de domos, bacias, laços e bumerangues, além de dobras intrafoliares e estiramento mineral tipo Lx, direcionado principalmente leste-oeste. A deformação progressiva ocasionou o aparecimento de zonas de cisalhamento de direção geral meridiana e dobramentos normais abertos e localmente isoclinais. A esta segunda fase foi superimposta uma terceira que deformou compressivamente o Grupo Jacobina, desenvolvendo escamas tectônicas em escala regional, quando foram encaixadas tectonicamente, na base das escamas, as rochas ultramáficas komatíticas do Greenstone Belt, que progressivamente foram dobradas juntamente com os metassedimentos, produzindo as macrodobras da região da serra da Paciência, dos antiformes de Carnaíba, de Sapucaia e de Campestre, a oeste do povoado de Bananeira.

Os movimentos diferenciais ocorridos nesta fase certamente foram responsáveis pelo cavalgamento dos xistos ferruginosos e manganésíferos do Greenstone Belt sobre o Grupo Jacobina na região do sinforme de Sapucaia e em toda a borda oriental da serra. Nestes movimentos predominaram processos de transgressões sinistrais que movimentaram falhamentos preexistentes e desenvolveram novas zonas de cisalhamento, e falhamentos oblíquos que foram preenchidos por rochas gabróicas e fragmentaram o Grupo Jacobina em blocos, localmente com movimento *en échelon*.

Os dados geocronológicos atualmente conhecidos não são suficientes para concatenação da evolução geotônica por seus aspectos metamórficos, estruturais e de refusões crustais. Sabe-se, entretanto, que a idade máxima de sedimentação do Grupo Jacobina é semelhante à da Formação Areião do Greenstone Belt de Cotendas-Mirante, datados por zircões em torno de 2,15 Ga (Mouget *et al.*, 1995 em Mascarenhas *et al.*, 1998), e que o granito de Campo Formoso, com apófises nos quartzitos basais da Formação Rio do Ouro, tem idade de 1,9 Ga, e que granitos da mesma filiação magmática alcançam idade máxima de 1,88 Ga (Sabaté *et al.*, 1990 em Mascarenhas *et*

al. 1998). Pelos resultados preliminares, as ocorrências de coríndon e provavelmente de andaluzita cromífera restringir-se ao redor da cidade de Novo Mundo. Os depósitos são encontrados na direção SE-NW, aparentemente ao longo de zonas de cisalhamento acompanhado de hidrotermalismo.

4.1 Geologia Regional

Para o Arqueano mais antigo da região, considerou a existência de um cráton catarqueano a oeste do meridiano de 41° W. No período Pré-Guriense, formaram-se na região estudada os núcleos cratônicos arqueanos, denominados de protocrátons (Serrinha, Gavião-Riachão do Jacuípe-Ipecaetá); áreas gnáissico migmatíticas; e greenstone belts nas regiões de Serrinha e Jacobina. Já por ocasião do ciclo Guriense-Jequié ($\pm 2,7$ Ga) ter-se-ia formado o complexo granulítico de Jequié.

Entre 2,0 Ga e 2,7 Ga ocorreu a formação de rochas granulíticas, charnockíticas e migmatitos, havendo áreas onde as remobilizações geraram cinturões móveis. O ciclo Transamazônico teria regenerado e reativado setores e faixas do embasamento arqueano, porém a feição mais significativa foi a faixa dobrada Jacobina-Contendas, que continua para sul da primeira cidade, com direção meridiana.

No Paleoproterozóico, na região correspondente ao hemisfério sul atual podem ser constatadas várias províncias geotectônicas como a de Guiana, a do Tapajós, a do São Francisco, a da África do Oeste e a do Congo. No Mesoproterozóico depositou-se o Supergrupo Espinhaço e no Neoproterozóico o Supergrupo São Francisco que são considerados como coberturas de plataforma. Todo este conjunto de rochas do Arqueano ao Neoproterozóico, consolidado em época anterior ao ciclo Brasileiro recebeu de Almeida (1977), segundo o autor, a denominação de Cráton do São Francisco. Este conjunto acrescido das Faixas de Dobramento (Sergipana, Riacho do Pontal, Rio Preto, Brasília e Araçuai) formadas durante o ciclo Brasileiro constituem a Plataforma Brasileira.

No interior do Cráton do São Francisco, entre os blocos de Mairi e Serrinha, formou-se o cinturão orogênico Curaçá-Ipirá (Orógeno Curaçá-Ipirá) que deu origem a um complexo granulítico durante o Transamazônico.

A convergência tranzamazônica entre os blocos do Gavião e de Jequié deu origem a uma zona de transcorrências e de empurrões de orientação meridiana denominada de Lineamento Contendas-Jacobina com *trend* N-S, que deimita ao norte o cinturão Jacobina- Itapicuru e ao sul o Cinturão Contendas-Mirante.

Nas áreas adjacentes a estes movimentos de blocos formaram-se depressões onde se acumularam depósitos fluviodeltaicos. No supercontinente paleoproterozóico as bacias fluviodeltaicas desenvolveram-se em várias regiões. Exemplos deste tipo de bacia são : Tarkwa (Gana) Franceville (Gabão), Depressão Norte-Guianense (Guiana Francesa), Witwatersrand e Transvaal (África do sul) e Jacobina (Brasil).

A constituição destas bacias preenchidas com produtos de erosão demarca estágio específico na evolução orogênica, pois demarca estágio específico na evolução orogênica, pois os seus sedimentos acumulam-se nas depressões em frente as montanhas; o seu desenvolvimento reflete a erosão de áreas que sofreram prévio espessamento e sua deformação testemunha o estágio final da convergência entre blocos do Paleoproterozóico-Arqueano.

4.2 Complexos do Embasamento da Bacia de Jacobina

4.2.1 Complexo Mairi

O Complexo Mairi consiste em rochas tonalito-granodiorito-graníticas migmatizadas e gnaissificadas com remanescentes isolados de seqüências supracrustais, além de anfibolitos e corpos estreitos de rochas máfico-ultramáficas. Todo este conjunto está polideformado e reequilibrado na fácies anfibolito. Este conjunto litológico constitui o embasamento do Greenstone Belt de Mundo Novo e da sequência detrítica da serra de Jacobina.

Na parte oriental da serra de Jacobina, migmatitos e granitos forneceram idade Rb-Sr de 2,66 Ga, (com $R_o = 0,700$; Sato, 1986), enquanto que na região de Piritiba – Largo, uma isócrina Rb-Sr em afloramento de gnaisse migmatítico indica idade de geração em torno de 3,0 Ga.

Sobrejacentes ao Bloco Mairi ocorrem três conjuntos litológicos denominados de Complexo Saúde , Itapicuru e o Grupo Jacobina.

4.2.2 Complexo Ipirá

Este Complexo consiste em uma associação vulcanossedimentar constituída por gnaisses aluminosos, gnaisses bandados, gnaisses kinzigíticos, rochas calcilicáticas, gnaisses granadíferos, metacarbonatos, quartzitos, formações ferríferas, xistos aluminosos, xistos grafitosos, metabasitos e metaultrabasitos aflorantes nos domínios Capela do Alto Alegre- Riachão de Jacuípe (no Orógeno Curaçá-Ipirá) e Mairi.

4.2.3 Complexo Saúde

O Complexo Saúde representa uma associação vulcanossedimentar anteriormente designada como Pré-Jacobina, metamorfizada nas fácies anfibolito a xisto verde. Figueiredo (1981), em Mascarenhas *et al.* (1998) utilizou para o Pré-Jacobina a denominação de Cinturão Gnáissico de Senhor do Bonfim, admitindo que poderia representar as partes superiores do Grupo Jacobina submetidas a processos de gnaissificação e migmatização.

4.2.4 Complexo Itapicuru

Foi originalmente definido para englobar as formações Bananeiras e Cruz das Almas e Serra do Meio e Água Branca .

Posteriormente, o Complexo foi redefinido com a inclusão das unidades Itapira e Mundo Novo.

A **Unidade Itapura** foi definida como estritamente sedimentar, o que a distingue da Unidade Mundo Novo, descrita a seguir, sendo composta de quartzo-micaxistos, quartzitos, metaconglomerados subordinados, além de filitos manganesíferos e metabasitos intrusivos. Nas imediações de Itapura a unidade é hospedeira de barita e manganês.

A **Unidade Mundo Novo** designa uma seqüência vulcanossedimentar eoproterozóica constituída por rochas vulcânicas intermediárias predominantes, com intercalações de sedimentos psamíticas, pelíticos e químico-exalativos, tendo suas melhores exposições na região da cidade homônima, ao longo das rodovias que ligam a sede municipal de Mundo Novo às cidades de Morro do Chapéu e Piritiba.

4.3 Greenstone Belt de Mundo Novo

4.3.1 Domínio Máfico/Ultramáfico

Este domínio é representado pelas rochas ultramáficas do Complexo da Saúde e rochas ultramáficas do Grupo Jacobina, além do sill máfico-ultramáfico de Campo Formoso e Socotó encaixado no Complexo Mairi.

A nordeste de Mundo Novo metabasitos configuram uma faixa em forma aproximada de anzol com concavidade para sul. Nesta faixa predominam amplamente os termos anfibolíticos cuja paragênese mineral (plagioclásio, hornblenda, quartzo, titanita, epídoto) indica atuação de metamorfismo regional na fácies anfibolito sobre protólitos ortoderivados.

As rochas anfibolíticas apresentam variação de granulação, de fina a média e mais grossas, em níveis diferenciados. A rocha hornblendítica distingui-se dos anfibolitos por não apresentar plagioclásio em sua constituição, sendo sua textura puramente metamórfica. Ela pode tratar-se de produto de segregação de minerais máficos associados ao processo de metamorfismo de metabasaltos (anfibolitos). Já as rochas ultramáficas são muito deformadas e recristalizadas em grau metamórfico baixo a moderado para tremolitos e metaperidotitos, mas em parte, preservam as texturas ígneas originais . Na serra do Cantagalo, a seqüência ultramáfica, a partir do topo, consiste em tremolitaxistos finos, seguidos de tremolitos mais maciços e mais grossos, estes intercalados por níveis peridotíticos de características texturais similares. Os tremolitos são constituídos por um agregado homogêneo de cristais de um a dois milímetros de tremolita, orientados, parcialmente talcificados e cloritizados, impregnados de carbonato.

Os peridotitos da base mostram na sua mineralogia, além de tremolita com as mesmas características das descritas acima, olivina bem desenvolvida, de até um centímetro de diâmetro, que forma um mosaico com anfibólio.

O sill é descrito como uma grande intrusão diferenciada, com cerca de quarenta quilômetros de espessura.

Sobre um anfibólito basal de cerca de meio metro de espessura, seguem serpentinitos, outros metaultrabasitas e metapiroxenitos.

4.3.2 Domínio Vulcânico Máfico

A ele associam-se metabasaltos com pillow lavas em Pindobaçu ; na fazenda Sonhém, a norte de Rui Barbosa , e no corte da estrada Mundo-Novo- Morro do Chapéu, além de basaltos desprovidos dessas estruturas em Palmeirinhas e a sul do corte da estrada Baixa Grande- Mundo Novo, a cerca de um quilômetro desta última cidade. Os metabasaltos apresentam textura geralmente amigdaloidal, localmente tipo quenched, hiperstênio e quartzo normativos, o que é compatível com a química dos toleitos.

4.3.3 Domínio Vulcânico Félsico/ Sedimentar

Corresponde basicamente à Unidade Mundo Novo . As metavulcânicas félsicas mostram textura porfírica e, localmente, amigdaloidal, sendo de natureza calcialcalina.

4.3.4 Domínio Sedimentar

É caracterizado pelas litologias componentes da Unidade Itapura e do Complexo Saúde. Os dados geoquímicos dos paragneisses do Complexo Saúde apresentam uma razão $Al_2O_3 / (K_2O + Na_2O + CaO) > 1$, portanto coerente com as rochas similares.

4.3.5 Domos Gnáissico-Migmatíticos de TTG'S do Complexo Mairi

Estas estruturas dômicas de TTG's bimoidais, tonalítico-trondhjemítico-granodioríticos e diorítico-gabróicos, ocorrem em toda a extensão da área, condicionando a seqüência vulcanossedimentar do greenstone belt. Elas são mais expressivas na faixa oriental do greenstone, na região da Saúde, entre Várzea Grande e a estrada Capim Grosso-Jacobina, onde são injetadas pelo granito de Cachoeira Grande, e a leste de Mundo Novo, além de Rui Barbosa onde contêm porções não completamente assimiladas de charnoenderbritos.

4.3.6 Corpos Granitóides de Feições e Natureza Diversas

Os corpos graníticos e/ou granitóides formam, junto a outros corpos mais a sul, um alinhamento que foi definido pelos mesmos autores como o Cinturão Jacobina-Contendas-Mirante, marcando uma linha de limite entre os blocos do Gavião e de Jequié. Do ponto de vista geoquímico estes granitos/granitóides foram enquadrados como de natureza peraluminosa, tendo sido identificadas duas séries distintas, com base no comportamento de elemento-traço e de terras raras: uma relacionada aos granitos a duas micas e outra relacionada a muscovitagrânitos, sugerindo uma fonte magmática heterogênea para a formação destas rochas.

4.4 Grupo Jacobina

A subdivisão estratigráfica do Grupo Jacobina tem sido objeto de inúmeras controvérsias. Uma das mais difíceis questões refere-se à nomenclatura usada por diversos autores para definir as formações do Grupo Jacobina, especialmente a Formação Cruz das Almas.

Em uma revisão da estratigrafia do Grupo Jacobina, Mascarenhas em Mascarenhas *et al.* (1998) considerou o estudo das associações de fácies sedimentares, seu inter-relacionamento e a interpretação das seqüências sedimentares à luz dos conceitos de ambientes deposicionais e da estratigrafia genética, permitindo a divisão, da base para o topo, das cinco seguintes unidades estratigráficas.

4.4.1 Unidade 1- Formação Serra do Córrego

É representada por uma seqüência de quartzitos e conglomerados, esses últimos portadores de mineralizações auríferas, segregadas em dois membros com horizontes conglomeráticos, cujas espessuras variam de poucos centímetros a dezoito metros, alcançando extensões quilométricas.

Essa formação alcança espessuras da ordem de mil metros e pode ser definida em dois ciclos fining upward de conglomerados e arenitos, esses últimos com estratificações cruzadas acanaladas, indicando paleocorrentes para oeste.

4.4.2 Unidade 2- Formação Rio do Ouro

A formação é constituída de arenitos finos a médios, brancos e esverdeados, quartzitos, e na sua parte basal, de níveis delgados e descontínuos de conglomerado. A largura aflorante alcança até 2,5 quilômetros no rio Itapicuru a sul de Pindoaçu e a sua espessura, até dois mil metros.

4.4.3 Unidade 3- Formação Cruz das Almas

É representada por uma associação de cloritaxistos, quartzo-sericitaxistos, filonitos, filitos e metarenitos, ritmicamente interacamados, mostrando maior desenvolvimento na região a noroeste de Pindoaçu, onde alcança largura aflorante de treze quilômetros.

4.4.4 Unidade 4- Formação Serra do Meio

É constituída de uma seqüência de quartzitos e metarenitos brancos e puros, com alternâncias, subordinadas, de níveis de andaluzita-xistos, com espessuras variáveis de alguns metros a algumas dezenas de metros.

Os quartzitos exibem normalmente estratificação plano-paralela, porém é comum a presença de estratificações cruzadas de pequeno e médio portes do tipo “espinha de peixe” e, no seu domínio de topo, estratificações cruzadas por ondas de grande porte do tipo hummocky.

4.4.5 Unidade 5- Formação Serra da Paciência

Essa formação, sobreposta à Formação Serra do Meio, marca o topo do Grupo Jacobina e está restrita à região de Pindoaçu, na parte centro-norte da serra de Jacobina, constituindo um grande corpo de metarenitos e quartzitos com quatorze quilômetros de comprimento e seis quilômetros de largura máxima, mostrando mergulhos fracos, que refletem sua estruturação em dobra normal aberta.

Os depósitos sedimentares paleoproterozóicos da Bahia Jacobina ocuparam, originalmente, uma ampla área, porém, ainda nesta era, foram submetidos, juntamente com os terrenos vulcanossedimentares arqueanos do seu embasamento, a um evento tectônico transgressivo.

5. Coríndon em Madagascar

Madagascar, conhecida como “a grande ilha vermelha”, tem como nome oficial República do Madagascar.

É a quarta maior ilha do mundo. A língua mais falada é o malaganês, sendo seguida pelo francês. Sua capital é Tananarive.

Localização	Sudeste da África
Características	Litoral estreito e retilíneo, com baía, penínsulas e ilhas (NO) e com recife de coral (O e SO), planícies costeiras com lagunas, planalto (centro) declinando na direção L-O.
Clima	Tropical (maior parte) e árido tropical (extremo sul).
Área	587.041 km ²
População	16,3 milhões (1998)
Composição Étnica	Grupos étnicos autóctones 98% (principais: merinas 15%, betsimisaracas 9%, betsileo 7%, tsimihetes 4%, antaisacas 4%), comorenses, indianos, paquistaneses, franceses e outros 2% (1996).
Cidades Principais	Antananarivo (1.052.835), Toamasina (127.441), Antsirabé (120.239), Mahajanga (100.807), Fianarantsoa (99.005) (1993)
Patrimônios da Humanidade	Reserva Natural Tsingy de Bemaraha

Tabela 2 – Características da Geografia de Madagascar

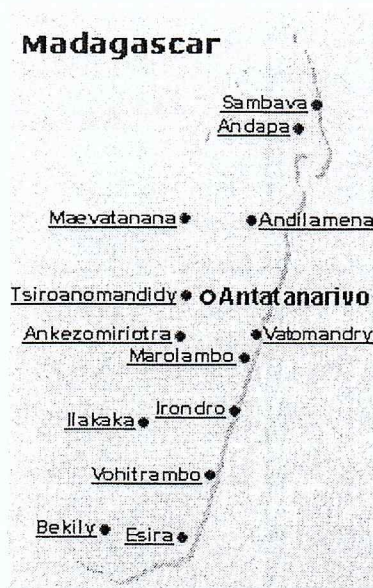


Figura 2 – Mapa das cidades importantes de Madagascar

Já em 1658, o governador de Fort Dauphin fez menção sobre a ocorrência de safiras no sul de Madagascar.

Em 1808, Barthilemy Hugon escreveu que no Vale de Ambolo se encontrava uma bela e rara pedra que lapidários não estavam sendo capazes para classificá-las. Só sabiam primeiramente que não se tratava de diamante. No início dos anos noventa, em uma época de grande seca no sul, amostras de safiras foram encontradas, muitos séculos após sua descoberta.

O coríndon é composto por puro alumínio; sua coloração é devido aos óxidos metálicos traços ou por inclusão. A cor da safira deve-se ao ferro e ao óxido de Titânio que dão um melhor efeito sob a luz do sol. Já a cor do rubi é devido ao óxido de cromo, ao contrário da safira, mostra sua melhor luminosidade vermelha sob a luz elétrica.

O setor de pedras preciosas de Madagascar tem tido um grande aumento e receptividade por parte de outros países devido a qualidade das gemas, principalmente de esmeraldas e safiras.

A descrição geológica de procura por depósitos de esmeraldas e safiras no sul de Madagascar é reportado ao Bureau de Recherches Géologiques et Minières de France (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 1996). Ambas gemas são encontradas em xistos cristalinos dobrados.

Segundo Nicollet (1997), os depósitos de safira de Analalava, Andranondambo, Ankazoabo e Anterimena, no sul, são associados com cordierita-biotita gnaisses na fácies granulito, em mármore e rochas ricas em piroxênio do sistema Androyan do arqueano.

As amostras a serem estudadas são provenientes de Eida-Fotadrevo, no sudoeste de Madagascar. Os depósitos primários de rubis estão associados com o complexo básico/ultramáfico com terrenos de alto grau metamórfico da unidade de Vohibory, do Pré-Cambriano.

Antes do fim do Paleozóico, Madagascar estava unido ao Kênia e Tanzânia e estava localizado ao leste do Cinturão de Moçambique, justaposto contra o Cráton da Índia. A crosta do Arqueano foi reativada durante o Proterozóico (2,6 Ga, 1,1 Ga?, 850-550 Ma).

Os eventos metamórficos foram em geral de alto grau e formaram extensos terrenos granulíticos. Ao norte da ilha, granulitos associados com cinturões de rochas básicas e ultrabásicas indicaram condições de alto grau: $T=1000^{\circ}\text{C}$ e $P=6\text{Kb}$. Rochas aluminosas contêm quartzo, ortopiroxênio, silimanita, ilmenita, espinélio, feldspato e provavelmente safirina. O ortopiroxênio primário contém granada lamelar e é rico em alumínio (7-10 wt % Al_2O_3). No limite da retrogressão isobárica e da hidratação são produzidos ortoanfibólio-cordierita-gnaisses. No sul de Madagascar o grau metamórfico aumenta de xisto verde para a facie granulito, indo-se do oeste para leste.

O complexo intrusivo gabro-anortosito de caráter anorogênico com alocação sin-metamórfica é relatado de ter produzido um aumento de gradiente geotermal de oeste (alta P , fácies granulito) para leste (P intermediária, fácies granulito), sendo que o esfriamento isobárico está acompanhado da descompressão (P - T trajetória côncava em direção à T). Gnaisses com ortopiroxênio aluminosos, cordierita, espinélio coexistente com quartzo são comuns no sudeste de Madagascar e sugerem altas temperaturas.

Um evento anatético de larga escala acabou produzindo cordierita-silimanita-biotita gnaisses e rochas residuais ricas em biotitas, as quais contêm safirina, kornepina e grandierita. É proposto que o evento magmático, o metamorfismo de altíssima temperatura e a trajetória das condições de temperatura e pressão no sentido côncavo contra o eixo de temperatura e a variação do gradiente geotermal eram as consequências do achatamento da litosfera continental, devido a extensão tectônica acompanhado posteriormente de movimento compressivo. No embasamento granulítico do sul de Madagascar, três grandes áreas podem ser distinguidas, do leste para o oeste: os blocos

Androyan, Bekily e Vohirory, separados pela zonas transcorrentes de cisalhamento: a Bongolava-Ranotsara-, a Beraketa- e Ampanihi- zona de cisalhamento.

Esta geometria é interpretada como o resultado da extrusão crustal em direção a S-SE do sul da ilha durante a colisão Moçambicana . A tabela a seguir refere-se as rochas granulíticas datadas de dentro e de fora das zonas de cisalhamento. As rochas de 1 a 5 pertencem ao Androyan, a rocha 6 ao Bekily, e a rocha 7 ao Vohibory.

Número	Rocha	Ass. Mineralógica	Idade (ma)*
1	Charnoquito	Q – Fk PI – Opx – Biot – Gt	558+/-12 ; 646+ / -19
2	Charnoquito	Q – Fk – PI – Opx – Biot – Gt	536+/-7
3	Charnoquito	Q – Fk – PI – Opx – Biot – Gt	523+ / -8
4	Leitos de Monazito	--	550+ / -20
5	Paragneisse	Biot – Cord – Sapph – Kornerupino	567+/-18 ; 1003+/-53
6	Paragneisse	Biot – Gt – Cord	529+/-21
7	Paragneisse	Q – Fk – PI – Biot – Gt – Cord – Sill	529+ / -23

. Idade em milhões de anos

Tabela 3 – Datações e paragêneses de rochas granulíticas de Madagascar. As rochas de 1 a 5 são representantes da unidade de Androyan ; a rocha 6 de Bekily, e a rocha 7 de Vohibory.

6. Desenvolvimento do Trabalho

O começo do trabalho foi iniciado com a escolha das amostras a serem estudadas e com a coleta de dados de literatura das áreas de ocorrências, gerando assim uma base para o trabalho de detalhamento das investigações.

A partir daí realizou-se a descrição microscópica dessas amostras, sendo possível um maior detalhamento dos ambientes específicos de formação de cada área de ocorrência estudada.

A etapa seguinte foi a de seleção e documentação fotográficas de algumas amostras, cujos critérios de seleção só foram definidos após a primeira análise microscópica.

A última atividade foi a de difratometria das amostras da Bahia realizada no próprio Instituto de Geociências da USP, no laboratório de raio x.

MÊS	ATIVIDADE
Março	Preparação das amostras
Abril	Fundamentação Bibliográfica
Maio	Idem
Junho	Investigação microscópica
Julho	Relatório Parcial
Agosto	Difratometria e Documentação Fotográfica
Setembro	Interpretação dos dados
Outubro	Confecção do texto
Novembro	Entrega do Relatório Final

Tabela 4 – Cronograma de atividades durante o ano

7. Resultados

Nas amostras da Bahia, mas precisamente da região de Novo Mundo, foi realizada uma seleção para se escolher as amostras com um maior conteúdo, visualmente falando, de rubi. Após uma limpeza simples dessas amostras, observou-se tipos diferentes de cristalização e intercrescimentos. Em algumas amostras havia um coríndon apresentando um vermelho mais escuro, semelhante a cor de vinho tinto, que ocupava praticamente o centro do corpo das amostras. Nas bordas, o coríndon se apresentava mais claro, um vermelho que se aproximava mais de um rosa. A interpretação para isso é a de haver nestas amostras coríndons com estágios etários diferentes, sendo o mais escuro e central mais velho e o mais claro e periférico posterior.

Em outras amostras podemos observar estes cristais de coríndons recristalizados mais rosados ao longo de fraturas das amostras. Isso nos evidencia um processo hidrotermal sendo o responsável pela recristalização de coríndons nestas amostras da Bahia.

Em algumas amostras que continham além de coríndon uma mica de cor esverdeada, foi realizada uma separação por moagem dos grãos em um pilão metálico e coletado em pequenos vidros de material micáceo e de coríndons puros.

O propósito para este procedimento é o de aplicar a este material uma análise de difratometria para saber realmente a estrutura dos minerais em questão. As análises por raio x serão descritas mais detalhadamente no decorrer deste projeto.

Os grãos de coríndon finamente moídos foram colocados em uma lâmina para o raio x e a amostra foi denominada como amostra 1. O mesmo foi realizado para os grãos do mineral micáceo esverdeado (amostra 2) e para um material esbranquiçado, com aspecto caulinizado, chamado de amostra 3.

As amostras em pó são irradiados por um feixe de raios-X de alta intensidade. Variando-se o ângulo de incidência dos raios-X através da rotação da amostra a uma velocidade pré-determinada, obtém-se a partir da reflexão do raio o registro dos planos cristalográficos da amostra. A partir deste registro, uma análise comparativa fornece as fases mineral presentes no material. Com recursos adicionais consegue-se determinações quantitativas destas fases.

7.1- Difractometria

Na amostra 1, a análise do raio x revela que o material é realmente coríndon puro, com fórmula química igual a Al_2O_3 (**Anexo 6.**).

Para a amostra 2, a difractometria indica que o mineral micáceo é provavelmente uma mica com níquel, magnésio, silício e alumínio, classificada como nimita. Não é improvável que haja nesta amostra fuchcita, uma mica cromífera, devido a sua coloração esverdeada. Há também a presença de muscovita rica em bário (**Anexo 7.**).

A amostra 3 possui resultados parecidos aos da amostra 2, com presença de nimita, illita e um feldspato classificado como albita (**Anexo 8.**).

Podemos inferir que a amostra 3 seja derivada da amostra 2 devido a alteração, por provavelmente, processos hidrotermais da amostra 2.

7.2 Amostras da Bahia

7.2.1 Descrição Macroscópica

Esta amostra da Bahia, da região de Novo Mundo, possui uma estrutura granular com textura granoblástica, granulação média com porfiroblastos de coríndon (mineral vermelho, de hábito hexagonal, com tamanho de 0,8 a 1,5 cm) e um mineral com hábito acicular, de tamanho aproximadamente de 0,1 cm. Os grãos de rubi apresentam-se equigranulares.

7.2.2 Descrição Microscópica

No microscópio percebe-se que a amostra é levemente bandada com intercalações de leitos ricos em um mineral prismático amarelado junto com cristais em forma de “barrilete”, rubi provavelmente.

Outros leitos são enriquecidos com um mineral micáceo e clorita. Como porfiroblastos foram encontrados coríndon e plagioclásio, na variedade albita. Suas características microscópicas analisadas foram birrefringência baixa (0,045 a 0,011), extinção oblíqua, com ângulo variando de 12° a 19°. Na direção da clivagem paralela a {001} a extinção varia de 3° a 5° , e na paralela a {010} varia de 15° a 20°. Relevo baixo negativo e sinal óptico biaxial positivo. Este mineral cristalizou-se posteriormente em relação aos outros minerais evidenciado pelas inclusões de coríndon e do mineral amarelado de hábito acicular. Este mineral é bem provável que seja turmalina pelas características ópticas, como o caráter e sinal óptico uniaxial negativo, relevo alto positivo, birrefringência de moderada a alta (0,020 a 0,040), extinção paralela e sinal de elongação negativo.

O coríndon possui relevo alto positivo, birrefringência fraca (0,008 a 0,009), sinal óptico uniaxial negativo. A extinção é paralela ou simétrica, com sinal de elongação de cristais tabulares positivos, onde o raio lento é perpendicular ao eixo C cristalográfico e cristais prismáticos são negativos, raio rápido paralelo ao eixo C cristalográfico.

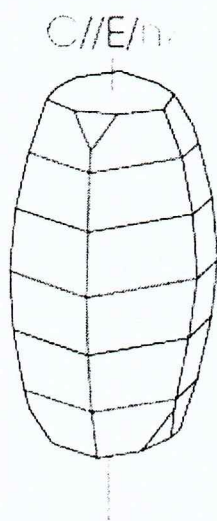


Figura 4 – Modelo de Cristal de Coríndon



Figura 5- Porfiroblasto de coríndon em gnaiss : evidenciado pelo alto relevo e a forma euhedral. Nota-se as partições no cristal.

De um modo geral a lâmina apresenta uma rocha de granulação média, com textura lepidogranoblástica com clorita, nimita e com porfiroblastos de coríndon e turmalina. O conjunto dos minerais parece indicar um baixo grau metamórfico, pertencendo a zona da clorita.

A determinação de seu protólito é difícil, pois trata se de uma rocha que está situada em uma zona de cisalhamento, com percolação de fluidos e auréolas de modificações.

Pode-se classificá-la como um turmalina-clorita-coríndon-xisto.

O crescimento dos porfiroblastos de plagioclásio pode ser explicado por processos hidrotermais, os quais são iniciados por fluidos provavelmente ricos em sódio reagindo com o alumínio do coríndon, dando a impressão que a albita "engole" o coríndon. Os cristais de turmalina e de coríndon são perpendiculares a foliação antiga.

7.3 Amostras de Madagascar

As amostras de Madagascar apresentam uma coloração do rubi mais intensa e avermelhada do que as amostras da Bahia, isto deve-se há provavelmente uma maior quantidade de cromo nos cristais e de não haver evidências de processos hidrotermais, como o que ocorre nas amostras da região de Mundo Novo (Bahia).

As amostras são fragmentos de cristais de coloração vermelha (levemente arrouxeada) de forma tabular ou barrilete (canudinho), com estriações profundas horizontais e dois sistemas de geminações na parte basal.

A maior parte dos cristais é coberta parcialmente por minerais. Uma análise detalhada desses minerais mostrou a predominância de biotita muito escura, e de feldspatos. Geminações polissintéticas indicam que uma parte dos feldspatos é plagioclásio. A presença de feldspato alcalino é possível. Quartzo coexistindo com esses minerais citados não foi encontrado. Há uma parcial inclusão de minerais opacos no coríndon em conjunto com o feldspato.

A presença de biotita, feldspato e opacos excluem a procedência do coríndon de basaltos, pois a rocha hospedeira do rubi mostra uma mineralogia adequada de derivação metapelítica.

Conclui-se que o coríndon é derivado de rochas aluminosas ou um produto de alto grau metamórfico. Reações metamórficas possíveis são reações de quebra da biotita produzindo coríndon em litologias muito pobre em quartzo. Essas deduções acham respaldo na situação geológica de Madagascar onde foi mostrado no mapa geológico de Madagascar em anexo e na tabela 5.2 de paragêneses encontradas nas rochas de Vohibory, que estas paragêneses são típicas para a ocorrência de coríndon metamórfico.

8. Conclusões

Neste trabalho foram analisados dois tipos de formação de coríndon de dois diferentes ambientes de formação.

Na Bahia, mais precisamente na região de Mundo Novo, temos como rocha hospedeira do coríndon um clorita-turmalina-xisto, formado em baixo metamorfismo, na zona da clorita. Trata-se de uma sequência vulcano-sedimentar, de metamorfismo regional de xisto verde, enquadrando-se no contexto regional do Greenstone Belt de Mundo Novo.

Há fortes evidências de hidrotermalismo nas amostras no qual pulsos de fluidos mais ou menos carregados de cromo influenciam em uma maior ou menor intensidade na cor do coríndon.

Algumas amostras evidenciam uma coloração cinza-esbranquiçada comprovando que o cromo foi introduzido localmente e posteriormente nas rochas.

Em Madagascar fica evidenciado que o coríndon está ligado a ultrametamorfismo, com temperaturas em torno de 900° a 1000°C, proveniente de derivação de rochas pelíticas, pobres em quartzo. Uma reação metamórfica que ficou evidenciada foi a da quebra da biotita nessas condições de altas temperaturas e alto grau de metamorfismo, formando o coríndon.

A presença do cromo pode ser proveniente de intercalações de rochas máficas com minerais opacos tipo cromita.

9. Referências Bibliográficas

Boltyrov, V. B., Pystin, A.M., Ogorodnov V.N. (1973) Regional metamorphism of the northern margins of the Sanarskii granite complex in the southern Urals. *Geology of Metamorphic Complexes of the Urals*, Sverdlovsk Mining Institute Publication N°.91, pp.53-66(in Russian).

Brum, T.M. M.; Juchem, P.L.; Hofmeister, T.; Ripoll, V.M. (1990) *Caracterização Mineralógica e Gemológica do Corindon de Santa Catarina, Brasil São Leopoldo*. Acta Geológica Leopoldensiana, 30, v.Xlli. p. 187-196.

Dana, James D. (1960) Manual de Mineralogia vol.1, Editora Ao Livro Técnico, p.309-312.

Chodur, N. L. (1997) Mineralogia e Geologia dos Depósitos de Rubi e Safira da Região de Barra Velha, Santa Catarina. Tese de doutorado do Igc-Usp.

Coenraads, R.R (1992) *Surface features on natural rubis and sapphires derived from volcanic provinces*.
J. Gemmology 23 , (151-160)

Guo, J., Wang, F., Yakoumelos, G., (1992) *Sapphires from Changle, in Shandong Province, China*.
Gems and Gemology 28, (255-260).

Hughes, R.W. (1990) Corundum
Butterworth-Heinemann, London

Juliani, C, Martin M.B. (1994) *Metamorfismo dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque na região da Serra do Itaberaba, entre Guarulhos e Santa Isabel – SP*.
38° Congresso Brasileiro, Balneário Camboriú- SC. Anais (82-83).

Key, P.M.; Ochieng, F.O. (1991) *The growth of rubies in Southeast Kenya*.
J. Gemmology 22 , (22-28).

Kissin, A. (1994) *Ruby and Sapphire from the Southern Ural mountains, Russia*.
Gems and Gemology 30 , (243-252).

Kissin, A., Talantanev A.S. (1986) The conditions of formation of chondrodite-tremolite veinlets in the marble deposits associated with the Kochkar granitic intrusion. *Zapiski Vsesoiuznogo Mineralogicheskogo Obshchestva* (The URSS Mineralogical Association Reports), vol.115, N°1, pp.93-99 (in Russian).

Lacroix, A. (1922) *Mineralogie de Madagascar* vol.3, Paris.

Levinson, A.A. (1994) *Gem corundum in alkali basalt : origin and occurrence.*
Gems and Gemology 30 (253-262).

Mascarenhas, J. F.; Ledru, P. (1998) *Geologia e recursos minerais do Grupo Jacobina e da parte sul do Greenstone Belt de Mundo Novo.*
Serie Arquivos Abertos, No. 13, CBPM, 58p.

M.S. Krzemnicki, H.A. Hanni, R. Guggenheim and Mathys,D. (1996) *Investigations on Sapphires from an alkali basalt, South West Rwanda.*
J. Gemmology 25, (90-108).

Nicollet, C. (1997) *Crustal evolution of the granulites of Madagascar.*
Symposium on Geol. and mining Resources of Madagascar. p. 348-368.

Proctor, K. (1988) *Chrysoberyl and Alexandrite from the pegmatite districts of Minas Gerais, Brazil.*
Gems and Gemology 24, (24-32).

Ranson, W. (2000) *Margarite Corundum phyllites from Appalachian orogen of South Carolina: Mineralogy and Metamorphic history.*
American Mineralogist, vol. 85, (1617-1624).

Sauer, J.R. (1982) Brasil Paradise of Gemstones, p. 124.

Schumann, W. (1995) Gemas do Mundo, 8ª edição,
Editora Ao Livro Técnico, p. 82-89.

Webster, C. (1994) Gems: Their sources, descriptions and identification.
Ed. Butterworth, p. 1025.

ANEXOS



ANEXO 1 : Shaft de 15 metros de profundidade e a depressão no terreno da mina de rubi na Fazenda Paraíso perto de Novo Mundo, Bahia.



ANEXO 2 : Cristais de Rubi da Bahia em formas euhedricas. O maior cristal mede 2 cm.



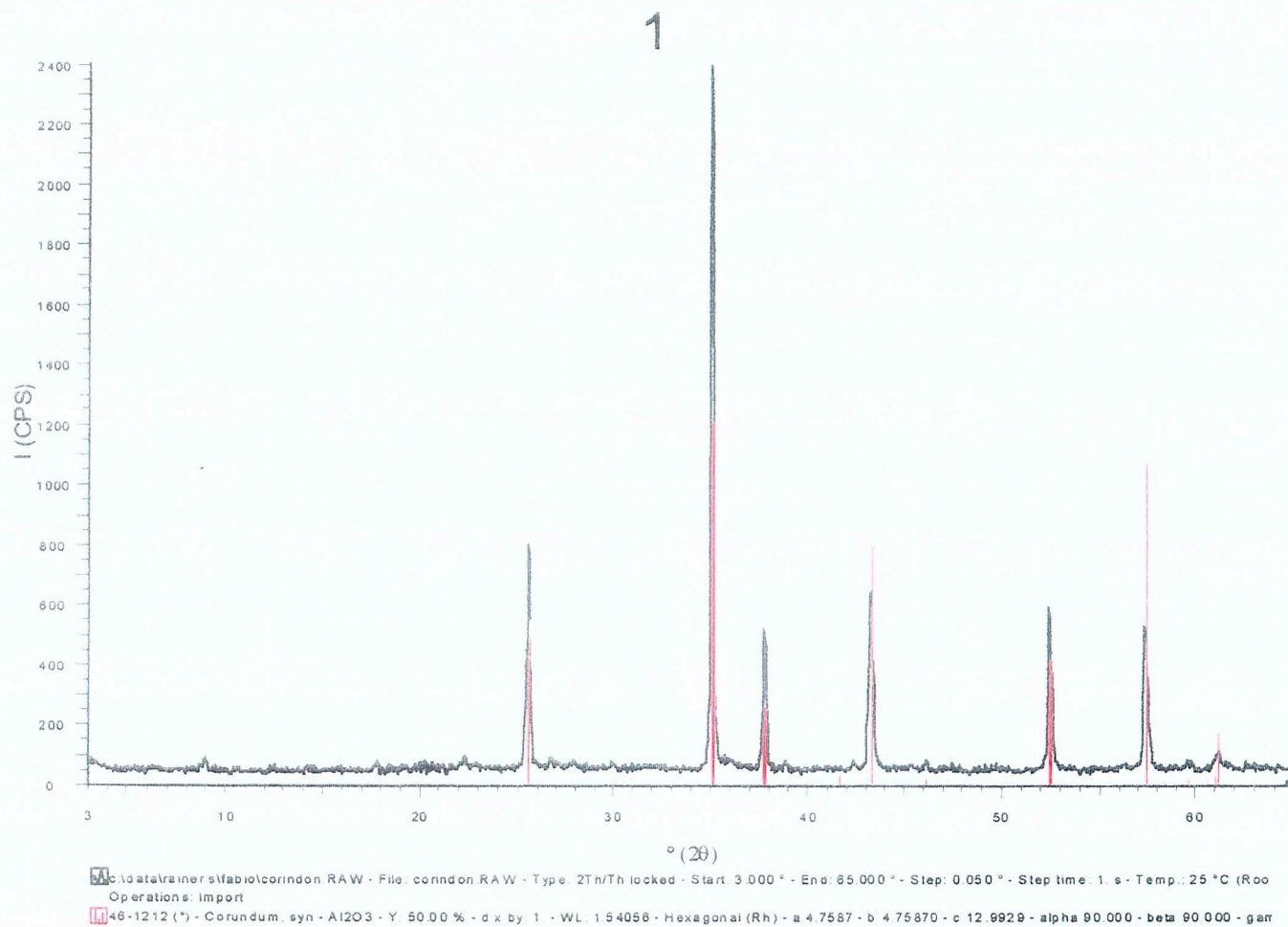
Anexo 3 : Rubi Baiano com contraste de Cores



ANEXO 4 : Dois cristais de Rubi em forma de barrilete

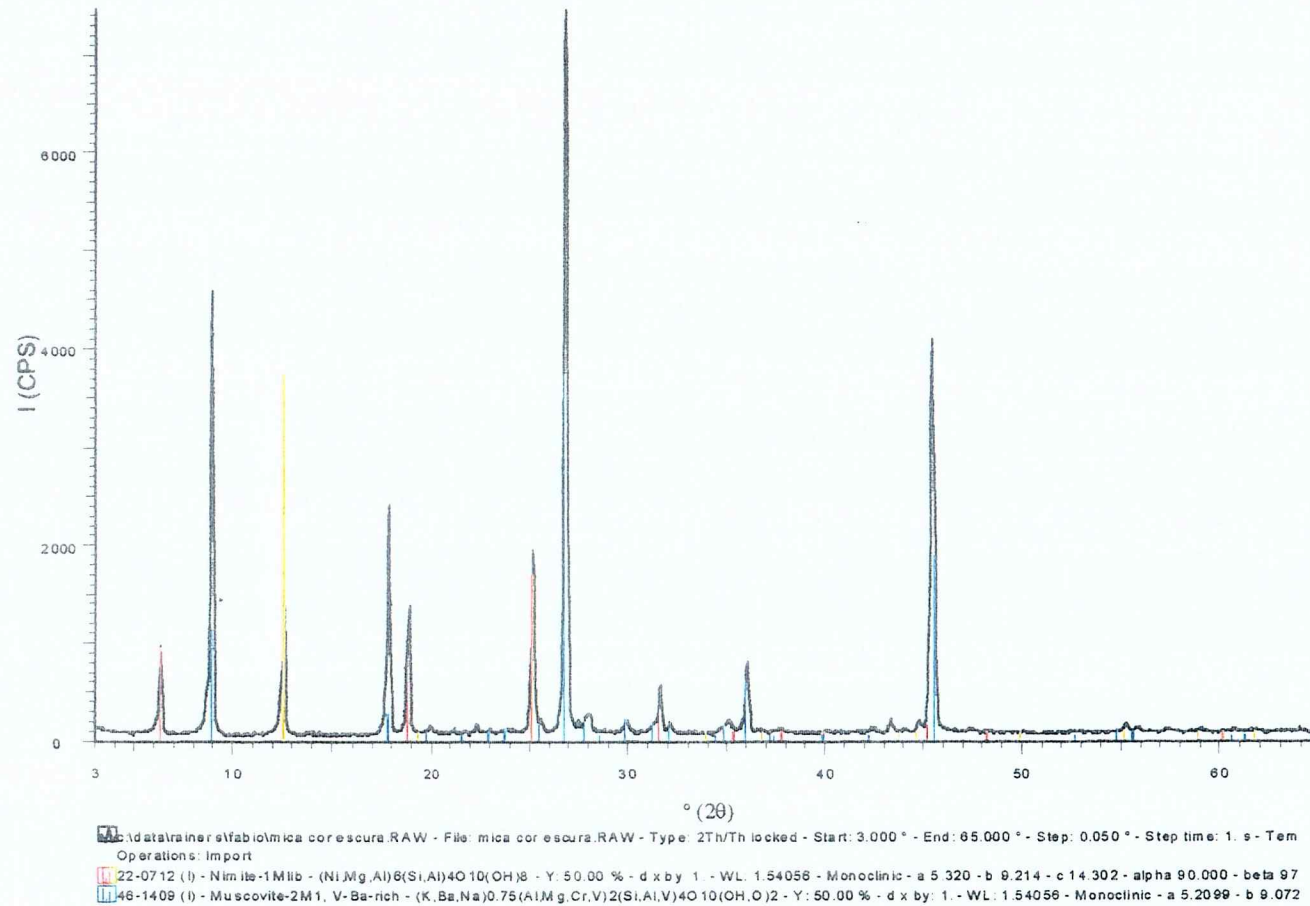


**ANEXO 5 : Rocha (Turmalina-Clorita-Corindon-Xisto) com porfiroblastos de Rubi.
O tamanho da amostra e 5 cm.**



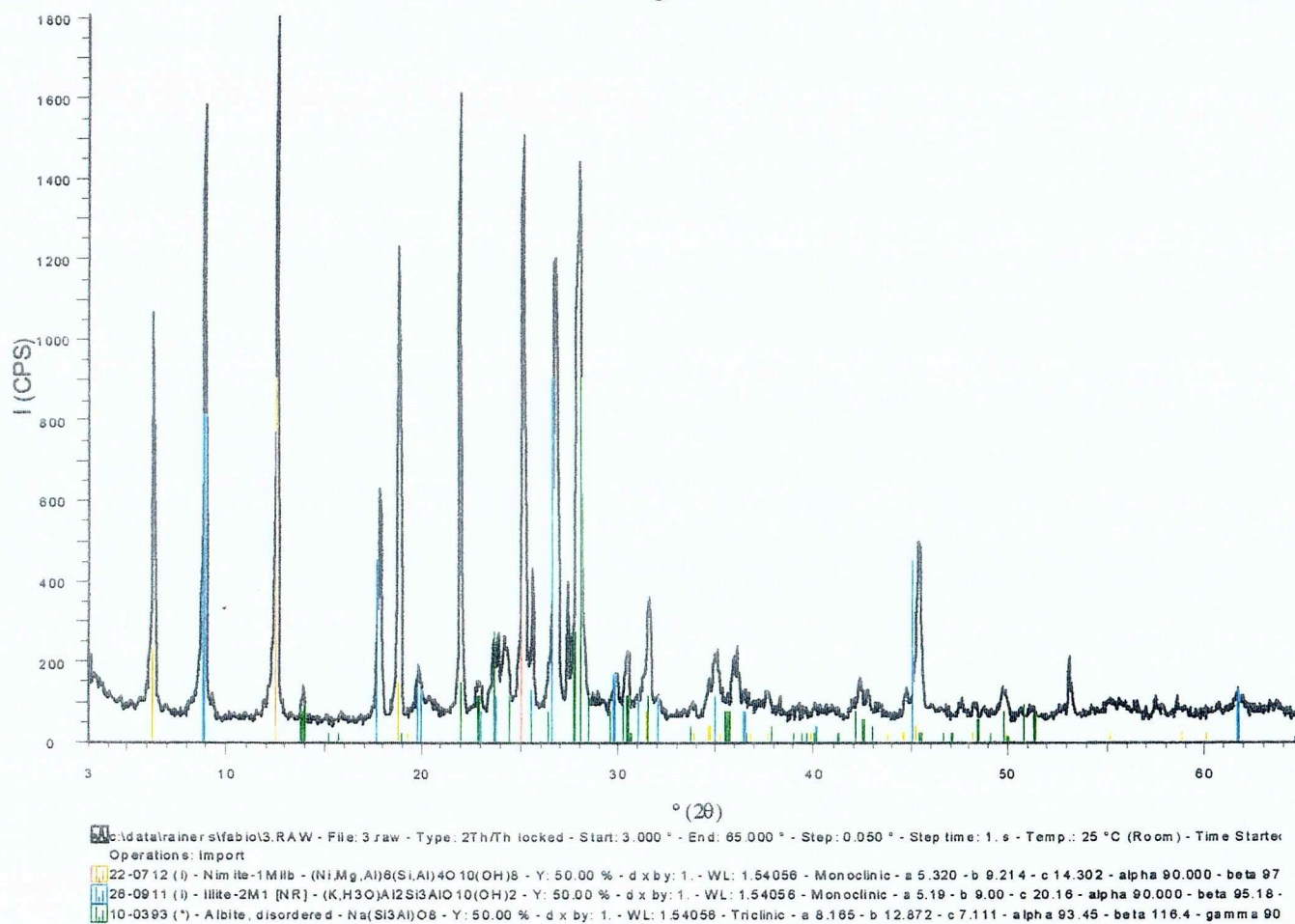
ANEXO 6 : Difratoograma da Amostra 1

2

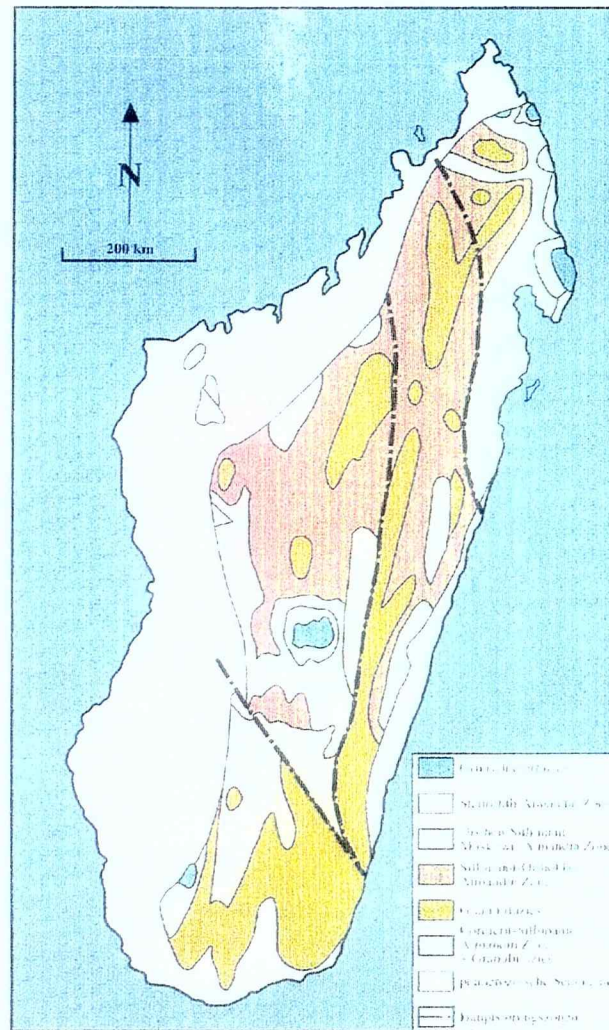


ANEXO 7 : Difratograma da Amostra 2

3



ANEXO 8 : Difratoograma da Amostra 3



Anexo 9 Mapa Geológico de Madagascar



ANEXO 10 : Dois Rubis de Madagascar. O maior tem 3,5 cm de comprimento. Nota-se a presença de Biotita no segundo cristal



ANEXO 11 : Rubi em forma de barril de Madagascar