UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MICROMORFOLOGIA, GEOQUÍMICA E ASPECTOS
TECNOLÓGICOS DA APATITA DA ASSOCIAÇÃO
ALCALINO-CARBONATÍTICA PRÉ-CAMBRIANA DE
ANGICO DOS DIAS (BA)**

Cláudia Nogueira dos Santos

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Motta de Toledo

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO
2001

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MICROMORFOLOGIA, GEOQUÍMICA E ASPECTOS
TECNOLÓGICOS DA APATITA DA ASSOCIAÇÃO ALCALINO-
CARBONATÍTICA PRÉ-CAMBRIANA DE ANGICO DOS DIAS (BA)**

CLÁUDIA NOGUEIRA DOS SANTOS

Orientadora: Dr^a Maria Cristina Motta de Toledo

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof ^a Dr ^a Maria Cristina Motta de Toledo
Examinadores:	Dr. Arnaldo Alcover Neto
	Prof. Dr. Fabio Ramos Dias de Andrade

SÃO PAULO
2001

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900007278

MICROMORFOLOGIA, GEOQUÍMICA E
ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA APATITA DA
ASSOCIAÇÃO ALCALINO-CARBONATÍTICA
PRÉ-CAMBRIANA DE ANGICO DOS DIAS (BA)

Cláudia Nogueira dos Santos

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Motta de Toledo

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO

2001

"Por mais verdadeiro e sólido que possa parecer não é eterno . . .

Dia após dia uma estação corre para a próxima.

O dia vira noite, a noite vira dia.

*Tudo o que se forma tem que se desfazer, tudo o que se junta tem que se separar,
tudo que nasce tem que morrer.*

Mudanças contínuas e implacáveis são constantes em nosso mundo."

Chagdud Tulku Rinpoche

À todas as minhas mães...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais. Sem sua imensa generosidade não teria sequer a oportunidade de estar aqui. Quantos sonhos devem ter sacrificado... Quantas vezes devem ter salvo minha vida...

Agradeço também à Luciana, minha querida irmã e amiga, pelo incentivo, pelo carinho e também pelas discussões, grandes oportunidades de aprendizado.

Quero também deixar aqui registrada minha imensa gratidão à minha orientadora e amiga, Profa. Dra. Maria Cristina Motta de Toledo, por tudo o que me ensinou ao longo desses quase cinco anos, pelo carinho e, principalmente, pela paciência nos últimos tempos.

Agradeço também ao Dr. Arnaldo Alcover Neto (co-orientador deste projeto) e ao Dr. Reiner Neumann, pesquisadores do Centro de Tecnologia Mineral, pela receptividade, pelo apoio e pelo carinho.

À Galvani S. A., atual detentora dos direitos de lavra em Angico dos Dias, pelas amostras de furos de sondagem e cópias de relatórios de pesquisa.

Aos professores Ian McReath e Gergely Andres Julio Szabó, do Departamento de Mineralogia e Geotectônica, pelos dias dispendidos com a problemática da apatita em Catodoluminescência.

Ao professor Fábio Dias, também do Departamento de Mineralogia e Geotectônica, pelas análises por ICP-MS Ablação a Laser, efetuadas na Alemanha.

Ao professor Henrique Kahn, do Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola de Engenharia de Minas, por sempre apoiar e incentivar meu trabalho.

À amiga Verônica Gabriel dos Santos, funcionária do Laboratório de Análises Mineralógicas, por toda a ajuda com a preparação das amostras e com os detalhes para o fechamento da dissertação.

À Angélica Morenti, funcionária do Laboratório de Microscopia Ótica, pela ajuda com a Catodoluminescência.

A todos os colegas, professores e funcionários do Instituto de Geociências; sem cada um deles as coisas não funcionariam tão bem.

Às minhas queridas tias Neném e Lia, por tudo o que fizeram para que eu pudesse chegar ao fim deste trabalho.

Aos grandes amigos Rosália, Leise, Afonso, Chiquinho, Célia (minha mãe), Irany, Luís, Maria Alice, Silvia, Kiko, Paulo, Bruno, Lu (minha irmã), Tati, Carol e todos os outros da Instituição “*Amigos da Paz sem Fronteiras*” que tanto têm feito em prol de um mundo melhor.

A todos do “*Chagdud Gonpa Odsal Ling*” e especialmente à Lama Tsering Everest, exemplo inigualável de generosidade e sabedoria.

E enfim, à Fapesp, pelo apoio a este projeto através dos processos 98/15317-8 e 98/15793-4.

ÍNDICE

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	1
I.1. – APRESENTAÇÃO.....	1
I.2. – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....	2
I.3. – ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS.....	4
I.4. – CLIMA, FISIOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA.....	5
I.5. – GEOLOGIA.....	8
I.5.1. - CONTEXTO REGIONAL.....	8
I.5.2. - CONTEXTO LOCAL.....	16
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
II.1. - OS COMPLEXOS ALCALINO-CARBONATÍTICOS.....	25
II.2. – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA APATITA.....	29
II.3. – A APATITA E SUA EVOLUÇÃO DURANTE O INTEMPERISMO.....	35
II.4. – O APROVEITAMENTO DE MINÉRIOS FOSFÁTICOS ASSOCIADOS A COMPLEXOS ALCALINO-CARBONATÍTICOS.....	37
CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODO DE ESTUDO.....	40
III.1 – AMOSTRAGEM.....	40
III.1.1 - TESTEMUNHOS DE SONDAGEM.....	40
III.1.2. - CAMPO.....	40
III.1.2.1. - Amostras Indeformadas.....	41
III.1.2.2. - Amostra para caracterização tecnológica.....	41
III.2. – MÉTODO DE ESTUDO.....	44
III.2.1. – AMOSTRAS INDEFORMADAS.....	44
III.2.2. – AMOSTRA PARA A CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA.....	45
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
IV.1. – CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL INDEFORMADO.....	48
IV.1.1. – INTRODUÇÃO.....	48
IV.1.2. – O CARBONATITO DE ANGICO DOS DIAS E SUA ALTERAÇÃO.....	48
IV.1.3. – A APATITA DE ANGICO DOS DIAS.....	52
IV.1.4. - FOSFATOS SECUNDÁRIOS SUPÉRGENOS DA SÉRIE DA CRANDALLITA E MONAZITA.....	86
IV.2 - CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA.....	88
IV.2.1. - INTRODUÇÃO.....	88
IV.2.2. - RESULTADOS.....	89
IV.2.3. - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA.....	108

IV. 3 – APLICAÇÃO DA SEPARAÇÃO MAGNÉTICA A SECO PARA O BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO FOSFÁTICO DE ANGICO DOS DIAS	110
---	-----

CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
--	------------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
---	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e acessos à associação alcalino-carbonatítica de Angico dos Dias.	3
Figura 2 – Perfil mostrando as variações do minério de Angico dos Dias (Kahn et al., 1988).	23
Figura 3 – Distribuição esquemática das mineralizações em torno de um complexo alcalino-carbonatítico (Biondi, 1986).	27
Figura 4 – Estrutura da apatita segundo Montel (1968) (modelo elaborado com o auxílio do programa ORTEP3 (Farrugia, 1997) por Ferrari, 2000).	30
Figura 5 – Localização dos furos e trincheiras amostrados.	43
Figura 6 - Fluxograma esquemático da metodologia utilizada na caracterização mineralógica e tecnológica do minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol (BA/PI).	47
Figura 7 - Histogramas comparativos do total das duas primeiras etapas de M.E. A curva rosa e a escala da direita mostram os valores da 2a etapa.	63
Figura 8 - Histogramas comparativos do flúor nas duas primeiras etapas de M.E.. A curva rosa e a escala da direita mostram os valores da 2a etapa.	63
Figura 9 - Gráficos tipo aranhograma mostrando as variações do total, do SrO, da relação CaO/P ₂ O ₅ , dos TR ₂ O ₃ e dos cátions substituintes do Ca para os diferentes tipos de apatita na primeira etapa de análise à ME.	66
Figura 10 - Gráficos binários mostrando as variações do F, da relação CaO/P ₂ O ₅ , dos TR ₂ O ₃ , dos cátions substituintes do cálcio, do P ₂ O ₅ e do SrO com o total para os diferentes tipos de apatita na primeira etapa de M.E..	68
Figura 11 - Gráficos tipo aranhograma mostrando as variações do total, do SrO, da relação CaO/P ₂ O ₅ , dos TR ₂ O ₃ e dos cátions substituintes do Ca para os diferentes tipos de apatita na segunda etapa de análise à M.E.. As variações dentro de cada tipo devem-se às análises de centro e borda.	71
Figura 12 - Gráficos binários mostrando as variações do F, da relação CaO/P ₂ O ₅ , dos TR ₂ O ₃ , dos cátions substituintes do cálcio, do P ₂ O ₅ e do SrO com o total para os diferentes tipos de apatita na segunda etapa de M.E..	72
Figura 12 - Gráficos tipo aranhograma mostrando as variações do total, do SrO, da relação CaO/P ₂ O ₅ , dos TR ₂ O ₃ e dos cátions substituintes do Ca para os diferentes tipos de apatita na terceira etapa de análise à M.E.. As variações dentro de cada tipo devem-se às análises de centro e borda.	74
Figura 13 - Gráficos binários mostrando as variações do F, da relação CaO/P ₂ O ₅ , dos TR ₂ O ₃ , dos cátions substituintes do cálcio, do P ₂ O ₅ e do SrO com o total para os diferentes tipos de apatita na terceira etapa de M.E..	75
Figura 14 – Espectro de catodoluminescência para centro e borda de uma apatita do tipo D (residual ovóide em amostra alterada).	83
Figura 15 – Gráfico de ICP-MS Ablação a Laser para a amostra AD-142.	85
Figura 16 – Gráfico de ICP-MS Ablação a Laser para a amostra AD-149.	86
Figura 17 – Espectros de raios X das amostras de concentrado apatítico e fosfático de Angico dos Dias.	94
Figura 18 – Distribuição dos interceptos lineares. Condicional por tamanho.	99
Figura 19 – Distribuição dos interceptos área. Condicional por tamanho.	99
Figura 20 – Espectro de liberação da apatita, em massa, após correção estereológica. Condicional por tamanho.	100

Figura 21 – Espectro de liberação natural da apatita, em massa, bivariada tamanho/teor.	101
Figura 22 – Recuperação de apatita em função do seu teor no concentrado, supondo-se separação ideal.	102
Figura 23 – Descarte de massa no rejeito em função do teor de apatita no concentrado, supondo-se separação ideal.	102
Figura 24 – Descarte de massa no rejeito em função da recuperação global de apatita no concentrado, supondo-se separação ideal.	103
Figura 25 – Espectro de liberação natural da apatita após deslamagem em 150 malhas, em massa, bivariada tamanho/teor.	104
Figura 26 – Espectro de liberação natural da apatita após deslamagem em 270 malhas, em massa, bivariada tamanho/teor.	104
Figura 27 – Recuperação de apatita em função do seu teor no concentrado, após deslamagem a 150 malhas, supondo-se separação ideal.	105
Figura 28 – Recuperação de apatita em função do seu teor no concentrado, após deslamagem a 270 malhas, supondo-se separação ideal.	105
Figura 29 – Descarte de massa no rejeito em função do teor de apatita no concentrado, após deslamagem em 150 malhas, supondo-se separação ideal.	106
Figura 30 – Descarte de massa no rejeito em função do teor de apatita no concentrado, após deslamagem em 270 malhas, supondo-se separação ideal.	106
Figura 31 – Descarte de massa no rejeito em função da recuperação global de apatita no concentrado, após deslamagem em 150 malhas, supondo-se separação ideal.	107
Figura 32 – Descarte de massa no rejeito em função da recuperação global de apatita no concentrado, após deslamagem em 270 malhas, supondo-se separação ideal.	107
Figura 33 – Distribuição de P_2O_5 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 em função da granulometria.	111
Figura 34 - Teores de P_2O_5 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 em função da granulometria.	111
Figura 35 - Teores de P_2O_5 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 em função do campo magnético no produto não magnético da fração -1,19 +0,074 mm.	112
Figura 36 - Efeito da intensidade de campo magnético na distribuição de P_2O_5 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 no rejeito magnético da fração -1,19 +0,074 mm.	113
Figura 37 – Fluxograma conceitual do processo de beneficiamento	116

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 – O povoado de Angico dos Dias.	4
Foto 2 – Aspecto da vegetação do tipo caatinga arbórea.	6
Foto 3 – Testemunhos de Sondagem na sede da Galvani S. A., em Paulínia (SP).	40
Foto 4 – Coleta de amostras indeformadas na trincheira T1.	41
Foto 5 – O minério apatítico de Angico dos Dias (amostra AD135).	42
Foto 6 – Carbonatito são com apatita ovóide (amostra AD119).	51
Foto 7 – Carbonatito são orientado com apatita ovóide e mica (AD42).	51
Foto 8 – Carbonatito micáceo são (AD144).	51
Foto 9 – Apatita ovóide fraturada com calcita no carbonatito são (foto ao MO – amostra AD142).	55
Foto 10 – Apatita ovóide fraturada rodeada por monazita e calcita na matriz no carbonatito são (foto ao MEV – amostra AD142).	55
Foto 11 – Apatita ovóide fraturada com quartzo no carbonatito silicificado são (foto ao MO – amostra AD6).	55
Foto 12 – Apatita ovóide fraturada no carbonatito micáceo são (foto ao MO – amostra AD144).	55
Foto 13 – Apatita primária residual ovóide em amostra alterada com apatita supérgena fibrorradiada ao redor (foto de MO – amostra AD10).	57
Foto 14 – Apatita primária residual ovóide em matriz crandallítica (foto de MEV – amostra AD9).	57
Foto 15 – Fragmentos angulosos residuais de apatita primária ovóide em matriz ferruginosa (foto de MO – amostra AD19).	57
Foto 16 – Apatita primária residual contornada por apatita com estruturação em faixas estreitas e paralelas (foto de MO – amostra AD42).	57
Foto 17 – Apatita primária residual com bordas hexagonais contornada por apatita com estruturação em faixas estreitas e paralelas (foto de MO – amostra AD42).	57
Foto 18 – Apatita fibrorradiada supérgena associada à apatita primária ovóide (foto de MO – amostra AD5d).	59
Foto 19 – Apatita fibrorradiada supérgena associada à apatita primária ovóide e ao plasma secundário de alteração (foto de MEV – amostra AD5d).	59
Foto 20 – Apatita fibrorradiada supérgena nas discontinuidades de um grão de apatita primária residual ovoide (foto de MEV – amostra AD5d).	59
Foto 21 – Gorceixita formada nas discontinuidades de um grão de apatita residual em estágio avançado de alteração (foto de MEV – amostra do concentrado com $d < 2,89$).	59
Foto 22 – Goyazita formada na superfície de um grão de apatita (foto de MEV – AD8).	59
Foto 23 – Grande grão de apatita primária ovóide fraturada (foto de CL – amostra AD24).	82
Foto 24 – Grande grão de apatita primária ovóide fraturada com tons mais claros de luminescência ao longo das discontinuidades. O carbonato aparece com cor alaranjada. (foto de CL – amostra AD22).	82
Foto 25 – Apatita primária ovóide fraturada com bordas e fraturas com tons mais rosados de luminescência (foto de CL – amostra AD17).	82
Foto 26 – Apatita primária ovóide fraturada com luminescência rosa nas bordas e ao longo das discontinuidades (foto de CL – amostra AD17).	82

Foto 27 – Relações entre fragmentos de apatita (1), gorceixita e goyazita (3) (foto de MEV – amostra do concentrado d<2,89 da fração entre 65 e 100 malhas).	87
Foto 28 – Detalhe das relações dos fragmentos de apatita residual com a gorceixita (mais clara) e a goyazita) (foto de MEV – amostra do concentrado d<2,89 da fração entre 65 e 100 malhas).	88
Foto 29 – Característica geral do minério fosfático de Angico dos Dias. A tonalidade escura, ao fundo, representa a resina de embutimento com bolhas, grãos cinza escuro lisos representam quartzo, grãos cinza claro lisos apatita, e grãos aglomerados de tonalidades variando do cinza escuro e cinza claro e com textura heterogênea representam agregados mistos de caolinita, fosfatos de alumínio, oxido/hidróxidos de ferro e apatita.	95
Foto 30 – Inclusão de monazita em cristal de apatita do minério fosfático de Angico dos Dias.	96
Foto 31 – Grão aglomerado misto com matriz de caolinita, fosfatos de alumínio (com Ca, Sr e Ba) e óxidos/hidróxidos de ferro, e inclusões grandes de óxido de Mn e Ba (hollandita).	96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Características gerais dos diferentes tipos de apatitito (segundo Kahn et al., 1990).....	21
Tabela 2 – Distribuição dos tipos de minério em Angico dos Dias (segundo Kahn et al., 1990).....	23
Tabela 3 - Variação dos valores de total, F, SrO, CaO/P ₂ O ₅ , F/P ₂ O ₅ , TR ₂ O ₃ e de cátions substituintes do Ca (em % em peso) em cada tipo de apatita analisado na 1a etapa de M. E.	65
Tabela 4 - Variação dos valores de total, F, SrO, CaO/P ₂ O ₅ , F/P ₂ O ₅ , TR ₂ O ₃ e de cátions substituintes do Ca (em % em peso) em cada tipo de apatita analisado na 2a etapa de M. E.	70
Tabela 4 - Dados obtidos por ICP-MS Ablação a Laser para a amostra AD-142.....	84
Tabela 5 – Dados obtidos em ICP-MS Ablação a Laser para a amostra AD-149.	85
Tabela 6 – Composição química da amostra representativa do minério fosfático de Angico dos Dias.	90
Tabela 7– Distribuição granulométrica do minério de Angico dos Dias.	91
Tabela 8 – Teores de P ₂ O ₅ e CaO para as diferentes classes granulométricas do minério fosfático de Angico dos Dias.	92
Tabela 9 – Distribuição dos teores de P ₂ O ₅ e CaO nas classes granulométricas do minério fosfático de Angico dos Dias.	93
Tabela 10 - Participação (% peso) das frações obtidas nos ensaios de separação em meio denso, em relação à fração e à amostra, para as diferentes frações granulométricas.	97
Tabela 11 – Participação (% massa) das frações obtidas nos ensaios de separação magnética em relação à fração e à amostra, para os produtos afundados em meio denso das diferentes classes granulométricas.	98
Tabela 12 – Resultados dos ensaios de separação magnética a seco de alta intensidade, efetuados com a fração -1,19 +0,074 mm após atrição.....	114

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo a caracterização da apatita do complexo de Angico dos Dias em suas variedades primárias e secundárias, enfatizando as modificações geradas durante o desenvolvimento do perfil de alteração, em seus aspectos morfológicos, mineralógicos e geoquímicos visando à compreensão do seu comportamento no processo de beneficiamento.

Foram utilizadas várias técnicas para a caracterização dos tipos de apatita e para a caracterização tecnológica (moagem, separações granulométricas, densimétricas e magnéticas, Microscopia Ótica, Difração de Raios X, Microscopia Eletrônica de Varredura, Microsonda Eletrônica, Espectrometria de Massa com Plasma Induzido e Acoplado por Ablação a Laser e Catodoluminescência e análise de imagens).

Foram identificados três tipos de apatita, que representam sete gerações: apatita magmática primária (tipos A, B e C em rocha sã e D e E em rocha alterada), apatita possivelmente hidrotermal (tipo F) e apatita supérgena (tipo G).

O estudo à Microsonda Eletrônica dos diferentes tipos de apatita evidenciou que alguns elementos, razões ou totais de análises podem ser utilizados como índices de alteração, e que os valores destes parâmetros evoluem não só entre os diferentes tipos de apatita como dentro de um mesmo tipo com diferenças nos graus de alteração, quer sejam consideradas apatitas de diferentes níveis do perfil, quer sejam considerados diferentes setores de um mesmo grão atingido pela alteração. O aumento no teor de F, da razão $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ e diminuição do total são os principais índices de alteração.

O estudo à Catodoluminescência diferenciou os tipos de apatita primária e secundária. A apatita primária sã apresentou tons violeta-azulados, tendendo para tons mais

rosados até os tipos mais alterados. Os tipos secundários apresentaram tons rosados bastante diferenciados daqueles azulados dos tipos primários são e daqueles tendentes ao rosa dos tipos primários alterados.

A caracterização do minério mostrou constituição mineralógica simples e favorável ao processamento. As análises de imagem mostraram que pode ser possível obter um concentrado de aproximadamente 90% de apatita (38% em P_2O_5) com recuperação também da ordem de 90% e descarte de massa de 55%. Por outro lado, estas mesmas análises indicaram que, no caso das partículas mais finas, há problemas de liberação devido à bimodalidade da apatita encontrada na jazida, grossa mais liberada ou, mais fina não liberada em agregados onde associa-se a minerais de ganga, principalmente supérgenos, que compõem em boa parte o plasma secundário da alteração.

ABSTRACT

The aim of this research was to characterize the apatite from Angico dos Dias alkaline-carbonatitic complex, in its primary and secondary varieties, with emphasis in weathering changes in morphological, mineralogical and geochemical aspects, in order to understand its behaviour during industrial processes.

Several technics was used for apatite type recognition and for technological characterization (cominution, granulometric, desimetric and magnetic classifications, Optical Microscopy, X-ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy, Eletronic Microprobe, Laser Ablation, Catodoluminescence, and image analysis).

Three types of apatite were identified, repreenting seven generations: magmatic primary apatite (types A, B, and C in fresh rock and D and E in weathered rock), probably hydrothermal apatite (type F), and supergene apatite (type G).

Microprobe studies in different apatite types showed that some elements, or relations, or total values of analyses can be used as weathering index, and that these parameters change among different types of apatite and so within one only type with differents weathering degrees, considering apatite from distinct levels in the profile or different zones in the same weathered grain. Increasing F, $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$, and diminution of total are the main weathering index.

Catodoluminescence studies showed differences between primary and secondary types. Primary fresh apatite presents violet-blue colors, with tendence to rose colors in the weathered types. Supergene types present rose color, distinct from primary types even unweathered as weathered.

Ore characterization showed that the mineralogical composition was simple and favourable to industrial processes. Image analysis showed that it may be possible to obtain a 90% apatite concentrate (38% P_2O_5), with 90% recuperation and 55% of rejected mass. The same analysis indicate that, for fine particles, there are problems in liberation due to bimodal character of apatite, which occurs in coarse grains (more liberated) or in fine grains (not liberated and associated with gangue minerals, mainly supergene ones).

Capítulo I - Introdução

I.1. – APRESENTAÇÃO

No Brasil, a maior parte da produção de fosfatos provém de depósitos associados aos mantos de alteração laterítica sobre maciços alcalino-carbonatíticos. Um deles é Angico dos Dias, que diferencia-se dos outros complexos por ser de idade pré-cambriana e por encontrar-se em uma região cujo clima atual é semi-árido, faltando, pois, água, imprescindível para o principal processo de concentração adotado para os minérios fosfáticos, a flotação.

O detalhamento mineralógico e geoquímico da apatita é de grande importância na escolha de rotas para o beneficiamento mineral, particularmente neste caso onde os processos usuais não podem ser aplicados.

O estudo dos materiais fosfáticos do complexo carbonatítico de Angico dos Dias reveste-se de grande importância nos âmbitos acadêmico e econômico. Por um lado, representa a possibilidade de estudar a apatita de um maciço tão diferente dos outros em território brasileiro, pela idade e pela situação; por outro lado, sua localização, no médio vale do rio São Francisco, pode significar uma oportunidade de grande impacto social e econômico, contribuindo para a possível implantação de um projeto mineiro, o que poderia gerar empregos e melhoria da qualidade de vida numa área carente, produzindo matéria prima para a agricultura numa região de fronteira agrícola.

Esta pesquisa de Mestrado teve como objetivo a caracterização da apatita do Complexo de Angico dos Dias, em suas variedades primárias e secundárias, enfatizando as modificações geradas durante o desenvolvimento do perfil de alteração, em seus aspectos morfológicos, mineralógicos e geoquímicos visando à compreensão do seu comportamento no processo de beneficiamento.

A pesquisa esteve associada a um projeto do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), que visa à viabilização técnica do aproveitamento do fosfato e dos elementos terras raras, buscando a recuperação integrada de ambos os bens minerais.

I.2. – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O complexo carbonatítico de Angico dos Dias situa-se no noroeste do Estado da Bahia, no povoado homônimo, pertencente ao município de Campo Alegre de Lourdes, próximo à divisa com o Estado do Piauí.

O complexo fica a aproximadamente 390km de Petrolina (PE), importante centro regional próximo à divisa triestadual PE/BA/PI.

O acesso (figura 1) à área se faz, a partir de Petrolina (PE), pela rodovia BR-235, até a cidade de Remanso (BA) e pela estrada BA-340, encascalhada, até a cidade de Campo Alegre de Lourdes. Uma rede de estradas secundárias, de trânsito precário interliga a sede municipal de Campo Alegre de Lourdes aos povoados da área.

Outro acesso, a partir de São Raimundo Nonato (PI), se faz por estrada de terra, passando por Anísio de Abreu até o município de Caracol (PI). Uma estrada secundária liga Caracol a Angico dos Dias, distando aproximadamente 12km uma da outra.

Figura 1 – Localização e acessos à associação alcalino-carbonatítica de Angico dos Dias.

I.3. – ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

Segundo Leite (1997), a região de estudo não dispõe de serviços de saneamento básico. Os sistemas educacional e de saúde são organizados de modo razoável na sede do município de Campo Alegre de Lourdes e precariamente nos distritos e povoados. A energia elétrica é disponível no povoado de Angico dos Dias (foto 1), enquanto que os sistemas de telefonia e financeiro são restritos à sede do município. A economia local é baseada em uma agricultura de subsistência totalmente dependente das condições climáticas, e de uma pecuária extensiva, não dispondo de outras alternativas de produção, a não ser de um extrativismo predatório de mel silvestre e de madeiras de lei.

Foto 1 – O povoado de Angico dos Dias.

Apesar de conter riquezas minerais de importância na economia industrial e agropecuária, no caso do titânio-vanádio e do fosfato, a localização da região em área remota e as restrições acima mencionadas são fatores que certamente influenciam na

tomada de decisões políticas e econômicas para a viabilização da exploração desses depósitos minerais.

Nesse panorama socioeconômico registra-se uma extração mineral incipiente em garimpos de quartzo, de calcário para a fabricação de cal, e de olarias rudimentares aproveitando a argila nas bacias das lagoas (secas, na maior parte do ano) que são abundantes na região. A demanda por matérias-primas na construção civil é relacionada ao crescimento lento e desordenado da cidade de Campo Alegre de Lourdes, sendo que a oferta mostra-se adequada ao caráter da expansão urbana local.

I.4. – CLIMA, FISIOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA

A região, segundo dados do Centro de Estatística e Informações – CEI, do Governo da Bahia (1993, *apud* Leite, 1997), está incluída no Polígono das Secas do Nordeste e apresenta um clima do tipo semi-árido com precipitações pluviométricas irregulares durante os meses de dezembro a março e um período seco de abril a novembro. A temperatura mínima varia entre 15 e 20°C nos meses de junho-julho e a máxima de 30 a 35°C nos meses de setembro a novembro.

A vegetação predominante é a caatinga arbórea densa a aberta (foto 2), constituída por formações arbustivas e herbáceas. As espécies mais encontradas são: mandacaru, xique-xique, macambira e umbuzeiro, além de madeiras de lei tipo cerejeira, aroeira e pau d'arco.

Foto 2 – Aspecto da vegetação do tipo caatinga arbórea.

Onde afloram rochas do embasamento, o relevo se caracteriza por um comportamento homogêneo, constituindo um extenso peneplano, com suaves ondulações onde as cotas altimétricas não chegam a atingir 550m. Na faixa sedimentar, a forma do relevo dominante é a de chapadas arenosas com cotas acima de 600m. Ao longo da borda da bacia estão as feições mais interessantes do relevo, como escarpas, morros testemunhos e anfiteatros.

Segundo Barbosa *et al.* (1973), a região ocorre na unidade morfológica denominada de “Depressão Periférica do Médio São Francisco”. Essa depressão, na parte central e noroeste da região, apresenta pediplanos desdobrados e pedimentos escalonados com altitudes médias de 400-500m. Esse tipo de relevo associa-se a unidades litoestratigráficas

contendo micaxistos e gnaisses migmatíticos. Em meio ao pediplano regional ocorrem trechos bastante dissecados, nos quais se destacam relevos residuais tipo *inselbergs* e cristas estruturais com altitudes médias de 500-600m, que são sustentadas por minério de Fe-Ti-V e por maciços alcalinos e seus xistos encaixantes.

Na parte NNW da região, o relevo é dominado por cristas estruturais representadas pelas serras da Boa Esperança, da Pedra Comprida e das Pitombas, partes integrantes do divisor das bacias hidrográficas dos rios São Francisco e Parnaíba. A altitude desse tipo de relevo varia de 550 a 650m.

A sudoeste o relevo é do tipo apalachiano, sustentado por rochas do Grupo Santo Onofre, atravessado em boqueirões epigênicos por afluentes do rio São Francisco, e com altitudes variando de 500 a 650m.

Finalmente, na parte sul, predominam campos de dunas fixas ou móveis, terraços e planícies aluviais. Destacam-se algumas dunas no extremo sudoeste com alturas de até 30m.

A área está situada nos divisores naturais de drenagem, pertencentes aos sistemas hidrográficos do rio Parnaíba e do rio São Francisco. A rede fluvial é composta unicamente por rios intermitentes cujo representante principal é o rio Piauí, afluente do Parnaíba. O padrão de drenagem é tipicamente dendrítico (Leite, 1997), controlado por falhas e/ou fraturas, segundo calhas rasas, ao longo do relevo plano a suavemente ondulado, que propicia a formação de dezenas de lagoas durante o período chuvoso.

I.5. – GEOLOGIA

I.5.1. - CONTEXTO REGIONAL

ESTRATIGRAFIA

Segundo Leite (1997), A região é caracterizada pela presença de formações superficiais que dificultam as correlações e interpretações estratigráficas e estruturais. Grande parte dos afloramentos é de boa qualidade no tocante às informações das características cinemáticas do arcabouço tectônico, sendo, porém, raros aqueles contendo registros que possam permitir o empilhamento estratigráfico das diversas unidades litológicas.

Os agrupamentos litológicos de idades arqueano-proterozóico-paleozóicas puderam ser organizados (Leite, 1997) nas seguintes unidades litoestratigráficas: Complexo Gnáissico-Migmatítico, Unidade Serra da Boa Esperança, Rochas Plutônicas Diversas, incluindo o Complexo Carbonatítico de Angico dos Dias, o Complexo Máfico-Ultramáfico de Campo Alegre de Lourdes, o Complexo Ultramáfico do Peixe, a Suíte Alcalina Serra do Meio e os Corpos Máfico-Ultramáficos Diversos, Grupo Santo Onofre, e Bacia do Parnaíba.

O Complexo Gnáissico-Migmatítico (Leite *et al.*, 1993) ocupa a porção leste da área e compreende uma associação de rochas gnáissicas e migmatíticas bandadas e metamorfizadas na fácies anfibolito, de idade provavelmente arqueana (Arqueano Médio-Superior segundo Mascarenhas & Garcia, 1989; *apud* Leite, 1997), intrudidas por diques granitóides tardi a pós-tectônicos.

A Unidade Serra da Boa Esperança (Leite *et al.*, 1987, Leite & Fróes, 1989, Leite *et al.*, 1993) é representada por metapsamitos/pelitos na parte NNE e por metassedimentos

margosos com lentes de metacalcário na parte central da área. O grau metamórfico é crescente de sul para norte, passando da zona da biotita para a zona da granada.

A falta de dados geocronológicos precisos para a Unidade Serra da Boa Esperança e suas cronocorrelatas, bem como para os maciços graníticos intrusivos, faz com que o seu posicionamento estratigráfico seja ainda de caráter duvidoso, permitindo apenas aventar como sendo pré-brasiliana, preliminarmente posicionada no paleo-mesoproterozóico (Jardim de Sá *et al.*, 1992, Fuck *et al.*, 1993, Angelim, 1992 e Angelim & Silva Filho, 1993).

O Complexo Máfico-Ultramáfico de Campo Alegre de Lourdes (Couto, 1989) representa um corpo cumulático diferenciado e de filiação toleítica, formado por processos de cristalização fracionada e recrystalizado sob condições sintectônicas na fácies xisto verde, zona da biotita. Os litotipos componentes são metapiroxenitos, metagabros/anortositos e ilmenita magnetitos, estes últimos constituindo o minério de Fe-Ti-V (uma das maiores reservas mundiais segundo trabalhos de Lima *et al.*, 1977 e Souza & Sampaio, 1979, *apud* Leite, 1997). Embora não se disponha de dados geocronológicos para as rochas do complexo, os dados geofísicos indicam a mesma orientação dos dipolos magnéticos para este complexo e para o Complexo Carbonatítico de Angico dos Dias (Gomes, 1993), o que sugere um mesmo período de magnetização remanescente oriundo do Paleoproterozóico.

O Complexo Máfico-Ultramáfico do Peixe (Leite *et al.*, 1993) é, também, um corpo básico diferenciado, de linhagem toleítica, constituído por metagabros e metagabro-noritos e por camadas cumuláticas de ilmenita magnetitos. Segundo Gomes (1993), embora haja discordância dos dipolos magnéticos deste complexo com os do Complexo Carbonatítico, é

provável que tenha ocorrido mais de um episódio de colocação e cristalização de magmas de afinidade toleítica durante o Paleoproterozóico.

O Complexo Carbonatítico de Angico dos Dias representa uma associação carbonatítica cristalizada no Paleoproterozóico (Silva *et al.*, 1987 e 1988), composta por carbonatitos, sienitos, albititos e litotipos secundários de piroxenito, alcalidiorito e lamprófiros. Mineralizações de apatita são responsáveis pela formação de dois tipos de jazimentos fosfáticos: o primário, representado por apatita sovitos, e o secundário, mais enriquecido em apatita, formado por processos de alteração supergênica.

A Suíte Alcalina Serra do Meio (Leite *et al.*, 1987 e 1993) é constituída por granitos tipo A (anorogênicos), intrusivos na Unidade Serra da Boa Esperança. Representam granitos enriquecidos em SiO_2 , álcalis e em elementos incompatíveis de alta carga iônica como Zr, Nb e Y, bem como ETR e F. Os dados isocrônicos (Plá Cid, 1994, *apud* Leite, 1997) não são conclusivos e, assim como as observações de campo, apenas evidenciam que esta Suíte foi afetada pelos eventos deformativos do Ciclo Brasileiro.

Dentre os Corpos Máfico-Ultramáficos Diversos destacam-se o piroxenito de granulação grossa e mineralizado em cromo, denominado de Caboclo dos Mangueiros, e a rocha metassomatizada a sul do povoado de Pau-de-Birro. Esta última não foi, ainda, definitivamente caracterizada, pois, apesar de suas assinaturas geofísicas de magnetometria e gravimetria serem semelhantes às dos complexos toleíticos acamadados da área, os raros afloramentos indicam uma rocha fortemente tectonizada e metassomatizada, enquanto que os dados de quimismo mostram uma rocha empobrecida em SiO_2 e enriquecida em Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O e TiO_2 , o que deixa margem a dúvidas quanto ao protólito, se ígneo ou sedimentar.

O Grupo Santo Onofre é constituído por muscovita quartzitos e muscovita-quartzos xistos de idade paleoproterozóica, metamorfizadas na fácies xisto verde. Repousa discordantemente sobre um embasamento provavelmente arqueano, representado por ortognaisses de composição granítica.

A Bacia do Parnaíba aflora no extremo noroeste da área, precisamente na divisa dos Estados da Bahia e do Piauí, e é constituída por arenitos conglomeráticos do Grupo Serra Grande e por arenitos/siltitos ferruginosos do Grupo Canindé (Rodrigues, 1967 e Carozzi *et al.*, 1975, *apud* Leite, 1997). Os arenitos conglomeráticos, de idade ordoviciana-siluriana (Cunha, 1986 e Góes *et al.*, 1990, *apud* Leite, 1997), são representativos de um ambiente deposicional em leques aluviais, enquanto o segundo grupo, de idade devoniana-carbonífera (Caputo & Lima, 1984, Cunha, 1986 e Góes *et al.*, 1990, *apud* Leite, 1997), de um ambiente marinho raso.

Os eventos tectônicos tangencial e transcorrente, de caráter dúctil e dúctil-rúptil, são atribuídos à inversão dos movimentos crustais de divergentes para convergentes, envolvendo colisão e espessamento de massas crustais. Essa tectônica colisional é superposta a todas as unidades litoestratigráficas arqueanas e proterozóicas.

EVOLUÇÃO TECTÔNICA

A região está inserida no contexto dos limites da porção norte do Cráton São Francisco (Almeida, 1977) ou, mais precisamente, no limite do extremo-setentrional do Domínio Tectônico “Corredor do Paramirim” (Alkimim *et al.*, 1993), entre as faixas de dobramentos Riacho do Pontal (Brito Neves, 1975) e Rio Preto (Costa *et al.*, 1976). Este posicionamento geotectônico reflete um arcabouço tectônico proterozóico, expresso por dobramentos, cavalgamentos e transcorrências, afetando gnaisses e migmatitos do

embasamento arqueano, rochas supracrustais, uma suíte granítica alcalina e complexos toleíticos e carbonatíticos. Por outro lado, esse magmatismo relaciona-se a um ambiente anorogênico em crosta continental. Essa conjunção de dados indica que a evolução tectônica experimentou período(s) expressivo(s) de distensão crustal, necessário(s) e suficiente(s) para permitir a ascensão de material magmático das partes profundas da litosfera, bem como a instalação de bacias sedimentares.

A estabilização final da área é admitida como sendo de idade brasileira segundo Fuck *et al.* (1993).

O não reconhecimento da sedimentação típica (Supergrupo São Francisco) e de magmatismo associados ao Ciclo Brasileiro na região dificulta o posicionamento local do limite do Cráton São Francisco com relação às faixas dobradas marginais.

Como o contexto geotectônico é caracterizado por transportes de massas rochosas, tangenciais e transcorrentes, em terrenos originalmente submetidos a uma tectônica extensional, um modelo mais amplo, envolvendo inversão dos movimentos crustais, de extensionais para colisionais, tanto na margem cratônica quanto na cobertura mesoproterozóica, seria necessário para explicar a evolução tectônica regional.

Podem ser identificados pelo menos três eventos anorogênicos nesta área. O primeiro evento é indicado pelos dados das assinaturas geoquímicas dos corpos ígneos plutônicos que mostram colocação e cristalização de magmas toleíticos e alcalinos em ambiente continental, a partir de mecanismos de rifteamento ou domeamento crustal, gerados por plumas mantélicas (Leite *et al.*, 1993). Esse magmatismo tem uma idade pré-transamazônica (paleoproterozóica), conforme os dados radiogênicos obtidos para o Complexo Carbonatítico de Angico dos Dias (Silva *et al.*, 1988). O segundo evento distensivo é registrado pela presença de sedimentação Espinhaço cuja fase rifte foi iniciada

após o Evento Anorogênico Transamazônico (1800Ma). O terceiro evento corresponde à instalação da Sinéclise do Parnaíba, que ocorreu durante o Fanerozóico.

A indisponibilidade de dados geocronológicos que possam responder pela idade de cristalização dos maciços alcalinos e dos complexos toleíticos deixa a questão em aberto em relação à(s) idade(s) de toda a magnetogênese na área e consequentemente, da(s) idade(s) dos eventos deformacionais da Unidade Serra da Boa Esperança. Admitindo-se que todas as rochas plutônicas são associadas cronologicamente ao Complexo Carbonatítico de Angico dos Dias, pode-se assumir que esses eventos deformacionais iniciaram-se no Ciclo Transamazônico. Todavia, não foram observados corpos carbonatíticos no âmbito da Unidade Serra da Boa Esperança, mas sim os maciços graníticos alcalinos, o que não afasta a possibilidade de que a colocação desses maciços tenha se dado durante o Mesoproterozóico, ou seja, pós-transamazônico. Neste caso, os eventos deformacionais que atingiram as supracrustais proterozóicas da área, incluso o Grupo Santo Onofre, ter-se-iam iniciado durante o Ciclo Brasileiro.

GEOLOGIA ECONÔMICA

A região de Campo Alegre de Lourdes dispõe de significativas reservas de minérios de ferro-titânio-vanádio e de fósforo. Embora sejam reservas de grande volume, restrições impostas pelos baixos preços no mercado mundial, pelas condições da infra-estrutura local e a não-economicidade dos ensaios tecnológicos executados para a recuperação do vanádio vêm impedindo que esses jazimentos entrem em operação comercial.

A localização da região em lugar remoto, o baixo índice populacional e a conseqüente precariedade da infra-estrutura local estão entre os fatores determinantes para o não-aproveitamento econômico desses bens minerais. Em relação às estradas, a região

não está ligada ao resto do país por asfalto, e a malha viária municipal apresenta tráfego precário, que se agrava durante o período chuvoso da região. O fornecimento de energia elétrica é dependente da Usina Boa Esperança, localizada no Estado do Piauí e sofre constantes interrupções durante o período chuvoso. Finalmente por estar inserida na região do Polígono das Secas, o município de Campo Alegre de Lourdes não dispõe de fonte permanente de água.

Segundo Leite (1997), outras ocorrências minerais cadastradas na área compreendem: o calcário, que em alguns locais é explotado de modo rudimentar e intermitente para a fabricação de cal, de uso na construção civil, o cristal-de-rocha, objeto de garimpagem no passado, o quartzito, aproveitado de modo esporádico como pedra-de-talhe, a vermiculita, associada ao fosfato, havendo ainda indícios minerais de grafita e fluorita.

HIDROGEOLOGIA

A hidrogeologia a região foi sumarizada por Leite (1997).

Como já citado outras vezes, a área está contida no Polígono das Secas e possui um clima semi-árido. Não existe rio perene na região. Apenas na sede do município de Campo Alegre de Lourdes e no povoado de Peixe existem dois açudes de pequeno porte que abastecem a população e os animais. Deve-se ressaltar que as águas desses açudes, além de poluídas, detêm um nível de salinização bastante elevado, devido à evaporação. O povo se abastece a partir desses reservatórios, por falta de outra fonte de suprimento d'água. Estas condições demonstram a importância da água subterrânea para a sobrevivência da população.

Em todos os aglomerados urbanos foram perfurados poços. Na cidade de Campo Alegre de Lourdes eles são insuficientes para abastecer a população e, nos povoados de Peixe e Angico dos Dias, os poços deram resultados negativos (secos).

A cidade de Campo Alegre de Lourdes é abastecida por quatro poços tubulares e pelo açude existente junto à cidade. Não possui rede de distribuição e, portanto, não existe qualquer sistema de tratamento.

Na zona rural, a água para o consumo humano e animal é proveniente de poços tubulares e escavados, pequenas represas ou barragens existentes nas fazendas e pequenas propriedades. Nos períodos de seca a prefeitura fornece caminhões-pipa para atender a população mais carente.

Assim, a água subterrânea é utilizada nas duas atividades básicas que são o consumo humano e animal (não existe irrigação nem indústria). Em certos núcleos habitacionais, o poço tubular ou escavado mais próximo fica a 5 ou 6km de distância.

Em termos potenciais, todos os aquíferos da região têm baixa capacidade específica.

Com relação à composição química, as águas apresentam salinidade média a alta, com o valor do resíduo seco médio de 851mg/l. Entre os tipos químicos verificou-se um certo equilíbrio, com ligeira predominância das águas cloretadas com 44%, as bicarbonatadas com 38% e, por último, as mistas com 8%.

Na classificação das águas para os diversos usos verifica-se que:

- Para o consumo humano 64% das águas apresentam potabilidade boa a passável e 36% medíocre a má.
- Para o consumo animal não há restrições. Todas as águas estão dentro dos padrões recomendados.

- Para a irrigação, 31% das águas analisadas podem ser utilizadas em culturas moderadamente tolerantes, em solos com drenagem regular. Os restantes 69% requerem condições especiais quanto ao tipo de cultura, solo e drenagem.
- Para o uso nas pequenas atividades industriais existentes (padaria, lavanderia, curtume, doceria) as águas são consideradas adequadas.

1.5.2. - CONTEXTO LOCAL

O Complexo de Angico dos Dias representa a primeira associação carbonatítica com idade proterozóica descoberta no âmbito do Cráton São Francisco (Silva *et al.*, 1987), apresenta dimensões de 2,25km x 1,25km e aflora no sopé de um escarpamento encurvado, modelado por arenitos e conglomerados do Grupo Serra Grande (Bacia do Parnaíba), a WNW, e por rochas do embasamento gnáissico-migmatítico a ENE.

Silva *et al.* (1988), definiram os litotipos constituintes do complexo como sendo piroxenitos, dioritos alcalinos, sienitos (albititos, alcalifeldspato sienitos e quartzo sienitos), carbonatitos (olivina-apatita sovitos, biotita-apatita sovito e magnetita-olivina-apatita sovito), lamprófios e crostas fosfáticas residuais. Piroxenitos e lamprófios ocorrem de forma mais restrita.

Os piroxenitos (diopsiditos) apresentam granulação média a grossa e textura granular hipidiomórfica. A composição mineralógica essencial é de diopsídio, barkevikita (anfíblio sódico) e biotita. Os acessórios incluem tremolita, epídoto e carbonato.

Os dioritos alcalinos apresentam-se bandados e foliados. O bandamento é caracterizado por cristais grossos de *cumulus* de plagioclásio exibindo variadas granulometrias, com interstícios preenchidos por cristais irregulares de piroxênio e

magnetita. Tanto o plagioclásio como piroxênio estão inteiramente alterados, o primeiro em saussurita e o segundo em tremolita.

Os sienitos formam exposições com uma ou duas dezenas de metros de largura, com direção N30°E ou ainda massas tabulares/lenticulares estreitas e alojadas no embasamento. Por vezes apresentam xenólitos de piroxenito, evidenciando cristalização por processos sequenciais de intrusões múltiplas. O contato com o carbonatito se faz através de uma zona de biotitização ou por uma zona de rocha mista, ora predominando carbonato, ora feldspato.

Três tipos petrográficos característicos foram descritos no âmbito dos sienitos: albititos, álcali-feldspato sienitos e quartzo sienitos. Todos eles têm em comum a presença de um feldspato potássico com Ba.

Os albititos são constituídos essencialmente por albita e os acessórios são a biotita, clinopiroxênio, apatita, zircão, calcita, feldspato potássico com Ba, titanita, monazita (inclusa na apatita), ilmenita com auréola de titanita, thorita (nas bordas da apatita e inclusa em carbonato e biotita), allanita, baddeleyíta, pirita e galena. Os alcalifeldspato sienitos são constituídos essencialmente por feldspato potássico com Ba, diopsídio, esfeno e apatita e os acessórios são albita, tremolita-actinolita, ilmenita e carbonato. O quartzo sienito aparece no contato com os gnaisses graníticos, mostra-se fortemente tectonizado e é constituído essencialmente por albita, quartzo e biotita castanha.

O carbonatito posiciona-se no interior do sienito, no contato sienito-embasamento e, raramente, no embasamento (Silva *et al.*, 1988). Mesoscopicamente, apresenta granulação grossa, coloração cinza claro e é constituído por cristais centimétricos de calcita e por grãos ovóides de apatita verde-clara, biotita, magnetita e pseudomorfos serpentinizados de olivina. Em um dos afloramentos pode-se observar níveis compostos por apatita ou por magnetita+olivina, sugerindo um acamamento cumulático.

Os estudos petrográficos da CBMM (Silva *et al.*, 1988) indicam que o carbonatito é essencialmente composto por calcita (18 a 92% em volume), apatita (2 a 35%), biotita (0 a 46%), magnetita (0 a 25%) e olivina serpentinizada (0 a 40%). Os acessórios são: tremolita, monazita, baddeleyita, zircão, antofilita e sulfetos. As texturas indicam que a apatita é anterior à cristalização da forsterita, da biotita e da magnetita.

Análises químicas permitiram, segundo Gomes *et al.* (2001), observar que o carbonatito de Angico dos Dias possui altas concentrações de Ba, Pb, Sr e Y e baixas de Rb, U, Ta e Nb, bem como mostram-se fortemente enriquecidos em elementos terras raras leves.

Lamprófiros homófanos foram descritos tanto em litologias do complexo quanto do embasamento. São corpos de rochas máficas de granulação fina e espessura variável. Mineralogicamente podem ou não apresentar feldspato. O tipo com feldspato albitico possui textura subofítica, constituída por ripas de plagioclásio com bordas mais sódicas e agregados com biotita dominante e actinolita+clorita, formados a partir do piroxênio. Os acessórios são ilmenita, apatita, cobaltita, pirita, calcopirita, esfalerita e galena. O tipo sem feldspato é predominantemente formado por fenocristais de biotita em matriz de biotita, tremolita-actinolita, calcita e clorita.

Segundo Silva *et al.* (1987 e 1988) não foram observadas evidências de processos de fenitização nas litologias do complexo e de suas encaixantes. Por outro lado, o conteúdo elevado de apatita (teor médio de P_2O_5 cinco vezes maior que o valor médio calculado por Heinrich, 1966, *apud* Leite, 1997 para os carbonatitos) não encontra paralelo em outros complexos carbonatíticos.

Os elevados conteúdos de ETR, dos valores das razões das razões ETRL/ETRP e de (La/Lu)_N indicam que os litotipos do complexo se cristalizaram a partir de um magma

basáltico alcalino. Cullers & Graf (1984) sugerem que um magma basáltico rico em álcalis poderia formar-se por fusão de 5% de granada peridotito do manto superior e a cristalização fracionada originaria a série rochosa presente nos complexos carbonatíticos. A mesma hipótese é compartilhada por Silva *et al.* (1988).

A alteração do diopsídio a um produto constituído por biotita+tremolita+calcita nos piroxenitos, e do diopsídio a tremolita+actinolita nos sienitos, sugere condições metamórficas de temperaturas compatíveis com a fácies xisto-verde. Os dados publicados indicam que o metamorfismo acompanhou o tectonismo regional, gerando recristalização parcial do carbonato e exsolução de ilmenita em cristais de magnetita martitizada. O cisalhamento superposto imprimiu texturas rúpteis tipo *pull-apart* aos grãos de apatita e texturas dúcteis tipo estiramento, sigmóides e *kinking*, nos pseudomorfos e na biotita.

A CBMM realizou datações em grãos de zircão e baddeleyíta pelo método U/Pb e em grãos de apatita por traços de fissão. Todos os grãos foram extraídos dos tipos carbonatíticos. O método U/Pb mostra que, em um diagrama Concórdia, os dados situam-se próximos a uma idade de 2011 ± 6 Ma, que é a admitida para a cristalização do carbonatito (Silva *et al.*, 1987).

Para a apatita, as análises por traços de fissão forneceram um valor médio (3 determinações) de 336 ± 16 Ma. A apatita e a baddeleyíta são co-cristalizadas e esta idade representa o último evento termal na área, com temperatura acima de 100°C.

Há mais de duas décadas são conhecidas mineralizações de vermiculita associadas ao Complexo Carbonatítico de Angico dos Dias (Caldasso *et al.*, 1973), mas só em 1984 a CBMM iniciou um programa de prospecção preliminar na região que resultou na definição de importante faixa portadora das concentrações de fosfato residual e na localização de dois afloramentos de carbonatito (Silva *et al.*, 1988). Embora essas mineralizações já tenham

sido lavradas de modo rudimentar por companhias privadas, foram consideradas antieconômicas pelas pesquisas realizadas.

O carbonatito do complexo é mineralizado em apatita, constituindo o minério primário, com teor médio de 8% de P_2O_5 (Silva *et al.*, 1988). Os minerais essenciais são: calcita (50%), apatita (20%), olivina (11%), biotita/flogopita (10%) e magnetita com exsoluções de ilmenita (5%) enquanto os acessórios mais comuns são baddeleyíta, monazita, pirrotita e pirita. A apatita ocorre em geral como cristais de formato ovóide, fraturados, e com dimensão média de 0,4cm (Liberal & Cassola, 1989).

Os controles do minério primário são o litológico e o estrutural e os dois corpos principais estão orientados predominantemente na direção NNE-SSW e segundo ângulos suaves de mergulho para NW. O primeiro corpo apresenta espessura regular em torno de 50m e o segundo espessura de até 100m (Liberal & Cassola, 1989).

A tectônica compressiva superposta atuante durante o Ciclo Brasileiro, que gerou cisalhamento tangencial e transcorrente com componente oblíquo, na porção norte da área, foi responsável pelo formato lenticular dos corpos do minério (“macrobdouinagem”).

[Dados de quimismo em oito amostras de carbonatito (Liberal & Cassola 1989) evidenciam valores bastante elevados de P_2O_5 (7 a 14%), CaO (35,2 a 48,4%), BaO (0,04 a 0,49%) e SrO (0,87 a 1,18%). Em relação aos elementos menores, os teores de Nb, Ta, Th e V são muito baixos para os carbonatitos e para os demais litotipos do complexo.

O outro tipo de minério é resultante de processos de enriquecimento supergênico residual atuantes desde o Plioceno-Pleistoceno. Esse minério é significativamente mais rico em P_2O_5 constituindo um apatitito devido à maior estabilidade da apatita em relação aos carbonatos e silicatos perante os processos intempéricos.

O apatitito é constituído por minerais residuais – apatita, baddeleyita, zircão, magnetita e ilmenita – e por minerais supergênicos – vermiculita, argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro, apatita coloidal, gorceixita e goyazita.

Segundo Kahn *et al.* (1990), foram definidos seis tipos diferentes da apatitito, com variações nos teores de P_2O_5 , SiO_2 e Al_2O_3 como indicado na tabela 1.

Tabela 1 – Características gerais dos diferentes tipos de apatitito (segundo Kahn *et al.*, 1990).

	Espessura	Teores (%)		
	(m)	P_2O_5	SiO_2	Al_2O_3
apatitito superficial silicoso	< 2	15	30 a 60	8 a 16
apatitito aluminoso	< 9	10 a 18	10 a 30	8 a 18
apatitito	< 10	20 a 25	5 a 15	4 a 8
apatitito recristalizado	< 7	27 a 30	< 4	< 4

A avaliação das reservas do depósito de minério residual (apatitito) efetuada pela CBMM pelo método da krigagem em blocos de tamanho de 100mx25mx3m definiu uma reserva medida de 12,5 milhões de toneladas, considerando um teor de corte de 6% de P_2O_5 e um teor médio de 15,4% de P_2O_5 (reservas de P_2O_5 contido de 1,92 milhões de toneladas). No minério primário foram bloqueadas reservas de 50 milhões de toneladas com teor médio de 8% de P_2O_5 .

Estudos de beneficiamento do minério residual visando a obtenção de concentrados fosfáticos executados pela Paulo Abib Engenharia para a CBMM, foram feitos a partir de três rotas: lavagem e separação magnética de baixa intensidade; lavagem e separação magnética de alta intensidade e flotação (Liberal & Cassola, 1989).

Em relação à primeira rota, o concentrado obtido (recuperação em P_2O_5 de 81,3%) poderia ser utilizado para a fabricação de termofosfato, desde que precedida de etapa de granulação ou pelotização para a entrada nos fornos convencionais.

Quanto à segunda rota, o concentrado (recuperação em P_2O_5 de 69,5%) mostrou-se adequado para produção de ácido fosfórico, SSP ou TSP, partindo-se de amostra de minério com 18,5% de P_2O_5 . Já a rota por flotação contemplaria o aproveitamento do depósito, com produção de concentrado (recuperação em P_2O_5 de 84,2%) com especificação adequada para a fabricação de ácido fosfórico, TSP ou SSP.

Nas rotas de beneficiamento via separação magnética, segundo os estudos de Kahn *et al.* (1990), somente seriam passíveis de aproveitamento os materiais mais ricos, constituídos essencialmente por apatita e oxi-hidróxidos de ferro, com minerais micáceos, quartzo e outros silicatos ocorrendo de forma subordinada. Na alternativa de beneficiamento por flotação, todos os tipos de minério (apatitito superficial silicoso, apatitito aluminoso, apatitito e apatitito recristalizado, minério micáceo, minério magnesiano e minério carbonatítico) seriam aproveitados. A distribuição de todos os tipos de minério na jazida pode ser observada na tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição dos tipos de minério em Angico dos Dias (segundo Kahn *et al.*, 1990).

Tipos de Minério	Distrib. (%)	Teores (%)							CaO/	Distri. Fósf.
		P ₂ O ₅	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Contido (%)
Apatititos										
Superficial silicoso (2)	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apatitito aluminoso (1)	14,2	16,9	22,4	24,5	9,70	19,1	1,12	0,49	1,33	15,8
Apatitito (1)	34,8	23,4	32,4	12,8	4,35	20,1	2,12	0,47	1,38	43,8
Apatitito recristalizado (1)	8,2	29,1	39,2	5,50	3,54	17,6	0,47	0,10	1,35	12,9
Micáceo (1)	27,1	14,1	20,5	26,8	8,36	15,2	7,38	2,32	1,45	20,5
Magnesiano (1)	11,0	9,99	16,3	35,3	9,22	12,8	8,84	3,16	1,03	6,0
Carbonatítico (1)	1,3	13,4	29,3	24,3	4,63	12,4	n.d.	n.d.	2,19	1,0
TOTAL	100,0	18,6	26,3	20,8	6,92	22,7	-	-	1,41	100,0

(1) Teores médios obtidos a partir de análises das amostras compostas

(2) Superficial silicoso foi incorporado ao apatitito aluminoso

n.d. Não determinado

Um perfil mostrando as variações verticais e laterais do minério de Angico dos Dias pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Perfil mostrando as variações do minério de Angico dos Dias (Kahn *et al.*, 1988).

Ao realizar estudos de avaliação de mercado para fertilizantes fosfatados nas regiões Norte e Nordeste, a CBMM propôs um projeto industrial visando a produção de 200 mil toneladas/ano de concentrado fosfático para abastecimento de unidades intermediárias de solubilização, que deverão produzir SSP eTSP.

Atualmente está sendo desenvolvida, no CETEM-CNPq, a pesquisa de uma rota alternativa para o aproveitamento integrado de fosfato e terras raras no Complexo Alcalino-Carbonatítico de Angico dos Dias, cujos direitos de lavra são da Galvani S.A..

Capítulo II — Revisão Bibliográfica

II.1. - OS COMPLEXOS ALCALINO-CARBONATÍTICOS

Os carbonatitos e complexos alcalinos são conhecidos em todos os continentes e existem desde o Proterozóico até o Cenozóico (Biondi, 1986). São feições essencialmente continentais e estão associadas a zonas de grandes rebaixamentos (rifes). Nestas regiões, os carbonatitos e os kimberlitos situam-se preferencialmente nas zonas de inflexão das placas continentais, nas bordas de megafraturamentos. Embora sejam comuns províncias alcalinas desprovidas de carbonatitos, o inverso é extremamente raro, sendo as primeiras menos restritos quanto ao ambiente tectônico onde se situam.

A ocorrência de manifestações carbonatíticas, às quais se associam as mineralizações de fosfato, parece necessitar de um ambiente continental, com crosta espessa e bem evoluída, e do rompimento desta crosta por estruturas de grandes proporções, que atinjam o manto. Compreende-se, daí, por que cerca de 90% dos carbonatitos são encaixados em granitos e gnaisses, rochas típicas de placas continentais evoluídas.

Existe um controle tectônico bem marcado na distribuição desses complexos no Brasil, estando eles limitados preferencialmente às faixas marginais das áreas cratônicas que bordejam as Bacias do Paraná e Amazônica.

Segundo Rodrigues & Lima (1984), são conhecidos 21 complexos carbonatíticos relacionados a rochas alcalinas no Brasil, distribuídos em cinco províncias alcalino-carbonatíticas: Amazônica, Alto Araguaia, Alto Paranaíba, Sudeste e Sul, sendo a mais importante a do Alto Paranaíba.

A maioria desses depósitos é de idade mesozóica, com exceção de Mato Preto (PR) e Lages (SC), ambos cenozóicos, além de Mutum (PA) e Angico dos Dias (BA), de idade pré-cambriana.

Os complexos carbonatíticos brasileiros exibem, geralmente, em planta, formas ovaladas a circulares, sendo a maioria deles intrusivos em rochas do embasamento pré-cambriano, tais como gnaisses, granitos, granodioritos, xistos e quartzitos, embora alguns se encaixem em camadas sedimentares da Bacia do Paraná.

As zonas periféricas das intrusões são constituídas, geralmente, por rochas mais resistentes aos processos intempéricos (fenitos), donde resulta a formação de saliências anelares, ressaltadas na topografia, tanto em relação às partes centrais das estruturas, quanto em relação às rochas regionais.

Alguns aspectos estruturais são comuns à maioria dos complexos. Falhamentos e fraturas radiais e concêntricas são encontrados, praticamente em todos eles. Estrutura dômica, com arqueamento das encaixantes, só não ocorre nos maciços envolvidos por rochas granito-gnáissicas, granodioríticas e migmatíticas, à exceção de Ipanema (SP).

A maioria dos complexos-carbonatíticos brasileiros pertencem a uma associação plutônica do tipo portador de dunito, peridotito, piroxenito e carbonatito (Grossi-Sad, 1972). Uma exceção seria o aparelho vulcânico de Santo Antônio da Barra (GO), que apresenta lavas e rochas piroclásticas carbonatíticas (Gaspar & Danni, 1981), constituindo-se no primeiro exemplo brasileiro de carbonatito extrusivo.

Podem ser definidas mais de uma dezena de associações litológicas, de filiação básica-ultrabásica-alcalina, relacionadas aos carbonatitos.

Os diques que ocorrem em praticamente todos os maciços são, na maioria, radiais ou anelares e quase sempre de dimensões reduzidas. Os tipos litológicos mais comuns possuem composições lamprofíricas alcalinas.

A extrema variação litológica, perceptível em escala métrica ou mesmo centimétrica tem consequência direta nos perfis de alteração.

Os carbonatitos caracterizam-se por conterem depósitos economicamente interessantes (figura 2) de nióbio, terras raras (sobretudo lantânio e cério), fosfato, titânio, vermiculita; existem ainda carbonatitos calcíticos lavrados para a fabricação de cimento. Muitos mostram concentrações anormais de Ba, F, Zr, Th, U, Cu, Mo, Pb e Zn, muitas vezes explorados como subprodutos, embora muitas vezes tornem-se o principal produto da lavra.

Figura 3 – Distribuição esquemática das mineralizações em torno de um complexo alcalino-carbonatítico (Biondi, 1986).

No Brasil, o aproveitamento de bens minerais associados a complexos alcalino-carbonatíticos iniciou-se efetivamente durante a década de 50 no complexo de Jacupiranga (SP). Com o esgotamento das reservas associadas ao manto de intemperismo, ricas em fósforo e de fácil tratamento, houve a necessidade do desenvolvimento de uma tecnologia própria que permitisse o beneficiamento do minério associado a rocha sã, com baixos teores. Este desafio foi superado em 1967, por Andery (*apud* Kahn, 1999), através do desenvolvimento pioneiro do processo de concentração de apatita por flotação. Este processo foi posteriormente aplicado a outros depósitos no Brasil e no mundo.

A existência de vários complexos alcalino-carbonatíticos no Brasil motivou uma intensa investigação geológica e tecnológica nas décadas de 70 e 80, objetivando viabilizar novos empreendimentos mineiros, enfocando não só o fósforo como também Nb, Ti, F, U e ETR.

Os complexos de Tapira (MG), Catalão I (GO), Araxá (MG) e Jacupiranga (SP) destacam-se atualmente pela produção de concentrados de apatita. O nióbio é produzido principalmente em Araxá (MG) e secundariamente em Catalão (GO). A fluorita, associada a complexos alcalino-carbonatíticos no Brasil, é produzida exclusivamente em Mato Preto (PR).

Em 1999 (Sumário Mineral, 2000), o Brasil produziu 4301 mil toneladas de concentrado de rocha, 1719 mil toneladas de ácido fosfórico e 7246 mil toneladas de produtos intermediários. Neste mesmo ano, os Estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás, representados pelas empresas Fosfértil, Ultrafértil, Serrana Fertilizantes e Copebrás, produziram 95,6% (4.123.500 t) da rocha fosfática com média de 87% da capacidade instalada de 4,9 milhões de toneladas por ano.

O Brasil atualmente ocupa o 7º lugar na produção de rocha fosfática, com 3,1% da produção mundial e o 8º lugar com uma reserva de 272 milhões de toneladas de concentrado de rocha fosfática. Apesar disso ainda importa rocha fosfática de Israel, Marrocos e Tunísia, ácido fosfórico do Marrocos, Estados Unidos e África do Sul e compostos químicos dos Estados Unidos, Israel, Marrocos e Rússia, segundo dados do Sumário Mineral (2000).

II.2. – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA APATITA

A composição da apatita varia em função de sua origem / ambiente geoquímico. Geralmente, a apatita sedimentare é carbonatofluorapatita e tem teores em F^- e CO_3^{2-} maiores que 1% em peso, sendo denominada francolita. A dahlita (carbonatohidroxiapatita) é a matéria mineral de ossos fósseis, enquanto a hidroxiapatita forma-se na alteração de materiais fosfatados sob influência de guano. As duas últimas formas constituem também a matéria mineral de ossos e dentes. A apatita ígnea é principalmente, mas não só, fluorapatita, podendo ter substituições importantes do F^- por OH^- , e com teores variados em CO_3^{2-} (em substituição ao P e não ao F) mais baixos que em apatitas sedimentares.

A fluorapatita (figura 3) cristaliza no sistema hexagonal, grupo espacial $P6_3/m$ (Bragg *et al.*, 1965). Perpendicularmente ao plano (001), há dois tipos de canais; o primeiro, com diâmetro de cerca de 2Å , corresponde aos eixos ternários da estrutura e são rodeados por íons Ca^{2+} em posição Ca1, coordenados a 9 átomos de oxigênio. O outro tipo, com diâmetro um pouco maior (3 a $3,5\text{ Å}$), é formado pelos eixos c helicoidais, bordejados pelos íons Ca^{2+} na posição Ca2, coordenados a 7 átomos de oxigênio. Resulta uma malha elementar correspondente a um prisma reto de base losangular, com quatro íons Ca1, seis íons Ca2, seis íons P, dois íons F e 24 átomos de O. Segundo Montel (1968), a apatita

apresentam-se como um sólido lacunar atravessado por canais cujo diâmetro varia em função das substituições nos seus sítios iônicos; estes canais ou túneis favorecem a difusão iônica, podendo mesmo ser observada difusão no estado sólido (Wallaeys, 1968).

Figura 4 – Estrutura da apatita segundo Montel (1968) (modelo elaborado com o auxílio do programa ORTEP3 (Farrugia, 1997) por Ferrari, 2000).

O conteúdo aniônico da apatita pode incluir, no sítio XO_4^{3-} , SiO_4^{4-} , SO_4^{2-} , VO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , CrO_4^{2-} e ainda outros; o sítio do ânion monovalente F^- pode também ser ocupado principalmente por OH^- , Cl^- ou CO_3^{2-} . O conteúdo catiônico pode incluir, além do Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , U^{6+} , K^+ , ETR^{2+} e $^{3+}$, Zn^{2+} , Pb^{2+} , Be^{2+} e Cd^{2+} , entre outros. Al^{3+} poderia substituir tanto Ca^{2+} como P^{5+} .

As substituições mais importantes relativas a apatita de complexos carbonatíticos referem-se à carbonatação do tipo B (na posição do ânion fosfato) e às substituições do cálcio por estrôncio e elementos terras raras, com substituições aniônicas ou catiônicas acopladas para a compensação das cargas elétricas, dentro dos limites das disponibilidades geoquímicas (por exemplo, PO_4^{3-} por SiO_4^{4-} quando Ca^{2+} é substituído por cátions trivalentes).

A localização do ânion CO_3^{2-} na apatita foi objeto de extensas pesquisas e polêmicas na literatura. Sabe-se hoje que há dois tipos distintos de apatita carbonatadas. No tipo A, o íon carbonato substitui os ânions dos canais, enquanto no tipo B o íon carbonato substitui o ânion PO_4^{3-} (Montel, 1968). Os estudos espectroscópicos por Infravermelho e também pelo efeito Raman permitem distinguir a localização dos ânions CO_3^{2-} nos canais ou no sítio do PO_4^{3-} (Montel, 1968 e Leroy, 1997). A carbonatação do tipo A, havia sido encontrada apenas em hidroxiapatita preparada a altas temperaturas e em alguns tipos de apatita de origem biológica; em todos os outros tipos de apatita, a maioria dos pesquisadores concordam em que o CO_3^{2-} está substituindo o PO_4^{3-} . No entanto, recentemente (Comodi & Liu, 2000) demonstraram a presença de CO_3^{2-} nos canais da apatita do carbonatito extrusivo de Kasekere (Uganda), substituição do tipo A, portanto, através de análises por Infravermelho e Microespectrometria Raman; foi esta a primeira demonstração deste tipo de carbonatação em apatita mineral natural.

Para a compensação de cargas necessária para balancear a estrutura apatítica com esta substituição, íons F^- podem acompanhar os CO_3^{2-} (Gulbrandsen *et al.*, 1966, Hoggarth, 1989 e Regnier, 1994) mantendo a neutralidade elétrica. Este flúor não estaria na posição normal e seria não estequiométrico, representando uma quantidade de F (o chamado excesso em flúor) além daquela relativa à ocupação dos canais. A presença de OH^- com a

mesma finalidade foi sugerida por Borneman-Starynkevich & Belov (1940 e 1953, *apud* Nathan, 1984). Gulbrandsen *et al.* (1966) reconheceu que a substituição de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} pode levar à incorporação de F^- ou OH^- ou a um déficit em Ca^{2+} para compensação de cargas. Sommerauer & Katz-Lehnert (1985) propuseram que a compensação de cargas acoplada à carbonatação do tipo B seria feita pela entrada de SiO_4^{4-} também no sítio do fosfato (dois PO_4^{3-} substituídos por um CO_3^{2-} e um SiO_4^{4-} , no que concordam Liu & Comodi (1993), e ainda por OH^- acoplados aos ânions carbonato ($\text{CO}_3\text{OH}^{3-}$) e pela entrada de ETR^{3+} na posição do Ca^{2+} .

O cálcio das posições Ca1 e Ca2 pode ser substituído por Na, K, Ag, Sr, Mg, Mn, Al, Fe, Pb, Ba, Sn, Zn, Cd, Sc, Y, ETR, Bi, U e ainda outros, como citam diversos autores, entre eles Larsen *et al.* (1952), Cockbain (1968), McConnell (1973), McArthur (1978), Fransolet & Schreyer (1981), Nathan (1984), Hoggarth (1989), Nounah *et al.* (1990 e 1992), Liu & Comodi (1993), Sery *et al.* (1996) e Dawson *et al.* (1996).

O fenômeno da Catodoluminescência desempenha papel relevante na investigação dos ETR em apatita (Mariano & Ring, 1975, Mariano, 1978, Knuston *et al.*, 1985, Mariano, 1988 e Marshall, 1988). Este fenômeno ocorre devido à presença de substituições em suas estruturas, sendo que os principais elementos ativadores são Mn^{2+} , Sm^{3+} , Dy^{3+} , Tb^{3+} , Eu^{3+} e Eu^{2+} e permite o estudo de zonações químicas não detectáveis aos microscópios óptico e eletrônico de varredura (imagens de elétrons retroespalhados e análises EDS) e mesmo à microsonda eletrônica, pois variações de concentrações nos elementos ativadores abaixo de 100ppm já geram modificações nas cores de CL.

Mariano & Ring (1975) estudaram a catodoluminescência ativada pelo Eu em apatita e outros minerais, concluindo que o estado de oxidação deste elemento e, portanto, do meio de formação do mineral, pode ser obtido por estas observações. Mariano & Ring

(1975) e Mariano (1978) mostraram que a apatita de carbonatitos, ao contrário da apatita de rochas ígneas e metamórficas comuns, luminesce em azul com a excitação por catodo, devido à emissão do Eu^{2+} a 410-430nm. A razão $\text{Eu}^{2+}/\text{Eu}_{\text{total}}$ foi determinada por Moroshkin & Gorobets (1985 *apud* Hoggarth, 1989) a partir das características de Catodoluminescência, tendo sido esta razão considerada um bom indicador das condições de oxiredução.

Roeder *et al.* (1987) fizeram um estudo comparativo das observações e análises de espectros de CL sobre apatitas de diversas origens, ígnea, hidrotermal e intempérica, com análises químicas pontuais de ETR em microsonda eletrônica e de prótons, indicando que as fortes mudanças nos espectros visíveis produzidos por mudanças sutis na composição em elementos traços torna a técnica útil para distinguir diferentes estágios de crescimento cristalino. Ressaltam, ainda, que a técnica encontra grande aplicação na exploração dos carbonatitos, usada para estimar a distribuição e as espécies de ETR presentes nos minerais. Estes autores concluíram que a altura relativa entre o pico de Sm em relação ao de Dy pode ser um bom indicador para o grau de enriquecimento de ETR leves ou pesados. Observaram também que a presença de Mn^{2+} (com um pico muito largo) diminui a resolução dos picos de Sm e Dy. Mostram que a apatita do perfil laterítico australiano estudado, com grande quantidade de Mn^{4+} , mostra boa resolução dos picos de Sm e Dy, indicando baixa influência de Mn^{2+} , apesar dos baixos teores em ETR.

Mesmo reconhecendo a importância do estudo do fenômeno da Catodoluminescência em apatita, que pode contribuir para o esclarecimento dos problemas de gênese e evolução dos materiais ígneos, Murray & Oreskes (1997) mencionaram que a eficácia desta ferramenta de reconhecimento e caracterização pode ser prejudicada pois a

orientação cristalográfica dos cristais e o envelhecimento da luminescência podem causar variações nas cores, intensidades e espectros de CL.

Uma questão importante discutida na literatura é o efeito das substituições iônicas na estabilidade (solubilidade) e na estrutura (modificação nos parâmetros de cela unitária e, portanto, na densidade do mineral), além de modificações nas propriedades ópticas das apatitas, já mencionadas no item anterior.

Segundo Altschuler (1973), a fluorapatita é marcadamente menos solúvel que a hidroxiapatita e que a francolita. Vários outros autores mencionam o aumento da solubilidade das apatitas com o aumento da substituição de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} , que teria um efeito desestabilizador da estrutura (Chien & Black, 1976, Vieillard, 1978 e Jahnke, 1984).

LeGeros *et al.* (1968) demonstraram o efeito da presença de CO_3^{2-} na cristalinidade e na morfologia dos cristalitos, indicando que a menor dimensão dos cristalitos de apatita carbonatada acarreta o aumento da superfície específica, e aumenta a velocidade de dissolução. Lehr *et al.* (1968) observaram as mesmas mudanças em francolitas naturais: enfraquecendo a sua estrutura, a entrada de carbonato tornaria a apatita mais solúvel. Esta propriedade, segundo Nathan (1984), é prejudicial para as apatitas de tecidos biológicos mas pode ser considerada vantajosa para as apatitas minerais utilizadas na fabricação de fertilizantes.

Lenharo (1994), a partir da idéia de que a substituição do Ca^{2+} por cátions maiores provoca aumento simultâneo dos parâmetros a e c , em integração com os efeitos das substituições aniônicas e ainda utilizando outras técnicas, demonstrou a presença de Sr em apatita de vários maciços carbonatíticos brasileiros.

II.3. – A APATITA E SUA EVOLUÇÃO DURANTE O INTEMPERISMO

A alteração da apatita pode ser considerada sob dois aspectos principais: a modificação de sua composição antes da dissolução, e o destino do P e demais elementos constituintes da estrutura original após a dissolução total. A evolução supérgena dos fosfatos primários, com lixiviação ou fixação do fósforo e a subsequente neoformação de estruturas supérgenas depende das condições locais, que incluem os aspectos climáticos e topográficos, além das características texturais, estruturais, mineralógicas e geoquímicas da rocha original, que determinam as condições físico-químicas dos meios e, conseqüentemente, o comportamento dinâmico do fósforo.

Normalmente, a apatita dos mantos de alteração sobre os complexos carbonatíficos é apontada como idêntica à apatita inicial, ou seja, não são apresentadas modificações químicas tipo dissolução incongruente ou troca de íons (Altschuler, 1973, citando os estudos de Davies, 1947, Garson, 1966, Deans, 1966 e Melcher, 1966). Alguns estudos sobre casos brasileiros contrariam esta idéia como em Florêncio & Toledo (1997), onde Al foi encontrado em bordas de apatitas em vias de alteração, e em Toledo *et al.* (1998), que encontraram remoção de substituintes catiônicos e aniônicos na apatita ígnea de Catalão I (GO), Anitápolis (SC), Juquiá (SP) e Tapira (MG) com o intemperismo.

Altschuller (1973) também observou a ocorrência de dissolução incongruente com maior liberação de Ca que de P em experimentos de ataque de apatitas a 25 e 70°C, diminuindo a relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$.

McArthur (1978 e 1985), estudando francolitas sedimentares de diversas situações de exposição após a deposição, concluiu que o intemperismo reduz as concentrações em Na^+ , Sr^{2+} , SO_4^{3-} e CO_3^{2-} . O mesmo autor sugere que é provável que pequenas quantidades de substituintes confirmam maior estabilidade à carbonatofluorapatita. Além de um certo

ponto, parece que o intemperismo não remove mais os substituintes, até que a estrutura seja destruída. O mesmo autor ressaltou que o Sr, tendo a mesma carga do Ca, parece ter maior liberdade de entrada e saída da estrutura, não dependendo de substituições acopladas, sendo, por isso, mais afetado pelo intemperismo.

Flicoteaux & Lucas (1984) mostraram que, durante o intemperismo, a carbonatoapatita sofre descarbonatação e modifica sua composição para fluorapatita.

Tazaki *et al.* (1987) estudando a alteração da apatita em condições extremas de lixiviação observaram que pode ocorrer: fragmentação, formação de produtos amorfos e aumento nas dimensões da cela unitária.

A modificação da composição da francolita por alteração intempérica foi ainda observada por outros autores, embora sem o esclarecimento se se trata de remoção de constituintes da estrutura ou de recristalização local ou ainda de dissolução seguida de transporte e redeposição (Cook, 1972, McArthur, 1978, 1980 e 1985, Lucas *et al.*, 1980 e Flicoteaux & Lucas, 1984). De maneira geral, a literatura mostra que o teor em CO_3^{2-} pode diminuir (o que é observado geralmente na alteração de fosforitos marinhos, ou seja, depósitos de apatita ricas em CO_3^{2-}) ou aumentar, o que tem sido observado nas alterações de apatita inicialmente pobre neste ânion (Zanin, 1989), apatitas de rochas ígneas, geralmente.

Segundo Santos (1998), entre outros, a natureza da apatita nas frentes de lavra depende diretamente do grau de alteração intempérica da rocha, ou seja, quanto mais alterada a rocha, maiores são os problemas de rugosidade e presença de irregularidades de dissolução parcial, de recobrimento e impregnação superficial dos grãos de apatita e maior a presença de fosfatos secundários (apatíticos e não apatíticos) e plasmas secundários que podem prejudicar o processo de flotação. Deve-se ressaltar, no entanto, que a alteração

intempérica tem um papel duplo na formação das jazidas; se, por um lado enriquece o material em P_2O_5 , pela perda de outros compostos por lixiviação, por outro lado, prejudica o minério, imprimindo aos grãos apatíticos uma série de modificações indesejáveis, do ponto de vista do beneficiamento, além de terminar por reciclar o fósforo presente nas apatitas, formando fosfatos aluminosos não aproveitáveis.

II.4. – O APROVEITAMENTO DE MINÉRIOS FOSFÁTICOS ASSOCIADOS A COMPLEXOS ALCALINO-CARBONATÍTIOS

Os principais minérios brasileiros requerem um tratamento complexo e são de difícil beneficiamento por apresentarem mineralogia complexa, baixo grau de uniformidade e baixo teor de apatita, o que implica em problemas no seu aproveitamento industrial (Barros, 1997). Esses minérios necessitam de rígidos controles nas frentes de lavra e obrigam a utilização de onerosos métodos de beneficiamento, como operações de fragmentação rigidamente controladas e de flotação aniônica bastante complexa. Tais procedimentos resultam em elevados custos operacionais.

Estas operações, para os minérios brasileiros, levam a perdas industriais de fósforo, após estabelecidos os planos de lavra até o aproveitamento pela agricultura, da ordem de 15% na lavra, 40% no beneficiamento, 2 a 5% no transporte e manuseio do concentrado fosfático e, finalmente, de 70 a 90% na assimilação pelas plantas. Esses índices levam a um aproveitamento global máximo de apenas 8% do fósforo inicial (Barros, 1997).

Como pode ser observado, uma das maiores perdas ocorre na etapa de beneficiamento, exigindo, cada vez mais, aprimoramentos no processo de concentração para um melhor aproveitamento de nossas reservas fosfáticas.

A flotação por espuma corresponde à principal técnica empregada para a concentração da apatita dos minérios relacionados a complexos alcalino-carbonatíticos, particularmente em função dos baixos teores e da complexidade mineralógica dos mesmos.

Os concentrados obtidos por flotação apresentam uma quantidade de minerais contaminantes que interferem no processo de produção do ácido fosfórico, salientando-se o conteúdo em carbonatos, óxi-hidróxidos de ferro, alumínio e magnésio. Estes resultados ainda são decorrentes da falta de seletividade na flotação aniônica dos fosfatos e da presença da ganga, principalmente quando se trata de minérios de origem ígnea.

Segundo Sant'Agostino & Kahn (1997) a caracterização tecnológica compreende um estudo orientado pelas exigências do processo a ser empregado, cujos objetivos e finalidades são definidos face às especificidades de cada situação. Este estudo é conduzido de forma a fornecer informações sobre as características do bem mineral, correlacionando-as com o comportamento no beneficiamento, de forma a gerar condições para avaliar as possibilidades e condições de adequação do minério às especificações desejadas. O conhecimento do minério permite melhor direcionamento do processo, bem como indica a qualidade esperada dos produtos, orientando para as aplicações industriais possíveis.

A caracterização tecnológica, no entanto, não se aprofunda no detalhamento dos diferentes tipos de apatita presentes nos complexos alcalino-carbonatíticos, o que poderia trazer grandes contribuições para um melhor aproveitamento das reservas fosfáticas.

Tem sido verificado em alguns trabalhos recentes (Alcover & Toledo, 1993; Santos *et al.*, 1999 (a e b); Florêncio & Toledo, 1997 e Toledo, 1999) através de estudos baseados na micromorfologia (com a utilização de amostras indeformadas que permitem definir as relações espaciais entre as fases fosfatadas, normalmente heterogêneas) uma grande variedade textural e composicional das apatitas, principalmente nos setores do minério

atingido por alteração intempérica intensa. Essas variações complicam o comportamento físico-químico da apatita nos processos de concentração e em suas diferentes aplicações.

A importância da micromorfologia para a caracterização tecnológica ficou evidenciada em trabalhos recentes (Santos, 1998 – para Tapira (MG), Toledo *et al.*, 1998 – para Catalão I (GO) e Ferrari (2000) para Anitápolis (SC), Juquiá (SP) e Tapira (MG)). Em Tapira, os estudos mostraram a grande perda de apatita nos rejeitos, enfatizando a necessidade de maiores estudos de detalhe para o aumento da recuperação na usina de beneficiamento. Em Catalão I, foram encontradas pelo menos sete gerações de apatita com composições, dimensões e morfologias variadas (Toledo *et al.*, 1998), o que pode causar enormes variações de comportamento frente aos processos industriais.

É claro que os estudos de detalhe são onerosos e lentos e, muitas vezes, são tão pontuais que não podem ser utilizados como representativos de toda a jazida, mas, com certeza, poderiam contribuir enormemente para o aprimoramento dos processos industriais, evitando perdas desnecessárias e, com isso, reduzindo custos e minimizando a degradação ambiental causada pelas lavras.

Capítulo III— Materiais e Método de Estudo

III.1 – AMOSTRAGEM

III.1.1 - TESTEMUNHOS DE SONDAGEM

Os furos de sondagem amostrados foram previamente selecionados segundo o Relatório Final da Pesquisa Mineral para o Minério de Fosfato elaborado para o DNPM pela Mineração Diadema em 1992 e segundo os boletins de sondagem.

A seleção dos furos foi feita segundo características mineralógicas, químicas e posição topográfica dos mesmos, visando à obtenção de material representativo de várias condições e características (foto 3). A escolha dos furos visou também à obtenção de informações que possibilitassem a reconstituição de um perfil mostrando as variações laterais e verticais do complexo de Angico dos Dias. Foram amostrados os furos 01, 03, 05, 12 e 15, cuja localização pode ser vista no mapa da figura 5.

Foto 3 – Testemunhos de Sondagem na sede da Galvani S. A., em Paulínia (SP).

III.1.2. - CAMPO

A amostragem de campo foi dividida em duas etapas; a primeira, chamada de amostragem para a caracterização tecnológica, foi realizada pela Galvani S. A., próxima à trincheira T1, e a segunda foi realizada durante os trabalhos de campo desta pesquisa,

visando à coleta de amostras indeformadas e representativas das variações do carbonatito e dos materiais de alteração intempérica.

III.1.2.1. - AMOSTRAS INDEFORMADAS

Após a reavaliação dos materiais bibliográficos, a amostragem dos testemunhos de sondagem e a avaliação das amostras disponíveis no CETEM, procurou-se coletar, preferencialmente, amostras indeformadas (foto 4) e representativas das variações do carbonatito do depósito. A amostragem dependeu também bastante do acesso aos pontos previamente escolhidos. Foram coletadas amostras nas proximidades das trincheiras T1, T6, T12, T14, T15, T16 e T24. A localização dessas trincheiras pode ser observadas no mapa da figura 5.

Foto 4 – Coleta de amostras indeformadas na trincheira T1.

III.1.2.2. - AMOSTRA PARA A CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

A amostra para a caracterização tecnológica, em andamento no CETEM, foi coletada nas proximidades da trincheira T-01 pela Galvani S. A., atual detentora dos direitos de lavra no depósito de Angico dos Dias.

O local foi escolhido com base nos estudos realizados por Kahn *et al.* (1990) que definiram seis tipos de minérios fosfatados: apatítico, apatítico recristalizado, aluminoso pobre, aluminoso rico, magnesiano pobre e carbonatítico, e também com base nos dados da pesquisa mineral.

O minério amostrado (foto 5) foi o apatítico que, segundo Kahn *et al.* (1990), é constituído essencialmente por apatita, óxi-hidróxidos de ferro e minerais micáceos subordinados, apresentando teores entre 17,7 e 21,33% de P_2O_5 .

Foto 5 – O minério apatítico de Angico dos Dias (amostra AD135).

Figura 5 – Localização dos furos e trincheiras amostrados.

III.2. – MÉTODO DE ESTUDO

III.2.1. – AMOSTRAS INDEFORMADAS

A pesquisa iniciou-se com o estudo da bibliografia disponível (teses, artigos, relatórios, etc) e com o reconhecimento e reavaliação das amostras de testemunhos de sondagem e amostras coletadas em campo para a caracterização tecnológica pela Galvani S. A., atual detentora dos direitos de lavra em Angico dos Dias, para o CETEM. Esta fase visou à definição da complementação de trabalhos de campo e de laboratório a serem efetuados.

O trabalho de campo visou ao reconhecimento dos materiais *in situ*, à descrição de perfis de alteração e à coleta de amostras, principalmente indeformadas.

A seqüência de procedimentos analíticos adotada levou em consideração a importância das análises pontuais sobre amostras indeformadas em integração com os estudos sobre amostras deformadas e análises globais.

Os trabalhos de laboratório iniciaram-se com a fase de preparação das amostras, onde foi efetuada uma nova descrição das mesmas e onde separou-se as diferentes fases (preenchimento de fissuras, nódulos, etc). Nesta etapa também efetuou-se a separação de alíquotas da amostra total e/ou das fases separadas para análises ou outras separações (granulométrica, magnética, densimétrica) para estudos micromorfológicos e químicos ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV/EDS). Algumas amostras separadas nesta fase foram moídas para análises que utilizam o pó (Difração de Raios X (DRX) e análises químicas efetuadas para a caracterização tecnológica) e outras sofreram impregnação para a confecção de lâminas delgadas e polidas para estudos micromorfológicos e químicos pontuais.

Sobre as amostras com estrutura destruída, foram efetuadas análises em DRX. Todas as amostras provenientes da fase de preparação para a caracterização tecnológica,

que sofreram moagem, classificação, separação densimétrica e separação magnética, também foram analisadas em DRX e MEV/EDS.

Sobre as amostras indeformadas foram efetuadas análises à lupa binocular, ao MEV/EDS para o estudo da micromorfologia e da composição química pontual qualitativa, duas das amostras foram analisadas por Espectrometria de massa com plasma induzido e acoplado por Ablação a Laser (ICP-MS ablação a laser), para o detalhamento dos ETR. Sobre as amostras laminadas e polidas, foram efetuadas análises ao Microscópio Ótico (MO) (mineralogia/micromorfologia/petrografia), ao Microscópio Eletrônico de Varredura (micromorfologia e composição química qualitativa e semi-quantitativa), à Microsonda Eletrônica (ME) (composição química pontual quantitativa) e à Catodoluminescência (CL) (reconhecimento das cores de luminescência e identificação dos elementos ativadores nos diferentes tipos de apatita detectados com as outras técnicas analíticas).

III.2.2. – AMOSTRA PARA A CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

A amostra para a caracterização tecnológica (figura 6) foi cominuída em britador de mandíbulas para que todo o produto pudesse passar em peneira de 8 malhas (2382 μm). O produto foi então homogeneizado e quarteado e partes representativas foram enviadas para análise de SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , MnO , CaO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , perda ao fogo, TR_2O_3 , F, Sr, Ba, Th e U e para classificação em peneiras de 10, 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150, 200, 270, 325 e 400 malhas (respectivamente 1651, 1168, 833, 589, 417, 295, 208, 147, 104, 74, 53, 44 e 37 μm).

Todas as frações obtidas no peneiramento foram submetidas à separação em meio denso, utilizando bromofórmio de densidade 2,89kg/l. Nesta etapa, gerou-se um produto afundado e um flutuado para cada granulometria. Os produtos afundados foram

separados em imã de mão e separador magnético isodinâmico Frantz, em campos de 3, 5 e 10KG. Os produtos aí obtidos, bem como os flutuados da etapa anterior foram analisados à lupa binocular e por DRX.

Uma alíquota de cada fração, antes da separação em meio denso, assim como após a separação magnética, foi embutida em resina epoxy, desbastada, polida e recoberta com carbono para análises ao MEV/EDS.

Todas as análises para a caracterização tecnológica do minério de Angico dos Dias foram efetuadas no CETEM.

¹ SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, MnO, CaO, K₂O, Na₂O, P₂O₅, P.F., TR₂O₃, F, Sr, Ba, Th e U;

² abaixo de 20 #

³ CaO, P₂O₅ e OTR

Figura 6 - Fluxograma esquemático da metodologia utilizada na caracterização mineralógica e tecnológica do minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol (BA/PI).

Capítulo IV— Resultados e Discussões

IV.1. – CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL INDEFORMADO

IV.1.1. – INTRODUÇÃO

Para o estudo do carbonatito de Angico dos Dias, de sua alteração e da apatita foram utilizadas a Microscopia Ótica (MO), a Difração de Raios X (DRX), a Microscopia Eletrônica de Varredura com análises qualitativas e semi-quantitativas por EDS (MEV/EDS), a Microsonda Eletrônica (ME) a Espectrometria de massa com plasma induzido e acoplado por Ablação a Laser (ICP-MS Ablação a Laser) e a Catodoluminescência (CL), além da caracterização inicial macroscópica e à lupa binocular (conforme descrito no Capítulo III) sobre amostras dos testemunhos de sondagem e coletadas no campo, em superfície ou nos poços e trincheiras.

Essas técnicas analíticas permitiram o levantamento dos vários tipos morfológicos de apatita, que puderam ser correlacionados a distintas gerações pelas relações espaciais apresentadas entre si e com os outros minerais. Assim, a caracterização das diferenças de composição entre as diversas gerações/tipos morfológicos pôde levar a interpretações quanto à evolução na composição da apatita primária com o desenvolvimento do perfil de alteração e quanto ao ambiente geoquímico de cristalização dos tipos/gerações.

IV.1.2. – O CARBONATITO DE ANGICO DOS DIAS E SUA ALTERAÇÃO

O carbonatito são possui variações texturais (na granulação e no grau de orientação) e mineralógicas (presença variável de mica, minerais opacos e olivina alterada, além do carbonato e da apatita, que podem ser bem observadas macroscopicamente (fotos 6, 7 e 8).

De modo geral o carbonatito são é constituído por calcita/dolomita, apatita ovóide verde-clara, biotita/flogopita, magnetita/hematita/ilmenita e pseudomorfos de olivina

serpentinizada. Os acessórios mais comuns são: tremolita, monazita, baddeleyíta, zircão e sulfetos (mais raros).

O carbonatito alterado rico em apatita, genericamente denominado de apatitito (Kahn *et al.*, 1990), constitui-se predominantemente por apatita ovóide, baddeleyíta, zircão, monazita, magnetita e ilmenita, como minerais residuais e, como minerais supergênicos, vermiculita, argilominerais do grupo da caulinita, óxi-hidróxidos de ferro, gorceixita, goyazita e apatita neoformada.

O carbonatito são caracteriza-se pela presença de calcita ou quartzo (no carbonatito silicificado) na matriz. A calcita pode chegar a mais de 1 (um) centímetro, mas aparece também com granulometria bem inferior, no carbonatito recristalizado. O carbonatito são também possui grãos de apatita ovóide fraturada verde-clara, pseudomorfos de olivina serpentinizada e biotita/flogopita, principalmente no carbonatito micáceo, e magnetita/ilmenita. Como acessórios podem ser observados: tremolita, monazita, baddeleyíta, zircão e sulfetos.

Com a percolação das soluções de alteração há dissolução dos carbonatos, alargamento das fraturas, dissolução e recobrimento dos grãos de apatita por óxi-hidróxidos de ferro, alteração e ferruginização dos opacos (que aos poucos vai impregnando toda a amostra), neoformação de apatita bem cristalizada hexagonal, e geração de fosfatos secundários da família da crandallita (gorceixita/goyazita) em fraturas ou nas bordas dos grãos de apatita. Há também a formação de plasma secundário poroso e descontínuo (cuja composição química heterogênea reflete os elementos presentes nas soluções de alteração) que, junto com os óxi-hidróxidos de ferro também aparecem recobrindo os grãos de apatita.

Foto 6 – Carbonatito são com apatita ovóide (amostra AD119).

Foto 7 – Carbonatito são orientado com apatita ovóide e mica (AD42).

Foto 8 – Carbonatito micáceo são (AD144).

6

7

8

Os fosfatos supérgenos mais comumente formados são os da família da crandallita, sendo a goyazita e a gorceixita os mais comuns, segundo indicação das análises químicas qualitativas ao Microscópio Eletrônico de Varredura com EDS.

IV.1.3. – A APATITA DE ANGICO DOS DIAS

ESTUDO MINERALÓGICO E MICROMORFOLÓGICO

O reconhecimento dos vários tipos morfológicos de apatita em Angico dos Dias foi possível através do estudo de materiais indeformados e deformados.

Os estudos em Microscopia Ótica e Microscopia Eletrônica de Varredura foram os que permitiram o agrupamento das gerações/tipos de apatita segundo suas morfologias e associações mineralógicas. Também nesta fase foram efetuadas análises químicas qualitativas por EDS visando uma possível diferenciação composicional entre esses tipos, que seria posteriormente confirmada com os estudos em Microsonda Eletrônica.

Todas estas observações permitiram identificar três tipos maiores de apatita, que representam sete gerações, além dos fosfatos secundários não apatíticos, já que são significativos para a interpretação do itinerário geoquímico do fósforo durante o desenvolvimento do perfil de alteração.

APATITA MAGMÁTICA PRIMÁRIA:

Tipo A – Grãos ovóides fraturados no carbonatito são (não silicificado nem micáceo) (fotos 6, 9 e 10): No carbonatito a apatita ocorre predominantemente como grãos ovóides fraturados com granulometria desde milimétricas até 1 (um) ou 2 (dois) cm. Em um dos afloramentos visitados no trabalho de campo foram observados grãos com até 5 (cinco) centímetros aproximadamente. A calcita da matriz varia desde submilimétrica (no

carbonatito recristalizado) até centimétrica. Olivina serpentizada, biotita e opacos também são frequentemente observados, possuem granulometria normalmente milimétrica e ocorrem normalmente ao lado da apatita.

Tipo B – Grãos ovóides fraturados no carbonatito silicificado são (foto 11): As características da apatita do carbonatito silicificado são muito similares às da do carbonatito são. Houve substituição da calcita da matriz do carbonatito são por quartzo.

Tipo C – Grãos ovóides fraturados no carbonatito micáceo são (foto 12): Esta apatita também é muito semelhante à do tipo A. Ocorre num setor do carbonatito com maior concentração de mica.

Tipo D – Grãos residuais ovóides em amostras alteradas (fotos 13, 14, 16, 17 e 18, 19 e 20): Esta apatita possui também granulometria e associação mineralógica similar à do tipo A e ocorre normalmente associada à apatita supérgena e aos fosfatos secundários aluminosos.

Tipo E – Fragmentos angulosos residuais em matriz ferruginizada (fotos 5 e 15): Este tipo de apatita representa a evolução do perfil, onde a percolação das soluções de alteração já foi suficientemente intensa para possibilitar a fragmentação dos grãos de apatita.

APATITA POSSIVELMENTE HIDROTHERMAL:

Tipo F – Grãos hexagonais com estruturação em faixas/linhas estreitas paralelas (fotos 16 e 17): Este tipo de apatita ocorre normalmente em amostras alteradas e possui granulometria que pode chegar a 1 (um) cm. Há dúvida quanto a origem hidrotermal ou supérgena deste tipo de apatita.

Foto 9 – Apatita ovóide fraturada com calcita no carbonatito são (foto ao MO – amostra AD142).

Foto 10 – Apatita ovóide fraturada rodeada por monazita e calcita na matriz no carbonatito são (foto ao MEV – amostra AD142).

Foto 11 – Apatita ovóide fraturada com quartzo no carbonatito silicificado são (foto ao MO – amostra AD6).

Foto 12 – Apatita ovóide fraturada no carbonatito micáceo são (foto ao MO – amostra AD144)

9

10

11

12

Foto 13 – Apatita primária residual ovóide em amostra alterada com apatita supérgena fibrorradiada ao redor (foto de MO – amostra AD10).

Foto 14 – Apatita primária residual ovóide em matriz crandallítica (foto de MEV – amostra AD9).

Foto 15 – Fragmentos angulosos residuais de apatita primária ovóide em matriz ferruginosa (foto de MO – amostra AD19).

Foto 16 – Apatita primária residual contornada por apatita com estruturação em faixas estreitas e paralelas (foto de MO – amostra AD42).

Foto 17 - Apatita primária residual com bordas hexagonais contornada por apatita com estruturação em faixas estreitas e paralelas (foto de MO – amostra AD42).

13

14

15

17

16

Foto 18 – Apatita fibrorradiada supérgea associada à apatita primária ovóide (foto de MO – amostra AD5d).

Foto 19 - Apatita fibrorradiada supérgea associada à apatita primária ovóide e ao plasma secundário de alteração (foto de MEV – amostra AD5d).

Foto 20 – Apatita fibrorradiada supérgea nas descontinuidades de um grão de apatita primária residual ovoíde (foto de MEV – amostra AD5d).

Foto 21 – Gorceixita formada nas descontinuidades de um grão de apatita residual em estágio avançado de alteração (foto de MEV – amostra do concentrado com $d < 2,89$).

Foto 22 – Goyazita formada na superfície de um grão de apatita (foto de MEV – AD8).

18

19

20

21

22

APATITA SUPÉRGENA:

Tipo G – Fibrorradiada idiomórfica (Fotos 18, 19 e 20): Esta apatita ocorre associada à apatita primária, normalmente ao longo das fraturas ou nas bordas e possui granulometria milimétrica a submilimétrica. Seu hábito fibrorradiado/ botrioidal é sempre bem evidente.

FOSFATOS NÃO APATÍTICOS:

Fosfatos secundários aluminosos da família da crandallita (Fotos 21 e 22): Estes minerais são sempre micrométricos e só puderam ser detectados ao Microscópio Eletrônico de Varredura com EDS. Ocorrem normalmente na superfície ou próximos aos grãos de apatita primária residual em amostras alteradas e seus agregados são sempre muito porosos.

ESTUDO QUÍMICO

Os diferentes tipos de apatita foram selecionados para análises à Microsonda Eletrônica e Catodoluminescência visando à obtenção de respostas composicionais que confirmassem ou não a diferenciação entre os tipos/gerações previamente separados através do estudo micromorfológico.

Também houve a possibilidade de obtenção de análises (de elementos terras raras e outros elementos traço) por ICP-MS Ablação a Laser de duas amostras nas quais foram analisados os tipos de apatita A e D.

a) MICROSSONDA ELETRÔNICA

As análises em Microsonda Eletrônica visaram à caracterização da composição química dos diferentes tipos morfológicos de apatita e à confirmação de sua diferenciação.

Para tanto, foram selecionadas lâminas delgadas e polidas representativas de todos os

tipos/gerações de apatita identificados provenientes de diferentes localizações da jazida, nas quais o número de pontos de análise variou em função da heterogeneidade (ao MO e ao MEV/EDS) dos grãos escolhidos para que fosse possível a obtenção de uma boa caracterização dos domínios de variação composicional.

Foram efetuadas três etapas distintas de análise, as duas primeiras no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (JEOL-JXA8600/NORAN), e a última no Laboratório de Mineralogia e Cristalografia da Universidade Paul Sabatier (CAMECA SX50), em Toulouse, na França, pela orientadora desta pesquisa.

O programa de análise das duas primeiras etapas incluiu Mn, Mg, Ca, Sr, Na, P, F, Cl, Si, La, Ce, Ba, Al, S, Th, Y e Ti. Y, Th e Ti não foram sistematicamente analisados em Toulouse por terem sido considerados sempre abaixo do limite de detecção em verificações prévias.

A princípio os dados de São Paulo seriam tratados conjuntamente, mas durante a análise dos resultados da segunda etapa verificou-se um provável aumento nos totais das análises comparativamente à primeira etapa e, principalmente devido à grande quantidade de dados, optou-se por uma análise estatística das duas etapas para uma melhor compreensão do seu comportamento e das diferenças verificadas para o mesmo tipo de apatita nas etapas distintas de análise.

Embora alguns dos elementos estejam, para algumas análises, abaixo do limite de detecção, optou-se por considerá-los todos, já que as tendências geralmente são observadas mesmo nos teores mais baixos.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi efetuada visando à comparação dos dados obtidos nas três diferentes etapas de análise à Microsonda Eletrônica.

Inicialmente foram efetuados cálculos de média, desvio padrão, máximo e mínimo para cada tipo de apatita analisado em cada etapa e também para o conjunto total de dados de cada etapa. Também foram confeccionados histogramas para o valor total das análises e para o flúor em cada um dos casos anteriormente citados, já que houve suspeita de que a superdosagem do F fosse a razão para os totais mais altos na segunda etapa de análises.

A análise estatística para os dados da terceira etapa, obtidos em Toulouse, foi efetuada somente com o objetivo de compará-la às outras duas, já que estes dados seriam tratados separadamente por terem sido obtidos em outro Laboratório com a utilização de outro equipamento. Já no caso das duas primeiras etapas, a análise teve o intuito de decidir tratar ou não os dados em conjunto.

A análise dos histogramas (figura 7) com os valores dos totais das análises mostra totais mais altos para a segunda etapa independente do tipo de apatita; os valores de média, desvio padrão, máximo e mínimo também confirmam esta tendência, indicando que os dados devem ser tratados separadamente.

Figura 7 - Histogramas comparativos do total das duas primeiras etapas de M.E. A curva rosa e a escala da direita mostram os valores da 2ª etapa.

Os histogramas do flúor (figura 8) foram decisivos nesta questão, já que a segunda etapa mostra uma provável superdosagem neste elemento, principalmente para o caso das apatitas tipo D e G, podendo chegar a quase 6 % em peso para a apatita G analisada na segunda etapa.

Figura 8 - Histogramas comparativos do flúor nas duas primeiras etapas de M.E.. A curva rosa e a escala da direita mostram os valores da 2ª etapa.

Os totais altos obtidos para o fechamento das análises em São Paulo (até 103,6% na segunda etapa) podem dever-se ao fato de que os tempos de contagem utilizados foram altos, sendo que o volume atingido pelo feixe eletrônico começa a se deteriorar, com volatilização parcial do material, resultando em totais mais altos. Em Toulouse, esta degradação do ponto analisado pode ser seguida tanto pela imagem, que permanece na tela de observação durante a análise, quanto pelo monitoramento da corrente elétrica, que perde estabilidade neste caso.

No laboratório de Toulouse, como a dosagem do flúor é feita separadamente da dos outros elementos, com corrente de 40nA e maior tempo de contagem (os outros elementos são analisados com apenas 10nA), o ponto de análise é deslocado para um lugar o mais próximo possível dentro da mesma fase, distante apenas poucos micrômetros do primeiro.

No laboratório de São Paulo não se pode conservar a visão do ponto analisado e nem existe um momento durante a análise em que todos os espectrômetros estejam simultaneamente sem voltagem, o que permitiria o deslocamento da amostra para um ponto vizinho dentro da mesma fase ainda não parcialmente degradado pelo feixe eletrônico.

PRIMEIRA ETAPA

Na primeira etapa de análises à ME, os valores totais para o fechamento das análises variaram de 93,37 a 102,17%, com média de 98,67% e desvio padrão de 2,29. O flúor variou entre 2,43 e 4,53, com média de 3,50 e desvio padrão de 0,42. Os valores mais baixos para os totais e mais altos para o flúor pertencem aos tipos mais alteradas de apatita (tipos D e E), à apatita provavelmente hidrotermal (tipo F) e à apatita supérgena (tipo G).

Nesta etapa, foram analisados 15 pontos na apatita tipo A, 11 na tipo C, 15 na tipo D, 34 na E, 2 na F e 39 na G, perfazendo um total de 116 pontos analisados. Não foram efetuadas análises para a apatita do tipo B nesta etapa.

Como já citado, o número de pontos analisados por grão variou em função da heterogeneidade dos mesmos, tendo-se procurado sempre fazer perfis do centro para as bordas.

		Total	F	SrO	CaO/P ₂ O ₅	F/P ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	Cátions substituintes do Ca
A	MÉDIA	100.61	3.10	1.82	1.30	0.07	1.04	3.27
	MÍNIMO	99.41	2.73	1.61	1.27	0.06	0.70	2.62
	MÁXIMO	101.66	3.40	2.20	1.33	0.08	1.55	4.07
C	MÉDIA	100.52	3.65	2.67	1.31	0.09	1.74	5.00
	MÍNIMO	99.80	3.16	2.27	1.27	0.08	1.11	3.95
	MÁXIMO	101.01	4.09	3.47	1.33	0.10	2.58	6.14
D	MÉDIA	99.65	3.37	1.54	1.29	0.08	0.23	2.23
	MÍNIMO	97.84	2.85	1.19	1.26	0.07	0.00	1.51
	MÁXIMO	102.17	4.10	1.76	1.33	0.10	0.87	2.99
E	MÉDIA	99.85	3.28	1.64	1.29	0.08	0.43	2.48
	MÍNIMO	97.42	2.43	1.29	1.25	0.06	0.00	1.74
	MÁXIMO	101.68	3.95	1.96	1.33	0.09	0.92	3.13
F	MÉDIA	94.91	4.18	0.19	1.43	0.11	0.03	0.62
	MÍNIMO	94.26	4.03	0.02	1.41	0.11	0.00	0.59
	MÁXIMO	95.57	4.33	0.36	1.45	0.12	0.06	0.65
G	MÉDIA	96.20	3.82	0.35	1.37	0.10	0.09	0.81
	MÍNIMO	93.37	3.08	0.15	1.29	0.08	0.00	0.43
	MÁXIMO	99.49	4.53	0.60	1.44	0.11	0.42	1.81

Tabela 3 - Variação dos valores de total, F, SrO, CaO/P₂O₅, F/P₂O₅, TR₂O₃ e de cátions substituintes do Ca (em % em peso) em cada tipo de apatita analisado na 1ª etapa de M. E..

Os resultados apresentados na tabela acima (tabela 3) mostram as variações de composição associadas aos diferentes tipos/gerações de apatita, além das modificações provocadas pelo intemperismo nas apatitas primárias, evidenciados não só pelos resultados das análises dos grãos em vias de alteração (centros, bordas e proximidades de descontinuidades), como também pela comparação de análises de grãos de apatita primária do carbonatito são e do apatitito (carbonatito bastante alterado – tipos D e E). Estas variações podem ser acompanhadas também na primeira tabela em anexo, onde se encontram todos os dados de análise, e nos gráficos que se seguem (figuras 9 e 10).

Figura 9 - Gráficos tipo aranhograma mostrando as variações do total, do SrO, da relação CaO/P₂O₅, dos TR₂O₃ e dos cátions substituintes do Ca para os diferentes tipos de apatita na primeira etapa de análise à ME.

As variações dentro de cada tipo devem-se às análises de centro e borda.

Estes aranhogramas mostram a clara tendência de variação da composição em direção às apatitas mais alteradas e à apatita supérgena. Como pode ser observado, há aumento na relação $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ e uma diminuição no total, no SrO , nos TR_2O_3 e nos cátions substituintes do Ca neste sentido. A apatita C do carbonatito micáceo, comparada à apatita A, também são no carbonatito são não micáceo, apresenta maiores teores em SrO , TR_2O_3 e em cátions substituintes do Ca.

Os gráficos abaixo mostram relações com o total, já que este diminui tanto em direção às bordas quanto em direção às apatitas mais alteradas, podendo ser tomado como indicativo de diferenças composicionais nos sítios aniônicos (diferenças genéticas, portanto).

Figura 10 - Gráficos binários mostrando as variações do F, da relação CaO/P₂O₅, dos TR₂O₃, dos cátions substituintes do cálcio, do P₂O₅ e do SrO com o total para os diferentes tipos de apatita na primeira etapa de M.E..

Estes diagramas binários mostram bem a diferenciação dos tipos de apatita, confirmando a relação morfologia/composição já que a separação dos tipos foi feita primeiramente segundo critérios morfológicos e paragenéticos.

O flúor e a relação CaO/P₂O₅ aumentam com a diminuição do total e os TR₂O₃, os cátions substituintes do Ca, o P₂O₅ e o SrO diminuem na mesma direção.

Os gráficos acima mostram também a clara separação entre as apatitas primárias e a supérgena. Nos gráficos dos cátions substituintes do Ca e do SrO pode-se também observar

uma clara separação entre as apatitas primárias (A e C), as apatitas primárias alteradas (D e E) e a apatita possivelmente hidrotermal (F) e a apatita supérgena (G).

SEGUNDA ETAPA

Na segunda etapa de Microsonda Eletrônica, os valores totais para o fechamento das análises variaram de 91,72 a 103,60%, com média de 99,32% e desvio padrão de 1,99. O flúor variou entre 2,01 e 5,99, com média de 3,67 e desvio padrão de 0,85. Assim como na primeira etapa, os valores mais baixos para os totais e mais altos para o flúor pertencem às apatitas mais alteradas (tipos D e E), à apatita provavelmente hidrotermal e à apatita supérgena (tipo G).

Nesta etapa, foram analisados 46 pontos na apatita tipo A, 20 na tipo B, 27 na tipo C, 36 na tipo D, 22 na F e 6 na G, perfazendo um total de 157 pontos analisados. Não foram efetuadas análises para a apatita do tipo E nesta etapa.

Todos os dados de análise obtidos nesta segunda etapa podem ser observados na segunda tabela em anexo. A tabela abaixo (tabela 4) mostra a estatística (média, desvio padrão, máximo e mínimo) dos resultados obtidos para cada tipo de apatita, que ficam mais evidentes com a análise dos gráficos das figuras 11 e 12.

		Total	F	SrO	CaO/P ₂ O ₅	F/P ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	Cátions substituintes do Ca
A	MÉDIA	99.69	3.17	1.66	1.27	0.08	0.66	2.77
	MÍNIMO	96.50	2.01	1.24	1.24	0.05	0.13	2.07
	MÁXIMO	101.85	4.57	2.10	1.31	0.11	1.10	3.37
B	MÉDIA	100.18	3.09	1.52	1.25	0.07	0.93	3.06
	MÍNIMO	96.92	2.60	1.24	1.21	0.06	0.38	2.02
	MÁXIMO	101.95	3.71	1.83	1.31	0.09	1.50	4.43
C	MÉDIA	99.44	3.34	1.92	1.25	0.08	0.56	2.99
	MÍNIMO	97.13	2.35	1.53	1.19	0.06	0.19	2.29
	MÁXIMO	102.17	4.04	2.25	1.30	0.10	0.81	3.56
D	MÉDIA	100.57	3.82	1.64	1.28	0.09	0.70	2.77
	MÍNIMO	98.01	2.71	1.31	1.23	0.06	0.15	1.90
	MÁXIMO	103.60	4.59	2.56	1.34	0.11	1.08	4.19
F	MÉDIA	97.41	4.95	0.16	1.38	0.13	0.10	0.63
	MÍNIMO	93.27	3.26	0.07	1.28	0.08	0.00	0.35
	MÁXIMO	100.95	5.74	0.29	1.45	0.15	0.38	0.99
G	MÉDIA	94.47	5.31	0.35	1.46	0.14	0.11	0.83
	MÍNIMO	93.71	4.50	0.22	1.41	0.12	0.00	0.59
	MÁXIMO	94.94	5.99	0.41	1.52	0.17	0.20	1.09

Tabela 4 - Variação dos valores de total, F, SrO, CaO/P₂O₅, F/P₂O₅, TR₂O₃ e de cátions substituintes do Ca (em % em peso) em cada tipo de apatita analisado na 2ª etapa de M. E..

Figura 11 - Gráficos tipo aranhograma mostrando as variações do total, do SrO, da relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$, dos TR_2O_3 e dos cátions substituintes do Ca para os diferentes tipos de apatita na segunda etapa de análise à M.E.. As variações dentro de cada tipo devem-se às análises de centro e borda.

Estes aranhogramas, assim como aqueles da primeira etapa mostram a tendência de variação da composição da apatita primária em direção às apatitas mais alteradas, à apatita tida como hidrotermal e à apatita supérgena. Como pode ser observado, há aumento na relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ e uma diminuição no total, no SrO, nos TR_2O_3 e nos cátions substituintes do Ca neste sentido. A apatita C, nesta etapa, apresentou comportamento mais similar às

outras duas apatitas primárias (A e B), exceto para o caso do SrO, onde mostrou valores um pouco mais elevados.

Figura 12 - Gráficos binários mostrando as variações do F, da relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$, dos TR_2O_3 , dos cátions substituintes do cálcio, do P_2O_5 e do SrO com o total para os diferentes tipos de apatita na segunda etapa de M.E..

Ainda como na primeira etapa, o flúor e a relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ aumentam com a diminuição do total e os TR_2O_3 , os cátions substituintes do Ca, o P_2O_5 e o SrO diminuem na mesma direção.

Aqui também pode ser observada a diferenciação entre as apatitas primárias (tipos A, B e C em amostras sãs e tipo D, em amostra alterada) e as outras.

TERCEIRA ETAPA

A terceira etapa de análises à Microsonda Eletrônica realizou-se em Toulouse, na França, num equipamento CAMECA SX50, com as mesmas condições de análise de São Paulo, apenas diferenciando-se com relação ao F, para o qual utilizou-se um maior tempo de contagem e uma corrente de 40nA.

Aqui, os valores totais para o fechamento das análises variaram de 93,62 a 101,35%, com média de 98,78% e desvio padrão de 1,87. O flúor variou entre 2,57 e 4,07, com média de 3,25 e desvio padrão de 0,39. Apesar do menor número de dados, os resultados de Toulouse são semelhantes aos da primeira etapa realizada em São Paulo. Nesta etapa, foram analisados 3 pontos na apatita tipo A, 5 na tipo C, 9 na tipo D, 3 na E, 10 na F e 6 na G, perfazendo um total de 36 pontos analisados. Não foram efetuadas análises para a apatita do tipo B.

O conjunto de dados analisados pode ser observado na terceira tabela em anexo.

Figura 12 - Gráficos tipo aranhograma mostrando as variações do total, do SrO, da relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$, dos TR_2O_3 e dos cátions substituintes do Ca para os diferentes tipos de apatita na terceira etapa de análise à M.E.. As variações dentro de cada tipo devem-se às análises de centro e borda.

Estes aranhogramas (figura 12), assim como aqueles das duas outras etapas mostram a tendência de variação da composição em direção às apatitas mais alteradas, à apatita tida com hidrotermal e à apatita supérgena. Há aumento na relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ e uma diminuição no total, no SrO, nos TR_2O_3 e nos cátions substituintes do Ca neste sentido. Assim como na primeira etapa, apatita C apresentou comportamento diferenciado em relação à apatita A, para o SrO, para os TR_2O_3 e para os cátions substituintes do Ca.

Figura 13 - Gráficos binários mostrando as variações do F, da relação CaO/P₂O₅, dos TR₂O₃, dos cátions substituintes do cálcio, do P₂O₅ e do SrO com o total para os diferentes tipos de apatita na terceira etapa de M.E..

Embora a quantidade de pontos analisados nesta etapa seja pequena comparativamente às outras etapas, nota-se que as tendências são muito similares (figura 13). Principalmente nos gráficos total x SrO e total x cátions substituintes do Ca, há também uma clara separação entre as apatitas primárias e a provavelmente hidrotermal e a supérgena. O flúor e a relação CaO/P₂O₅ aumentam com a diminuição do total e os TR₂O₃, os cátions substituintes do Ca, o P₂O₅ e o SrO diminuem na mesma direção.

DISCUSSÃO DOS DADOS DE MICROSSONDA ELETRÔNICA

Embora haja diferenças entre as três etapas de Microsonda Eletrônica, elas apresentam as mesmas tendências. As etapas 1 e 3 são bastante parecidas. Considerando o que se conhece sobre a composição de apatitas de carbonatitos, através da revisão bibliográfica, e ainda que os valores de F obtidos na 2ª etapa superam em muito os valores aceitos normalmente, mesmo nos casos em que há suspeita de F em excesso estequiométrico ($F > 2$ na ocupação do sítio aniônico monovalente e $> 3,67\%$ nos valores de % em peso, segundo Regnier, 1994), admitiu-se, por enquanto, que as análises da 2ª etapa em São Paulo tenham apresentado uma superdosagem do flúor. Os outros elementos analisados parecem não ter grandes variações. Assim, embora os dados de total e de F estejam diferentes em termos absolutos, as tendências geoquímicas são as mesmas para as 3 etapas. Se os dados tivessem sido tratados conjuntamente, haveria certamente superposição de valores de alguns parâmetros considerados para diferentes tipos de apatita, o que teria prejudicado as interpretações de diferenças composicionais entre os tipos.

O valor do total das análises foi tomado como um índice do grau de alteração tendo em vista que nenhuma análise de apatita das amostras mais frescas em estudo micromorfológico apresentou total baixo. Os valores mais baixos estão ligados provavelmente à substituição de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} (não analisado à ME) e/ou à porosidade submicroscópica, ambos causados pela alteração.

A proporcionalidade entre total e P_2O_5 (positiva para total x P_2O_5 e negativa para total x $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$) pode indicar que a presença de um substituinte não dosado do P é responsável pela diminuição do total. Este substituinte seria o CO_3^{2-} . O fato da relação total x F ser apenas parcialmente proporcional indicaria que o aumento de F para acompanhar a entrada de CO_3^{2-} não é linear, ou seja, não é completamente proporcional a esta entrada.

A análise da apatita primária com totais mais baixos (tipos D e E) apresentaram modificações sistemáticas com relação à apatita primária com total próximo de 100%: maiores valores para F e para a relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ e menores valores para os TR_2O_3 , para os outros cátions substituintes do Ca e para o P_2O_5 . Esta situação, segundo Toledo (1999), é indicativa de que a alteração ataca os grãos de apatita das amostras já de níveis intemperizados, causando dissolução incongruente, ou seja, perdas/trocas iônicas com as soluções de alteração antes da dissolução total, o que pode ser observado no conjunto de análises sobre grãos de apatita primária alterada do tipo D, do centro para as bordas e em direção às fraturas, regiões estas também mais alteradas.

Este tipo de diferenciação pode também ser observado dentro de um mesmo grão como diferenças texturais ao microscópio ótico e como diferenças de cor de catodoluminescência. Em microsonda eletrônica, esta diferenciação se evidencia por totais mais baixos, maior riqueza em flúor, maior pobreza em cátions substituintes do Ca, (TR_2O_3 e SrO , por exemplo) e em P_2O_5 e pelo aumento da relação $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ em direção aos pontos mais alterados (bordas e fraturas).

Analisando-se todos os dados obtidos em conjunto, nota-se uma relação inversamente proporcional entre F e total das análises, indicativa de que a quantidade de F na apatita acompanha o aumento de algum fator de diminuição do fechamento das análises, que pode ser tanto a dificuldade de preparação das amostras, quanto a perda de matéria por alteração (porosidade ou dissolução incongruente), ou ainda modificações químicas (hidratação-carbonatação). Toledo (1999), estudando apatitas de Catalão I e Ferrari (2000), estudando apatitas de Juquiá, Tapira e Anitápolis, mostraram, através de estudos em Microespectrometria Raman, que pode haver carbonatação de apatitas residuais originalmente não carbonatadas; neste caso, o F estaria acompanhando o CO_3^{2-} na

substituição do PO_4^{3-} para a compensação de cargas, como apresentado por Regnier *et al.* (1994), e poderia ser superestequiométrico, parcialmente não ocupando os canais do sítio aniônico monovalente.

A razão $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ aumenta da apatita primária em direção à apatita supérgena, o que é acompanhado pela diminuição do total das análises, dos TR_2O_3 e dos cátions substituintes do Ca. Esta situação mostra que a alteração supérgena torna a apatita mais “pura” no sítio catiônico.

Além dos argumentos de que a apatita do tipo F nunca ocorre em amostras sãs, de que sempre ocorre ao redor de grãos fragmentados (se esta fragmentação for mesmo intempérica) e de que pode-se observar localmente uma provável cristalização perpendicular à superfície dos grãos/fragmentos de apatita primária residual, sua composição próxima a apatita do tipo G sugere uma possível origem também supérgena.

O estudo à Microsonda Eletrônica evidenciou então que alguns elementos, razões ou totais de análises podem ser utilizados como índices de alteração, e que os valores destes parâmetros evoluem não só entre os diferentes tipos de apatita como dentro de um mesmo tipo com diferenças nos graus de alteração, quer sejam consideradas apatitas de diferentes níveis do perfil, quer sejam considerados diferentes setores de um mesmo grão atingido pela alteração. O aumento no teor de F, da razão $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ e do total são os principais índices de alteração. O primeiro porque estaria acompanhando a carbonatação que ocorre na alteração e neoformação de apatita secundária. O segundo, porque representa ao mesmo tempo perda dos cátions substituintes do Ca (que ocorre na alteração) e substituição de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} (que também ocorre na alteração). E o terceiro, porque representa a substituição de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} , que não é analisado à ME, mas que também ocorre na

alteração da apatita primária e na formação de apatita secundária supérgena (segundo análises por Microespectrometria Raman efetuadas por Toledo, 1999 e Ferrari, 2000).

b) CATODOLUMINESCÊNCIA

Como já citado anteriormente, segundo Mariano & Ring (1975), Mariano (1978), Knuston *et al.* (1985), Mariano (1988) e Marshall (1988), o fenômeno da catodoluminescência desempenha papel relevante na investigação dos elementos terras raras em apatita. Este fenômeno ocorre devido à presença de substituições em suas estruturas, sendo que os principais elementos ativadores são Mn^{2+} , Sm^{3+} , Dy^{3+} , Tb^{3+} , Eu^{3+} e Eu^{2+} . Variações de concentrações nos elementos ativadores abaixo de 100ppm já geram modificações nas cores de luminescência.

Embora haja grande importância no estudo do fenômeno da catodoluminescência em apatita, segundo Murray e Oreskes (1997), a eficácia desta ferramenta de reconhecimento e caracterização pode ser fortemente prejudicada pela orientação cristalográfica dos cristais e pelo envelhecimento da luminescência. Estes fatores podem causar tanto variações nas cores quanto nas intensidades dos picos dos espectros de catodoluminescência.

Assim, provavelmente os resultados ruins na obtenção de espectros de catodoluminescência para os diferentes tipos de apatita de Angico dos Dias parecem ter uma razão de ser. Devido ao grande tempo necessário (de 100 até 300 segundos) para a obtenção dos espectros, a luminescência das apatitas envelhece e há uma consequente perda de intensidade nos picos. Este envelhecimento também prejudicou algumas fotografias de grãos com luminescência menos intensa, já que o tempo de exposição (de 100 até 450 segundos) necessário para a obtenção das mesmas também foi grande o suficiente para

ocasionar este fenômeno. No caso da obtenção de imagens diretamente via computador, esse envelhecimento não acontece já que a imagem pode ser salva imediatamente.

Embora os problemas citados tenham ocorrido de forma sistemática, a diferenciação entre os tipos de apatita primária (tipos A, B, C, em amostras sãs e D e E, em amostras alteradas) e secundária (tipos F e G) ficou bastante evidenciada. A apatita primária sã apresentou tons violeta-azulados, tendendo para tons mais rosados até os tipos mais alterados. Os tipos de apatita secundários apresentaram tons rosados bastante diferenciados daqueles azulados dos tipos primários sãos e daqueles tendentes ao rosa dos tipos primários alterados (fotos 23, 24 e 25).

A apatita tipo D, primária residual em amostra alterada, representa bem claramente a variação de cor de catodoluminescência com o progressão da alteração. Neste caso, um único grão consegue retratar praticamente toda esta evolução, sendo violeta-azulado escuro no centro e passando a tons mais rosados em direção às bordas e às descontinuidades (foto 26). Este tipo de comportamento, onde um único grão pode representar toda uma história evolutiva, também pode ser observado através das análises em ME.

O espectro de catodoluminescência abaixo (figura 14) mostra a diferença entre os elementos ativadores do centro e da borda de um grão de apatita do tipo D.

Foto 23 – Grande grão de apatita primária ovóide fraturada (foto de CL – amostra AD24).

Foto 24 – Grande grão de apatita primária ovóide fraturada com tons mais claros de luminescência ao longo das descontinuidades. O carbonato aparece com cor alaranjada. (foto de CL – amostra AD22).

Foto 25 - Apatita primária ovóide fraturada com bordas e fraturas com tons mais rosados de luminescência (foto de CL – amostra AD17).

Foto 26 – Apatita primária ovóide fraturada com luminescência rosa nas bordas e ao longo das descontinuidades (foto de CL - amostra AD17).

23

24

25

26

Figura 14 – Espectro de catodoluminescência para centro e borda de uma apatita do tipo D (residual ovóide em amostra alterada).

c) ICP-MS ABLAÇÃO A LASER

As análises químicas pontuais quantitativas por ICP-MS Ablação a Laser foram efetuadas pelo Prof. Dr. Fábio Dias (IGc – GMG) com o auxílio do Dr. Peter Dulski, no Laboratório do *Geoforschungszentrum Potsdam* em Potsdam, na Alemanha e representaram a possibilidade de obtenção de dados mais precisos sobre os elementos terras raras do que os obtidos à Microsonda Eletrônica, inclusive atingindo toda a série dos lantanídeos, além do Y, e ainda Th e U, que são elementos de interesse econômico e ambiental nos depósitos de fosfato (tabelas 4 e 5).

Foram utilizadas duas amostras, AD-142 e AD-149, representativas respectivamente do carbonatito são rico em apatita e do minério residual.

A desvantagem desta técnica em relação à Microsonda Eletrônica é que o volume analisado é maior e, assim, a análise pode atingir outros minerais ou outras gerações de apatita, se o grão analisado não for grande o suficiente. O controle ao microscópio ótico é muito importante na seleção de locais mais limpos e “puros”.

As análises por ICP-MS Ablação a Laser não atingiram todos os tipos de apatita e nem foram realizadas em número tal que permitisse maiores interpretações sobre os ETR. No entanto, mostram um padrão de distribuição compatível com o comportamento dos ETR em carbonatitos. Os dados obtidos para La e Ce foram menores quando comparados com aqueles obtidos para os mesmos tipos de apatita (A e D) à ME nas três etapas, embora situando-se na mesma ordem de grandeza.

Os gráficos das figuras 15 e 16 mostram uma sutil perda de ETR pesados com a alteração.

Tabela 4 - Dados obtidos por ICP-MS Ablação a Laser para a amostra AD-142.

Amostra AD-142									
Elemento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	MÉDIA	DP	MÁXIMO	MÍNIMO
Y	164.0	159.0	166.0	176.0	175.0	168.0	7.3	176.0	159.0
La	1243.0	1200.0	1247.0	1429.0	1291.0	1282.0	88.3	1429.0	1200.0
Ce	2669.0	2620.0	2742.0	3028.0	2856.0	2783.0	163.2	3028.0	2620.0
Pr	394.0	374.0	395.0	423.0	411.0	399.4	18.6	423.0	374.0
Nd	1462.0	1404.0	1486.0	1602.0	1535.0	1497.8	74.9	1602.0	1404.0
Sm	230.0	221.0	231.0	236.0	237.0	231.0	6.4	237.0	221.0
Eu	60.6	55.6	58.6	61.8	60.6	59.4	2.4	61.8	55.6
Gd	144.0	137.0	142.0	154.0	153.0	146.0	7.3	154.0	137.0
Tb	11.9	12.2	12.5	12.9	13.1	12.5	0.5	13.1	11.9
Dy	49.0	46.8	45.8	48.6	50.2	48.1	1.8	50.2	45.8
Ho	6.0	5.6	5.6	6.2	6.4	5.9	0.4	6.4	5.6
Er	10.6	9.5	12.1	11.2	13.3	11.3	1.4	13.3	9.5
Tm	1.1	0.9	1.0	1.2	1.2	1.1	0.1	1.2	0.9
Yb	5.6	4.7	4.9	5.5	5.3	5.2	0.4	5.6	4.7
Lu	0.6	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5	0.1	0.7	0.4
Th	63.7	51.0	61.9	72.3	59.0	61.6	7.7	72.3	51.0
U	7.2	5.8	7.6	6.5	6.8	6.8	0.7	7.6	5.8
Y/Ho	27.4	28.4	29.9	28.6	27.2	28.3	1.1	29.9	27.2
Th/U	8.8	8.7	8.2	11.1	8.7	9.1	1.1	11.1	8.2

Tabela 5 – Dados obtidos em ICP-MS Ablação a Laser para a amostra AD-149.

Amostra AD-149									
Elemento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	MÉDIA	DP	MAXIMO	MÍNIMO
Y	171.0	188.0	174.0	170.0	163.0	173.2	9.2	188.0	163.0
La	1291.0	1.5	1318.0	1248.0	1237.0	1019.1	569.8	1318.0	1.5
Ce	2886.0	3078.0	2949.0	2775.0	2763.0	2890.2	130.6	3078.0	2763.0
Pr	414.0	454.0	417.0	397.0	393.0	415.0	24.2	454.0	393.0
Nd	1554.0	1680.0	1521.0	1459.0	1466.0	1536.0	89.6	1680.0	1459.0
Sm	235.0	247.0	230.0	220.0	224.0	231.2	10.5	247.0	220.0
Eu	57.6	62.6	58.0	55.4	54.1	57.5	3.2	62.6	54.1
Gd	146.0	158.0	147.0	145.0	140.0	147.2	6.6	158.0	140.0
Tb	13.7	14.1	13.0	12.0	12.0	13.0	1.0	14.1	12.0
Dy	48.8	50.8	49.2	46.9	44.0	47.9	2.6	50.8	44.0
Ho	6.3	6.4	6.5	5.4	5.7	6.0	0.5	6.5	5.4
Er	11.4	13.0	12.3	12.2	11.2	12.0	0.7	13.0	11.2
Tm	1.3	1.3	1.4	1.2	1.3	1.3	0.1	1.4	1.2
Yb	5.4	5.5	5.5	5.0	4.7	5.2	0.3	5.5	4.7
Lu	0.8	0.8	0.5	0.6	0.6	0.7	0.1	0.8	0.5
Th	67.4	65.5	59.2	55.5	54.6	60.4	5.8	67.4	54.6
U	11.6	7.9	8.5	7.7	7.5	8.6	1.7	11.6	7.5
Y/Ho	27.2	29.4	26.8	31.9	28.8	28.8	2.0	31.9	26.8
Th/U	5.8	8.3	7.0	7.3	7.3	7.1	0.9	8.3	5.8

Figura 15 – Gráfico de ICP-MS Ablação a Laser para a amostra AD-142.

Figura 16 – Gráfico de ICP-MS Ablação a Laser para a amostra AD-149.

IV.1.4. - FOSFATOS SECUNDÁRIOS SUPÉRGENOS DA SÉRIE DA CRANDALLITA E MONAZITA

Embora estes minerais não tenham sido o enfoque principal da pesquisa, eles merecem algumas considerações. Os primeiros porque representam a evolução da fosfatogênese com o intemperismo e, o segundo, por ser o principal mineral de ETR da associação alcalino-carbonatítica pré-cambriana de Angico dos Dias.

Os fosfatos secundários supérgenos mais comumente observados são a gorceixita (com Ba) e a goyazita (com Sr); crandallita também pôde ser observada, embora com menor freqüência. Estes fosfatos aparecem normalmente associados à apatita alterada e

apresentam porosidade elevada e granulometria submilimétrica. Eles normalmente associam-se também à matriz ferruginizada (fotos 21, 22, 27 e 28).

Embora a presença de barita não tenha sido constatada em Angico dos Dias, há constante presença de gorceixita. Acredita-se que o bário seja proveniente da alteração de feldspatos das encaixantes já que estes apresentam frequentemente este elemento.

A monazita ocorre normalmente como inclusões muito pequenas nos grãos de apatita ou ao redor desses grãos, formando quase que um recobrimento dos mesmos (fotos 10 e 30). A monazita também só pôde ser detectada ao MEV/EDS.

Foto 27 – Relações entre fragmentos de apatita (1), gorceixita e goyazita (3) (foto de MEV – amostra do concentrado $d < 2,89$ da fração entre 65 e 100 malhas).

Foto 28 – Detalhe das relações dos fragmentos de apatita residual com a gorceixita (mais clara) e a goyazita) (foto de MEV – amostra do concentrado $d < 2,89$ da fração entre 65 e 100 malhas).

IV.2 - CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

IV.2.1. - INTRODUÇÃO

A concentração do minério de Angico dos Dias por separação magnética e flotação foi anteriormente estudada por Kahn *et al.* (1990). Neste estudo, os autores obtiveram concentrados de respectivamente 30 e 36% de P_2O_5 com recuperação de 80 e 60-70% do fósforo contido em campos magnéticos de baixa e média intensidade eletromagnética. Nos ensaios de flotação foi concentrado 80% do fósforo contido com 36% de P_2O_5 .

No projeto desenvolvido no CETEM, foi priorizada a separação magnética visando à viabilização técnico-econômica da jazida por processos a seco, ou com mínima utilização

de água, que possibilitassem a obtenção de, pelo menos, um pré-concentrado de fosfato para posterior transporte e beneficiamento final a úmido para a indústria de fertilizantes.

Todas as análises para a caracterização tecnológica do minério de Angico dos Dias foram efetuadas no CETEM, segundo sua própria rotina, e acompanhados pela autora deste mestrado, em 1999. Este estudo consta de relatório interno do CETEM (Neumann & Alcover, 1999). Os resultados foram depois discutidos em conjunto com os resultados obtidos para as amostras indeformadas.

IV.2.2. - RESULTADOS

A composição química global para para elementos maiores, F, Sr, Ba, Th, U, óxidos de terras raras totais e perda ao fogo da amostra total cominuída, homogeneizada e quarteada, é mostrada na Tabela 6. A relação $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ do minério obtida com esses resultados é de 1,17., menor, portanto, que o valor da mesma relação para a apatita, que é de 1,32, isto é indicativo da presença de fosfatos sem Ca (não apatíticos).

Tabela 6 – Composição química da amostra representativa do minério fosfático de Angico dos Dias.

Óxidos e Elementos	Concentração	Óxidos e Elementos	Concentração
SiO ₂	26,00%	P ₂ O ₅	17,70%
TiO ₂	0,70%	P.F.	7,85%
Al ₂ O ₃	10,00%	TR ₂ O ₃	0,75%
Fe ₂ O ₃	12,10%	Total	97,19%
MgO	0,28%	F	1150 ppm
MnO	0,67%	Sr	> 5000 ppm *
CaO	20,70%	Ba	> 5000 ppm *
K ₂ O	0,29%	Th	< 5 ppm
Na ₂ O	0,15%	U	< 10 ppm

*os valores exatos não foram analisados.

As tabelas 7, 8 e 9 mostram respectivamente a distribuição granulométrica, as respectivas concentrações de P₂O₅ e CaO e a distribuição de P₂O₅ e CaO por fração.

Tabela 7– Distribuição granulométrica do minério de Angico dos Dias.

Peneiras		Retido	Retido Acumulado	Passante Acumulado
Malhas (#)	(mm)	(% massa)	(% massa)	(% massa)
10	1,68	5,98	5,98	94,02
14	1,19	6,93	12,92	87,08
20	0,841	7,59	20,51	79,49
28	0,589	7,01	27,51	72,49
35	0,417	7,47	34,99	65,01
48	0,295	5,32	40,31	59,69
65	0,210	5,34	45,64	54,36
100	0,149	7,60	53,24	46,76
150	0,105	4,52	57,76	42,24
200	0,074	4,44	62,20	37,80
270	0,053	3,35	65,54	34,46
325	0,044	2,70	68,24	31,76
400	0,037	1,28	69,52	30,48
- 400	-0,037	30,48	100,00	0,00

Tabela 8 – Teores de P_2O_5 e CaO para as diferentes classes granulométricas do minério fosfático de

Angico dos Dias.

Fração	P_2O_5 (%)	CaO (%)	CaO/ P_2O_5
-8+10#	23,64	20,9	0,88
-10+14#	24,41	28,7	1,18
-14+20#	26,03	30,4	1,17
-20+28#	26,21	31,3	1,19
-28+35#	26,48	32,2	1,22
-35+48#	26,15	32,4	1,24
-48+65#	25,29	30,9	1,22
-65+100#	23,81	29,3	1,23
-100+150#	21,97	27,0	1,23
-150+200#	16,98	22,1	1,30
-200+270#	13,69	17,1	1,25
-270+325#	11,69	17,4	1,49
-325+400#	11,73	16,0	1,36
-400#	6,27	6,3	1,00

Tabela 9 – Distribuição dos teores de P_2O_5 e CaO nas classes granulométricas do minério fosfático de Angico dos Dias.

Fração	P_2O_5 (%)	Distr. P_2O_5	CaO (%)	Distr. CaO
-8+10#	1,41	7,85	1,25	5,92
-10+14#	1,69	9,39	1,99	9,43
-14+20#	1,98	10,96	2,31	10,93
-20+28#	1,84	10,19	2,19	10,39
-28+35#	1,98	10,97	2,41	11,40
-35+48#	1,39	7,72	1,72	8,16
-48+65#	1,35	7,49	1,65	7,81
-65+100#	1,81	10,03	2,23	10,54
-100+150#	0,99	5,51	1,22	5,78
-150+200#	0,75	4,18	0,98	4,65
-200+270#	0,46	2,54	0,57	2,71
-270+325#	0,32	1,75	0,47	2,23
-325+400#	0,15	0,83	0,20	0,97
-400#	1,91	10,60	1,92	9,09
Total	18,03	100,00	21,11	100,00

As análises por DRX mostraram a predominância de quartzo e fluorapatita, seguidos por caolinita, fosfatos de alumínio da família da crandallita e goethita (figura 17). Nas frações separadas eletromagneticamente constatou-se também a presença de feldspato, ilmenita, magnetita e hematita. As frações afundadas não magnéticas a 10kG constituem-se essencialmente por fluorapatita segundo os resultados de DRX.

Figura 17 – Espectros de raios X das amostras de concentrado apatítico e fosfático de Angico dos Dias.

Ao MEV, as diferentes frações granulométricas do minério mostraram características texturais muito semelhantes, onde grãos de apatita e quartzo encontram-se freqüentemente liberados e grãos de composição mista são predominantemente formados por caolinita, fosfatos de alumínio da família da crandallita, óxidos/hidróxidos de ferro e, mais raramente, por compostos com óxidos de Mn e Ba. Também foram detectados feldspato potássico eventualmente com sódio, titanita, magnetita/hematita e ilmenita. A monazita foi principalmente detectada como inclusões na apatita.

A foto 29 mostra a característica geral do minério de Angico dos Dias, a foto 30, uma microinclusão de monazita em apatita e a foto 31, um grão de composição mista.

Foto 29 – Característica geral do minério fosfático de Angico dos Dias. A tonalidade escura, ao fundo, representa a resina de embutimento com bolhas, grãos cinza escuro lisos representam quartzo, grãos cinza claro lisos apatita, e grãos aglomerados de tonalidades variando do cinza escuro e cinza claro e com textura heterogênea representam agregados mistos de caolinita, fosfatos de alumínio, oxido/hidróxidos de ferro e apatita.

Foto 30 – Inclusão de monazita em cristal de apatita do minério fosfático de Angico dos Dias.

Foto 31 – Grão aglomerado misto com matriz de caolinita, fosfatos de alumínio (com Ca, Sr e Ba) e óxidos/hidróxidos de ferro, e inclusões grandes de óxido de Mn e Ba (hollandita).

As únicas fases portadoras de elementos terras raras identificadas ao MEV/EDS foram a monazita e a apatita. Análises semi-quantitativas por EDS em apatita mostraram teores de OTR variando de 0,4 a 1,4% (média de 0,8%) e composições médias para a monazita de 32% de P₂O₅, 65% de OTR, 0,2% de CaO, 0,25% de SrO, 0,5% de Al₂O₃, 0,45% de SiO₂ e 1,5% de F.

A participação percentual em massa de cada produto obtido nos fracionamentos obtidos em meio denso e separação magnética é mostrada nas tabelas 10 e 11 em relação à amostra total e à fração granulométrica relacionada.

Tabela 10 - Participação (% peso) das frações obtidas nos ensaios de separação em meio denso, em relação à fração e à amostra, para as diferentes frações granulométricas.

Fração Granulométrica	Flutuado		Afundado	
	% na Fração	% na Amostra	% na Fração	% na Amostra
-8+10	21,82	1,97	78,18	7,05
-10+14	20,58	2,18	79,42	8,41
-14+20	20,75	2,36	79,25	9,01
-20+28	21,44	2,22	78,56	8,15
-28+35	20,31	2,26	79,69	8,85
-35+48	23,50	1,72	76,50	5,61
-48+65	26,73	2,03	73,27	5,57
-65+100	29,63	3,39	70,37	8,04
-100+150	33,92	2,09	66,08	4,08
-150+200	48,64	3,06	51,36	3,23
-200+270	48,85	2,19	51,15	2,29
-270+325	11,89	0,40	88,11	2,93
-400	9,62	0,09	90,38	0,83
Amostra total		25,95		74,05

Tabela 11 – Participação (% massa) das frações obtidas nos ensaios de separação magnética em relação à fração e à amostra, para os produtos afundados em meio denso das diferentes classes granulométricas.

	Afundados									
	Ímã de Mão		Magn. 3 kG		Magn. 5 kG		Magn. 10 kG		Não Magnético	
	% na	% na	% na	% na	% na	% na	% na	% na	% na	% na
	fração	amostra	fração	amostra	fração	amostra	fração	amostra	fração	amostra
-8+10	7,15	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,03	6,41
-10+14	6,59	0,70	15,50	1,64	15,16	1,60	11,43	1,21	30,75	3,25
-14+20	9,88	1,12	9,97	1,13	11,22	1,28	9,81	1,12	38,36	4,36
-20+28	12,83	1,33	7,26	0,75	5,64	0,58	8,37	0,87	44,45	4,61
-28+35	12,33	1,37	4,42	0,49	4,99	0,55	7,70	0,85	50,25	5,58
-35+48	9,25	0,68	3,61	0,27	4,19	0,31	6,58	0,48	52,87	3,88
-48+65	8,29	0,63	3,10	0,24	3,46	0,26	5,27	0,40	53,15	4,04
-65+100	7,28	0,83	2,58	0,29	3,39	0,39	5,55	0,63	51,56	5,89
-100+150	6,45	0,40	2,01	0,12	3,54	0,22	6,90	0,43	47,18	2,91
-150+200	4,97	0,31	1,36	0,09	2,09	0,13	6,32	0,40	36,61	2,31
-200+270	3,98	0,18	1,61	0,07	2,99	0,13	9,52	0,43	33,04	1,48
-270+325	4,27	0,14	2,04	0,07	5,24	0,17	15,16	0,50	61,39	2,04
-400	3,82	0,04	1,34	0,01	3,00	0,03	25,95	0,24	56,27	0,52
Soma		8,37		5,18		5,66		7,56		47,28

Os gráficos das figuras 18 e 19 representam, respectivamente, a distribuição de interceptos lineares e de área nas frações, conforme medido por análise de imagem. O teor de apatita determinado por análise de imagem é de 42,7%, equivalendo a 18,09% de P_2O_5 .

Figura 18 – Distribuição dos interceptos lineares. Condicional por tamanho.

Figura 19 – Distribuição dos interceptos área. Condicional por tamanho.

A distribuição em área já indica que a apatita nunca é totalmente liberada, apesar da grande maioria das partículas terem 90% ou mais do mineral. A observação ao MEV confirma que a liberação da apatita raramente é total, havendo geralmente inclusões finas ou recobrimentos externos de minerais de ganga associados à fase de interesse. Apesar dessas inclusões serem finas e representarem muito pouco em relação ao total das partículas, a análise de imagens trabalha com classes de teores de 10%, de maneira que os resultados provavelmente sugerem uma liberação inferior à realidade. Além disso, é visível também o efeito do teor de apatita diminuir com a granulometria, o que já foi observado através das análises químicas.

O espectro de liberação em massa, condicional por tamanho, após correção estereológica e transformação de volume para área, está na figura 20, e o espectro de liberação natural da apatita, em massa e bivariada tamanho/teor, está representado na figura 21. Nesse gráfico assumiu-se a liberação condicional por tamanho da fração fina (abaixo de 37 μm) como sendo igual à da fração imediatamente mais grossa.

Figura 20 – Espectro de liberação da apatita, em massa, após correção estereológica. Condicional por tamanho.

Figura 21 – Espectro de liberação natural da apatita, em massa, bivariada tamanho/teor.

A fração fina destaca-se, uma vez que mais 30% das partículas na amostra são finas. Outra característica marcante é que entre 417 e 74 μm a maior parte das partículas contém entre 90 e 100% de apatita, mas a fração mais grossa e as mais finas que 74 μm contém partículas predominantemente contendo entre 80 e 90% de apatita, ou seja, uma liberação bem inferior. No caso das partículas mais grossas, trata-se realmente de um problema de liberação convencional, mas no caso das mais finas deve-se essa pior liberação à bimodalidade da apatita encontrada na jazida, grossa mais liberada ou mais fina em agregados com caolinita, fosfatos de alumínio secundários e minerais de Fe.

A partir da liberação natural bivariada do minério, pode ser previsto o seu comportamento em processos de separação ideal, utilizando todo o minério na condição em que se encontra nesse estudo. Os diagramas das figuras 22, 23 e 24 relacionam o teor de apatita num concentrado hipotético, o descarte de massa do rejeito obtido pela operação de separação e a recuperação global da apatita no concentrado.

Figura 22 – Recuperação de apatita em função do seu teor no concentrado, supondo-se separação ideal.

Figura 23 – Descarte de massa no rejeito em função do teor de apatita no concentrado, supondo-se separação ideal.

Figura 24 – Descarte de massa no rejeito em função da recuperação global de apatita no concentrado, supondo-se separação ideal.

Observa-se, pelos diagramas acima, que é possível um descarte de massa considerável, da ordem de 55%, com recuperação de mais de 90% da apatita, proporcionando um teor de apatita no concentrado também de 90%. Teores superiores implicam em grande descarte de massa, mas também numa recuperação bem inferior; como exemplo, um concentrado de 95% de apatita representa descarte superior a 80% da massa, mas recuperação da ordem de 40%.

A simulação de cortes granulométricos a partir dos dados de liberação altera os resultados dos concentrados hipotéticos a partir de separação ideal, uma vez que o teor de apatita nos finos é proporcionalmente menor. As figuras 25 e 26 mostram os espectros de liberação naturais da amostra de minério fosfático após deslamagem a 150 e 270 malhas, respectivamente, e as figuras 27, 28 e 29, e 30, 31 e 32 os resultados de simulação de separação ideal em ambas as situações, respectivamente. O descarte de massa do corte

granulométrico não pode ser representado, e os resultados se referem à nova amostra deslamada gerada.

Figura 25 – Espectro de liberação natural da apatita após deslamagem em 150 malhas, em massa, bivariada tamanho/teor.

Figura 26 – Espectro de liberação natural da apatita após deslamagem em 270 malhas, em massa, bivariada tamanho/teor.

Figura 27 – Recuperação de apatita em função do seu teor no concentrado, após deslamagem a 150 malhas, supondo-se separação ideal.

Figura 28 – Recuperação de apatita em função do seu teor no concentrado, após deslamagem a 270 malhas, supondo-se separação ideal.

Figura 29 – Descarte de massa no rejeito em função do teor de apatita no concentrado, após deslamagem em 150 malhas, supondo-se separação ideal.

Figura 30 – Descarte de massa no rejeito em função do teor de apatita no concentrado, após deslamagem em 270 malhas, supondo-se separação ideal.

Figura 31 – Descarte de massa no rejeito em função da recuperação global de apatita no concentrado, após deslamagem em 150 malhas, supondo-se separação ideal.

Figura 32 – Descarte de massa no rejeito em função da recuperação global de apatita no concentrado, após deslamagem em 270 malhas, supondo-se separação ideal.

IV.2.3. - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

A caracterização do minério fosfático de Angico dos Dias mostrou constituição mineralógica simples e favorável ao processamento. Predominam grãos quase monominerálicos de apatita e quartzo, e mistos de quartzo e/ou apatita, caolinita, fosfatos de alumínio tipo crandallita e óxidos/hidróxidos de ferro. Ocorrem também grãos de minerais de ferro (magnetita/hematita) com ou sem ilmenita associada, e feldspatos, titanita e goethita subordinados.

As frações acima de 150 malhas apresentam os melhores teores de P_2O_5 (acima de 20%) e concentram mais de 80% do total do fosfato em menos de 60% da massa. Acima de 270 malhas concentram-se quase 87% do fosfato, em menos de 66% da massa. Os finos (-400 malhas) representam 10% do P_2O_5 em 30% da massa, de maneira que a perda de fosfato em eventual deslamagem é proporcionalmente reduzida.

O total de magnéticos (até 10 kG) na amostra deslamada (+400 malhas) é de 26,8%, e supõe-se que as perdas de fosfato numa eventual separação nesse campo sejam reduzidas; serão quantificadas no decorrer desse estudo. No caso de corte em 150 malhas, a fração magnética a 10 kG representaria por volta de 23% do total da massa, de maneira que deva ser possível conservar por volta de 80% do fosfato em aproximadamente 35% da massa. Numa eventual amostra deslamada em 270 malhas, contendo 87% do P_2O_5 em 66% da massa, uma separação magnética a 10 kG eliminaria mais 25,6% da massa, supostamente com pouca perda de fósforo, concentrando os 87% do fosfato em 40% da massa.

Os resultados da análise de imagem são promissores, apesar do trabalho ainda não estar concluído. O teor de apatita de 42,7% detectado, equivalendo a aproximadamente 18,09% de P_2O_5 contido, está em excelente equivalência com os teores efetivamente

analisados por via química, de 17,7%. A análise de imagens revelou uma feição interessante do minério, que é a não-liberação da apatita, mesmo em frações finas. Apesar das partículas conterem apenas inclusões ou recobrimentos de dimensões muito pequenas, a liberação nunca é total. Isso também decorre de outra característica do minério, que é a sua bimodalidade, com apatita mais grossa e melhor liberada e apatita fina em aglomerados com matriz de caolinita, fosfatos de alumínio secundários e óxidos/hidróxidos de ferro. Com o decréscimo do tamanho da partículas a quantidade da apatita grossa e bem liberada também é reduzida, e predomina a apatita fina não-liberada. Essa predominância do segundo tipo de apatita também coincide com a queda do teor de P_2O_5 a partir de 150 ou 200 malhas.

A análise de imagens também proporciona uma previsão da concentração da apatita em separação ideal, graficamente, em função do teor de apatita, sua recuperação e o descarte de massa. É possível antever, por exemplo, um concentrado com aproximadamente 90% de apatita (correspondente, a grosso modo, a 38% de P_2O_5), com recuperação da ordem também de 90%, e descarte de massa de 55%.

Simulando-se um corte granulométrico a 150 e a 270 malhas, o teor de apatita do retido sobe para, respectivamente, 53 e 56,1% de apatita, uma vez que as frações mais finas contém teor do mineral abaixo da média. Não ocorrem, no entanto, incrementos substanciais no teor de apatita do concentrado ou na sua recuperação, e há um óbvio decréscimo no descarte de massa da operação para aproximadamente 45%, uma vez que parte do rejeito foi eliminado pela classificação.

A já discutida bimodalidade da apatita no minério impede, de certa forma, simulação de melhoria de liberação com a sua moagem, uma vez que a fragmentação das partículas mais grossas certamente vai gerar uma população de partículas bem melhor

liberadas que não podem ser simuladas pela população de apatita fina que foi medida nesse estudo. Dessa forma, com a intenção de se simular melhor o efeito da cominuição sobre a liberação da apatita, o estudo será repetido com amostra moída.

IV. 3 – APLICAÇÃO DA SEPARAÇÃO MAGNÉTICA A SECO PARA O BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO FOSFÁTICO DE ANGICO DOS DIAS

A rota de beneficiamento com aplicação de separação magnética a seco foi estudada por Ferreira *et al.* (1999), tomando por base o estudo de caracterização tecnológica descrito anteriormente.

A preparação da amostra iniciou-se com cominuição em britador de mandíbulas - obtendo-se um produto com granulometria abaixo de 2,36 mm (8 malhas), seguida de homogeneização e quarteamo em sub-amostras de 1 kg. Estas sub-amostras foram utilizadas em análises granulométrica e química, bem como nos ensaios de concentração.

Na realização dos experimentos, foram utilizados os seguintes equipamentos: série de peneiras Tyler; peneirador Rotap - fabricante Luik & Kleiner; separador eletromagnético de disco a seco - fabricante Stearns, modelo D e separador magnético de rolo a seco (ímã permanente de terras raras) - fabricante Eriez, modelo RE 5-1, série 8851.

Os ensaios de separação magnética foram realizados com a faixa granulométrica - $1,19 + 0,074$ mm (-14 +200 malhas), variando-se a intensidade de campo magnético. Para tal finalidade, a amostra foi processada em separador magnético de disco (campos magnéticos de 2.000 e 7.000 Gauss) e de rolo (campo magnético máximo na superfície de 21.000 Gauss). Posteriormente, a mesma amostra foi, previamente, submetida à atrição a seco (célula de atrição) e processada no separador magnético de rolo.

A figura 33 apresenta a distribuição de teores de P_2O_5 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 em função da granulometria do minério. A análise desta revela a possibilidade de descarte das frações mais finas, nas quais as distribuições dos teores de Fe_2O_3 e Al_2O_3 são significativas, enquanto representam menos de 10% do fosfato contido. Além disso, conforme pode ser visto na figura 34, nessas frações finas, os teores de P_2O_5 são baixos e os teores de Fe_2O_3 e Al_2O_3 , elevados. As frações acima de 0,105 e 0,074 mm correspondem a 82,7 e 85,9% do fosfato contido na amostra original, respectivamente.

Figura 33 – Distribuição de P_2O_5 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 em função da granulometria.

Figura 34 - Teores de P_2O_5 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 em função da granulometria.

Com base nesses dados, e após alguns ensaios exploratórios, o material foi classificado na faixa granulométrica -1,19 +0,074 mm e utilizado nos ensaios de separação

magnética. Os resultados desses ensaios de separação magnética a seco em baixa e média intensidade (separador de disco) e alta intensidade de campo magnético (separador de rolo) estão apresentados nas figuras 35 e 36. Na figura 35, observa-se, no produto não magnético, um aumento considerável nos teores de P_2O_5 conforme o aumento da intensidade de campo magnético. Da mesma forma, verifica-se a diminuição dos teores de Fe_2O_3 e Al_2O_3 quando a amostra é submetida a intensidades de campo crescentes.

Figura 35 - Teores de P_2O_5 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 em função do campo magnético no produto não magnético da fração $-1,19 + 0,074$ mm.

A figura 36 apresenta a distribuição de Fe_2O_3 , Al_2O_3 e P_2O_5 no rejeito magnético. Cerca de 92% de Fe_2O_3 e 88% de Al_2O_3 foram rejeitados quando o minério foi processado em campo magnético de alta intensidade. Por outro lado, obteve-se um aumento da perda de P_2O_5 no rejeito magnético, conforme o aumento da intensidade de campo magnético.

Figura 36 - Efeito da intensidade de campo magnético na distribuição de P₂O₅, Fe₂O₃ e Al₂O₃ no rejeito magnético da fração -1,19 +0,074 mm.

A aplicação de alta intensidade de campo magnético resultou na obtenção de um produto não magnético com um teor em P₂O₅ de 36,2%. Apesar da obtenção desse teor elevado de P₂O₅, observou-se uma perda considerável de fosfato (39,8%) no produto magnético.

Esta perda de fosfato pode ser devida à presença de oxi-hidróxidos de ferro que recobrem superficialmente as partículas de apatita (segundo o item referente à Caracterização Tecnológica), conferindo-lhes uma maior susceptibilidade magnética.

Esse problema poderia ser minimizado com a atrição a seco do material em moinho de barras visando a remoção de partículas de oxi-hidróxidos de ferro aderidas às de apatita.

Os resultados do ensaio de separação magnética com a amostra submetida previamente à atrição estão relacionados na Tabela 12. Conforme pode ser verificado, a recuperação de P₂O₅ no produto não magnético foi de 60,08%, ou seja, a atrição não surtiu o efeito desejado quanto à recuperação de fosfato. Este concentrado apresentou uma melhoria no teor de P₂O₅ (37,1%). As demais análises foram: 1,58% Fe₂O₃, 37,75% CaO, 1,84% Al₂O₃, 0,04% MgO e 19,17% SiO₂.

Com as condições deste último ensaio e seus resultados (teor de P_2O_5 : 37,1%; relação CaO/P_2O_5 : 1,01%; relação R_2O_3/P_2O_5 : 0,09% e relação MgO/P_2O_5 : 0,001%), obtém-se um produto com as especificações adequadas para a produção de ácido fosfórico.

Tabela 12 – Resultados dos ensaios de separação magnética a seco de alta intensidade, efetuados com a fração $-1,19 + 0,074$ mm após atrição.

	Peso (%)	P_2O_5 (%)		CaO (%)		Fe_2O_3 (%)	
		Teor	Dist.	Teor	Dist.	Teor	Dist.
Alim.	100	22,38	100	20,66	100	11,77	100
Mag.	60,11	13,43	36,08	10,27	29,88	18,23	93,09
Nmag.	36,25	37,09	60,08	37,75	66,23	1,58	4,87
Misto	3,64	23,60	3,84	22,06	3,89	6,61	2,04

	MgO (%)		SiO_2 (%)		Al_2O_3 (%)	
	Teor	Dist.	Teor	Dist.	Teor	Dist.
Alim.	0,22	100	27,53	100	9,72	100
Mag.	0,33	90,56	32,29	70,52	14,57	90,10
Nmag.	0,04	6,62	19,17	25,25	1,84	6,86
Misto	0,17	2,82	32,05	4,23	8,11	3,04

Um fluxograma conceitual do processo de beneficiamento é apresentado na figura 37, tendo em vista todas as características do minério apatítico. Uma análise geral dos

resultados revela ainda que, se o minério fosse classificado em 0,074 mm, cerca de 30% da massa seria descartada e 86% do fosfato seria concentrado em apenas 70% da massa. Neste caso, a moagem com aeroclassificação poderia ser utilizada. Para atender às especificações do produto para fabricação de ácido fosfórico, seria obtida uma recuperação global de 52% de P_2O_5 contido no minério (“run of mine”) em 28% da massa original. Em trabalhos futuros deverão ser estudadas alternativas para recuperação do fosfato contido no produto magnético.

Nos ensaios de separação magnética a seco, realizados em baixa e média intensidade de campo magnético, concluiu-se que o aumento da intensidade de campo magnético de 2.000 para 7.000 Gauss resultou em aumento da remoção de ferro, bem como dos teores de P_2O_5 no concentrado não magnético, 19,8 e 22,9%, respectivamente. No entanto, o produto assim obtido não era ainda adequado a um concentrado destinado à produção de ácido fosfórico. Tal fato levou ao estudo de separação magnética de alta intensidade visando à obtenção de um concentrado apropriado (Takata *et al.*, 1988, *apud* Ferreira *et al.*, 1999).

Melhores resultados foram obtidos nos ensaios de separação magnética de alta intensidade a seco usando um separador de rolo com ímã permanente de terras raras apresentando boa seletividade para a faixa granulométrica -1,19 +0,074 mm (-14 +200 malhas). A atrição prévia proporcionou apenas uma melhoria no teor de P_2O_5 do concentrado.

Segundo estudos de Souza *et al.* (1999), a utilização de HCl parece ser uma opção viável, no contexto brasileiro, para o aproveitamento do minério apatítico de Angico dos Dias.

Figura 37 – Fluxograma conceitual do processo de beneficiamento.

Capítulo V— Considerações Finais

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo a caracterização da apatita do Complexo de Angico dos Dias em suas variedades primárias e secundárias, enfatizando as modificações geradas durante o desenvolvimento do perfil de alteração, em seus aspectos morfológicos, mineralógicos e geoquímicos visando à compreensão do seu comportamento no processo de beneficiamento.

Caracterização dos tipos de apatita

As técnicas analíticas utilizadas (Microscopia Ótica, Difração de Raios X, Microscopia Eletrônica de Varredura com análises qualitativas e semi-quantitativas por EDS, a Microsonda Eletrônica a ICP-MS Ablação a Laser e a Catodoluminescência) permitiram o levantamento dos vários tipos morfológicos de apatita, que puderam ser correlacionados a distintas gerações pela sua morfologia, pelas relações espaciais apresentadas entre si e com os outros minerais. Assim, a caracterização das diferenças de composição entre as diversas gerações/tipos morfológicos pôde levar a interpretações quanto à evolução na composição da apatita primária com o desenvolvimento do perfil de alteração e quanto ao ambiente geoquímico de cristalização dos tipos/gerações.

Os estudos em Microscopia Ótica e Microscopia Eletrônica de Varredura foram os que permitiram o agrupamento das gerações/tipos de apatita segundo suas morfologias e associações mineralógicas. Estas observações permitiram identificar três tipos maiores de apatita, que representam sete gerações: apatita magmática primária (tipo A: grãos ovóides fraturados no carbonatito são, tipo B: grãos ovóides fraturados no carbonatito silicificado são, tipo C: grãos ovóides fraturados no carbonatito micáceo são, tipo D: grãos residuais ovóides em amostras alteradas, tipo E: fragmentos angulosos residuais em matriz

ferruginizada), apatita possivelmente hidrotermal (tipo F: grãos hexagonais com estruturação em faixas/linhas estreitas paralelas) e apatita supérgena (tipo G: fibrorradiada idiomórfica), além dos fosfatos secundários aluminosos da família da crandallita.

Os diferentes tipos de apatita foram selecionados para análises à Microsonda Eletrônica (em três etapas, em dois laboratórios diferentes) e Catodoluminescência visando à obtenção de respostas composicionais que confirmassem ou não a diferenciação entre os tipos/gerações previamente separados através do estudo micromorfológico. Os ETR e alguns elementos traço em duas amostras (tipos A e D) foram também analisados por ICP-MS ablação a laser.

Foi feita uma análise estatística nos dados de ME, que mostrou diferenças entre as três etapas (o trabalho parece ter indicado que as análises da 2ª etapa em São Paulo tenham apresentado uma superdosagem do flúor); não obstante, em todas as etapas tendências geoquímicas, ou seja, as diferenças composicionais entre os tipos morfológicos/genéticos são as mesmas.

O estudo à Microsonda Eletrônica evidenciou então que alguns elementos, razões ou totais de análises podem ser utilizados como índices de alteração, e que os valores destes parâmetros evoluem não só entre os diferentes tipos de apatita como dentro de um mesmo tipo com diferenças nos graus de alteração, quer sejam consideradas apatitas de diferentes níveis do perfil, quer sejam considerados diferentes setores de um mesmo grão atingido pela alteração. O aumento no teor de F, da razão $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$ e do total são os principais índices de alteração. O primeiro porque estaria acompanhando a carbonatação que ocorre na alteração e neoformação de apatita secundária. O segundo, porque representa ao mesmo tempo perda dos cátions substituintes do Ca (que ocorre na alteração) e substituição de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} (que também ocorre na alteração). E o terceiro, porque representa a

substituição de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} , que não é analisado à ME, mas que também ocorre na alteração da apatita primária e na formação de apatita secundária supérgena (segundo análises por Microespectrometria Raman efetuadas por Toledo, 1999 e Ferrari, 2000).

O estudo das características de Catodoluminescência diferenciou os tipos de apatita primária (tipos A, B, C, em amostras sãs e D e E, em amostras alteradas) e secundária (tipos F e G). A apatita primária sã apresentou tons violeta-azulados, tendendo para tons mais rosados até os tipos mais alterados. Os tipos secundários de apatita apresentaram tons rosados bastante diferenciados daqueles azulados dos tipos primários sãos e daqueles tendentes ao rosa dos tipos primários alterados.

A apatita tipo D, primária residual em amostra alterada, representa bem claramente a variação de cor de catodoluminescência com o progresso da alteração. Neste caso, um único grão consegue retratar praticamente toda esta evolução, sendo violeta-azulado escuro no centro e passando a tons mais rosados em direção às bordas e às discontinuidades (o pico do Eu^{2+} desaparece em direção às bordas). Este tipo de comportamento, onde um único grão pode representar toda uma história evolutiva, também pode ser observado através das análises em Microsonda Eletrônica.

As análises por ICP-MS Ablação a Laser não atingiram todos os tipos de apatita e nem foram realizadas em número tal que permitisse maiores interpretações sobre os ETR. No entanto, mostram um padrão de distribuição compatível com o comportamento dos ETR em carbonatitos. Os dados obtidos para La e Ce foram menores quando comparados com aqueles obtidos para os mesmos tipos de apatita (A e D) à Microsonda Eletônica nas três etapas, embora situando-se na mesma ordem de grandeza.

Os fosfatos secundários supérgenos representam a evolução da fosfatogênese com o intemperismo; os mais comumente observados são a gorceixita (com Ba) e a goyazita (com

Sr); crandallita também pôde ser observada, embora com menor frequência. Aparecem normalmente associados à apatita alterada e também à matriz ferruginizada, com porosidade elevada e granulometria submilimétrica. Acredita-se que o bário para a formação da gorceixita seja proveniente da alteração de feldspato potássico, freqüentemente presente nas rochas encaixantes.

A monazita ocorre normalmente como inclusões muito pequenas nos grãos de apatita ou ao redor desses grãos, formando quase que um recobrimento dos mesmos. A monazita também só pôde ser detectada ao Microscópio Eletrônico de Varredura e seu estudo detalhado ainda não foi efetuado, sendo um dos temas de prosseguimento da pesquisa sobre Angico dos Dias.

Interpretação sobre a alteração intempérica

Embora Angico dos Dias diferencie-se da maioria dos outros complexos alcalino-carbonatíticos do Brasil por ser de idade pré-cambriana e por encontrar-se atualmente em uma região semi-árida, parece não haver grandes diferenças no que se refere aos aspectos de alteração intempérica da apatita, em comparação com trabalhos recentes sobre o tema em complexos mesozóicos da Bacia do Paraná, como Juquiá (Alcover & Toledo, 1993, Walter, 1991 e Ferrari 2000), Tapira (Santos, 1998 e Ferrari 2000) e Catalão I (Toledo 1999), entre outros. Em todos eles a alteração desempenha aparentemente um papel muito semelhante, com características lateríticas. Isto indicaria que a alteração da apatita de Angico dos Dias ocorreu em clima diferente do clima atual e evidenciaria um paleoclima quente e úmido para a região do médio vale do rio São Francisco. Interpretação semelhante consta de Ferrari *et al.* (1999), com base na existência de fosfatos lateríticos na alteração sobre os materiais fosfáticos de Irecê (PE), hoje submetida a clima seco.

Correlação entre as características da apatita e seu comportamento tecnológico

O estudo das amostras naturais indeformadas mostrou a existência de diversos tipos de apatita, com morfologia e composições diferenciadas. A caracterização do minério (a partir de amostra de apatitito, ou seja, carbonatito alterado com predominância de apatita residual tipo D) mostrou constituição mineralógica simples e favorável ao processamento, predominando grãos quase monominerálicos de apatita e de quartzo e grãos mistos de caolinita, fosfatos crandallíticos, oxi-hidróxidos de ferro com restos de apatita e de quartzo, além de monazita e apatita supérgena (tipos F e G).

O estudo das frações separadas durante a caracterização tecnológica mostrou que a apatita primária presente no minério residual é preferencialmente concentrada nas etapas de separação magnética, ou seja, a apatita tipo D pode ser separada em grande parte por este procedimento. As análises de imagem mostraram que pode ser possível obter um concentrado de aproximadamente 90% de apatita (38% em P_2O_5) com recuperação também da ordem de 90% e descarte de massa de 55%. Por outro lado, as mesmas análises de imagem indicaram que no caso das partículas mais finas há problemas de liberação devido à bimodalidade da apatita encontrada na jazida, grossa mais liberada ou, mais fina não liberada em agregados onde associa-se a minerais de ganga, principalmente supérgenos, que compõem em boa parte o plasma secundário da alteração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. – 1977 – O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. de Geociências*, São Paulo, v.7, nº4, p. 349-367.
- ALCOVER NETO, A. – 1991 - Evolução supérgena das rochas carbonatíticas ricas em apatita do complexo alcalino de Juquiá (SP). Dissertação de Mestrado, IGc-USP. 131p.
- ALCOVER NETO, A. & TOLEDO, M.C.M. de – 1993 - Evolução supérgena do carbonatito de Juquiá (SP). *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, 14(1):31-43.
- ALKIMIM, F. F.; BRITO NEVES, B. B. e ALVES, J. C. – 1993 – Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco: uma revisão. In: DOMINGUES, I. M. L., MISI, A. (ed.). *O Cráton do São Francisco*. Salvador: SGM. p. 45-49.
- ALTSCHULER, Z.S. - 1973 - The weathering of phosphate deposits - geochemical and environmental aspects. In: *Environmental Phosphorous Handbook*, Griffith et al. eds., John Wiley and sons, N. York, 718p.
- ANGELIM, L. A. A. – 1992 – Relações tectono-estruturais entre o Cinturão Móvel Riacho do Pontal e o Grupo Chapada Diamantina. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*. São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo: SBG, 1992. V.1. p. 305 – 307.
- ANGELIM, L. A. A. & SILVA FILHO, M. A. – 1993 – Compartimentação geotectônica do Cráton São Francisco na região de Sobradinho, Bahia. In: *Simpósio sobre o Cráton do São Francisco*, 2, 1993, Salvador. Anais. Salvador:SBG; SGM; 1993. p. 221-223.
- BARBOSA, G. V.; BOAVENTURA, R. S. e PINTO, M. N. – 1973 – Geomorfologia de parte das folhas SC.23, Rio São Francisco e SC.24, Aracajú. In: *Brasil. DNPM. Projeto Radam*. Parte das folhas SC.23, Rio São Francisco e SC.24, Aracajú. Rio de Janeiro. p. II2-II24. (Levantamento de Recursos Naturais, 1).

- BARROS, L. A. F. - 1997 - Flotação da apatita da jazida de Tapira, MG. Diss. Mestrado, Esc. Politécnica, USP. 106p.
- BIONDI, J. C. - 1986 - Depósitos de minerais metálicos de filiação magmática. CBMM, T.A. Queiroz. 602p.
- BRAGG, L.B. & CLARINGBULL, G.F. - 1965 - Crystal structures of minerals, 409p., G. Bell & sons, London.
- BRITO NEVES, B. B. - 1975 - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste. Folha 24 - Aracajú, SE. Recife: SUDENE (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 33.).
- CALDASSO, A. L. S., NNES, E. R. e GRACIA, C. A. O. - 1973 - Projeto sudeste do Piauí I: Relatório Final Integrado. Recife: CPRM. Convênio DNPM-CPRM.
- CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES (BA) - 1993 - Informações básicas dos municípios baianos, região baixo médio São Francisco. Salvador: 1993. (Informações Básicas dos Municípios Baianos, 3).
- CHIEN, S.H. & BLACK, C.A. - 1976 - Free energy of formation of carbonate apatite in some phosphate rocks. J. Soil Sci. Soc. Amer. 40: 234-239.
- COCKBAIN, A.G. - 1968 - The crystal chemistry of the apatites. Mineralogical Magazine, 36(281):654-660.
- COOK, P.J. - 1972 - Petrology and geochemistry of the phosphate deposits of northwest Queensland, Australia. Economic Geology, 67:1193-1213.
- COMODI, P. & LIU, Y. - 2000 - CO₃ substitution in apatite: further insight from new crystal-chemical data of Kasekere (Uganda) apatite. Eur. J. Mineral., 12: 965-974.
- COSTA, L. A.M.; PORTELA, A.P; MARCHETO, Z. M. L.; *et al.* - 1976 - Projeto Leste do Tocantins - Oeste do Rio São Francisco: Relatório Final. Rio de Janeiro: Prospec. Convênio DNPM-CPRM.

- COUTO, L. F. – 1989 – Estudo petrológico do complexo máfico-ultramáfico de Campo Alegre de Lourdes (BA) e dos óxidos de Fe-Ti-V associados. Brasília. Dissertação (Mestrado) – IG-UnB.
- DAWSON, J.B., STEELE, I.M. SMITH, J.V. & RIVERS, M.L. - 1996 - Minor and trace element chemistry of carbonates, apatites and magnetites in some African carbonatites. *Miner. Magaz.*, 60:415-425.
- DNPM – 1992 – Relatório Final de Pesquisa para o Minério de Fosfato de Angico dos Dias – Mineração Diadema Limitada, DNPMs: 870.434/84, 870.435/84, 870436/84, V.1, 267p.
- FERRARI, V. C., MELFI, A. J. & OLIVEIRA, J. J. de – 1998 - Geoquímica e mineralogia dos produtos de paleoalteração de rochas fosfatadas da região de Irecê, BA. *Geochimica Brasiliensis* 12(1/2):41-53.
- FERRARI, V. C. – 2000 – Fosfatos primários e secundários nos perfis de intemperismo sobre os maciços alcalino-carbonatíticos de Juquiá (SP), Anitápolis (SC) e Tapira (MG). Tese de Doutorado. IGc-USP. 241p.
- FERREIRA, S. S., LINS, F. F. & MONTE, M. B. M. – 1999 – Aplicação da separação magnética a seco no beneficiamento de um minério fosfático. Resumo de Iniciação Científica. 8p. CETEM/CNPq.
- FLICOTEAUX, R. & LUCAS, J. – 1984 – Weathering of phosphates minerals, in: *Phosphate Minerals*, ed. by Nriagu & Moore, Springer-Verlag, 442 p.
- FLORÊNCIO, R.V.S. & TOLEDO, M.C.M. – 1997 – Estudo da alteração intempérica sobre rochas ricas em apatita no Maciço Alcalino Carbonatítico de Ipanema, SP. *Geochimica Brasiliensis*, 11(3).

- FRANSOLET, A.M. & SCHREYER, W. - 1981 - Unusual, iron-bearing apatite from a garnetiferous pegmatoid, Northampton Block, Western Australia. N. Jb. Miner. Mh., H7:317-327.
- FUCK, R. A., JARDIM DE SÁ, E. F.; PIMENTEL, M. M.; *et al.* - 1993 - As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco: Síntese dos Conhecimentos. In: Domingues, J. M. L.; MISI, A. (ed.). O Cráton do São Francisco. Salvador: SBG, SGM, p. 161-185.
- GOMES, R. A. A. D. (org.)- 1993 - Projeto Campo Alegre de Lourdes, aerogeofísica, relatório temático, folhas SC.23-X-D-IV, Campo Alegre de Lourdes e SC.23-X-D-I, Peixe, Estado da Bahia e Piauí. Salvador: CPRM (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil). Convênio CBPM-CPRM.
- GOMES, C. B., ANTONINI, P., CASTORINA, F., COMIN-CHIARAMONTI, P. & YAMAMOTO, E. - 2001 - A associação alcalino-carbonatítica precambriana de Angico dos Dias: características geoquímicas. In: VI Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XII Semana de Geoquímica. Faro/Portugal. Anais. p. 96-97.
- GROSSI-SAD, J. H & TORRES, N. - 1971 - Geologia e recursos minerais do complexo de Tapira, Minas Gerais, Brasil. Belo Horizonte, GEOSOL, 68 p.
- GUIA DE ESTRADAS - 1994 - Mapa do Brasil em formato prático. QUATRO RODAS. Ed. Abril. 81p.
- GULBRANDSEN, R.A., KRAMER, J.R., BEATTY, L.B. & MAYS, U.S. - 1966 - Carbonate-bearing apatite from Faraday Township, Ontario, Canada. Am. Min., 51:819-824.
- HOGGARTH, D.D. - 1989 - Pyrochlore, apatite and amphibole: distinctive minerals in carbonatite. p. 105-148. In: Bell, K. (ed.) Carbonatites - Genesis and evolution. Unwin Hyman Ltd., London, 618p.

- JAHNKE, R.A. - 1984 - The synthesis and solubility of carbonate fluorapatite. *Am. J. of Sci.*, 284:58-78.
- KAHN, H. - 1988 - Caracterização mineralógica e tecnológica da jazida de fosfato do Maciço de Anitápolis, SC. Diss. Mestr., IG - USP, 219 p. , São Paulo.
- KAHN, H. - 1999 - Caracterização de matérias primas minerais associadas a complexos alcalino-carbonatíficos. Livre Docência. Escola de Engenharia de Minas - USP. 216p.
- KAHN, H., CASSOLA, M. S., OBA, C. A. I., LIBERAL, G. S. E RIFFEL, B. F. - 1990 - Caracterização tecnológica do minério residual de fosfato de Angico dos Dias, BA. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, 14, Salvador, 1990. Anais. Salvador, ABM, 1990. V.1, p. 196-211.
- KNUSTON, C, PEACOR, D. R. & KELLY, W. C. - 1985 - Luminescence color and fission track zoning in apatite crystals of the Panasqueira tin-tungsten deposit, Beira-Baixa. Portugal. *Am. Mineralogist*, 70, p.829-837.
- LARSEN Jr., E.S., FLETCHER, M.H. & CISNEY, E.A. - 1952 - Strontium apatite. *Am. Min.*, 37:656-658.
- LEGEROS, R., TRAUTZ, LEGEROS, J.P. & KLEIN - 1968 - Carbonate substitution in the apatite structure. Colloque International sur les phosphates minéraux solides, 1967, Toulouse. Bulletin de la Societé Chimique de France, 1968, numero special, p. 1712-1718.
- LEHR, J.R., McCLELLAN, G.H., SMITH, J.P. & FRASIER, A.W. - 1968 - Characterization of apatites in commercial phosphate rocks. Colloque International sur les phosphates minéraux solides, 1967, Toulouse. Bulletin de la Societé Chimique de France, 1968, numero special, p. 29-44.
- LEITE, C. M.; MORAIS, A. M. V.; SÁ, E. P.; SANO, E. E.; *et al.* - 1987 - Projeto Remanso fase 1: Relatório Final. Salvador: CBPM. Convênio SME-CBPM.

- LEITE, C. M. & FROÉS, R. J. B. – 1989 – Características petroquímicas do granito alcalino Serra do Meio (Campo Alegre de Lourdes-BA). In: Cong. Bras. Geoquímica, 2., Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro:SBGq, 1989. v.1, p.157-167.
- LEITE, C. M. M.; SANTOS, R. A.; CONCEIÇÃO, H. A. – 1993 – Província toleítica alcalina de Campo Alegre de Lourdes: geologia e evolução tectônica. In: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, 2., Salvador. Anais...Salvador: SBG, SGM. v.1, p.56-59.
- LEITE, C. M. M. (org.) – 1997- Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil: Campo Alegre de Lourdes, folha SC.23-X-D-IV; Peixe, folha SC.23-X-D-I. Estado da Bahia. Escala 1:100.000 – Brasília: CPRM. p.153.
- LENHARO, S.L.R. – 1994 – Caracterização mineralógica/tecnológica das apatitas de alguns depósitos brasileiros de fosfato. Diss. mestrado, Esc. Politécnica, USP.196p.
- LEROY, G. - 1997 - Microcaracterisation de la phase mineral osseuse. Innov. Tech. Biol. Med., vol. 18, num. special GRIBOI97:151-165.
- LIBERAL, G. S. & CASSOLA, H. L. – 1989 – O depósito de fosfato de Angico dos Dias, BA: geologia, beneficiamento e aproveitamento econômico. In: Congresso Brasileiro de Mineração, 3, 1989, São Paulo. *Coletânea de Trabalhos Técnicos*. Brasília: IBRAM, 1989. V.2, p. 266-287.
- LIU, Y. & COMODI, P. - 1993 - Some aspects of the crystal-chemistry of apatites. *Mineralogical Magazine*, 57:709-719.
- LUCAS, J., FLICOTEAUX, NATHAN, Y., PRÉVÔT, L. E SHAHAT, Y. – 1980 - Different aspects of phosphorite weathering. *SEPM Special Publication No. 29*, p. 41-51.
- MARIANO, A.N. & RING, P.I. - 1975 - European activated cathodoluminescence in minerals. *Geoch. and Cosmoch. Acta* 39:649-660.
- MARIANO, A.N. - 1978 - The application of cathodoluminescence for carbonatite exploration and characterization. I Simp. Intern. de Carbonatitos, Poços de Caldas, 1976, Anais, p. 39-57.

- MARIANO, A.N. - 1988 -Cathodoluminescence emission spectra of rare earth element activators in minerals. Cap.12 In: Lipin & McKay eds. Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth elements, Reviews in Mineralogy 21: 339-348.
- MARSHALL, D.J. - 1988 - Cathodoluminescence of Geological Materials. Unwin Hyman, Boston, 93p.
- McARTHUR, J.M. - 1978 - Systematic variations in the contents of Na, Sr, CO₃ and SO₄ in marine carbonate-fluorapatite and their relation to weathering. Chemical Geology 21(1-2):89-112.
- McARTHUR, J.M. - 1980 - Fluorine deficient apatite. Mineral. Magazin., 54: 508-510.
- McARTHUR, J.M. - 1985 - Francolite geochemistry – compositional controls during formation, diagenesis metamorphism and weathering. Geochimica and Cosmochimica Acta, 49:23-45.
- McCONNELL, D. - 1973 - The crystal chemistry of apatite. Bull. Soc. Fr. Minéral. Cristallogr. 97:237-240.
- MONTEL, G. - 1968 - Conceptions nouvelles sur la physico-chimie des phosphates de structure apatitique. Colloque Intern. sur les phosphates minéraux solides, 1967, Toulouse. Bulletin de la Societé Chimique de France, 1968, numero special, p. 1693-1700.
- MURRAY, J.R. & ORESKES, N. - 1997 - Uses and limitations of cathodoluminescence in the study of apatite paragenesis. Econ. Geol. 92, 368-376.
- NATHAN, Y. - 1984 - The mineralogy and geochemistry of phosphorites. In Nriagu & Moore eds., Phosphate Minerals, p. 275-291.
- NEUMANN, R., ALCOVER, A.N. (1999). “Caracterização mineralógica e tecnológica do minério fosfático de Angico dos Dias/Caracol (BA/PI)”. Relatório técnico de Projeto PADCT “1ª fase” (RT-09/99).

- NOUNAH, A., SZILAGYI, J. & LACOUT, J.L. - 1990 - La substitution calcium-cadmium dans les hydroxyapatites. *Ann. Chim. Fr.* 15:409-419.
- NOUNAH, A., LACOUT, J.L. & SAVARIAULT, J.M. - 1992 - La substitution calcium-cadmium dans les hydroxyapatites. *Ann. Chim. Fr.* 15: 409-419.
- REGNIER, P., LASAGA, A.C., BERNER, R.A., HAN, O.H. & ZILM, K.W. - 1994 - Mechanism of CO_3^{2-} substitution in carbonate fluorapatite: evidence from FTIR spectroscopy, ^{13}C NMR and quantum mechanical calculations. *Am. Min.*, 79: 809-818.
- RODRIGUES, C.S. & LIMA, P.R.A.S.L. - 1984 - Complexos carbonatíticos do Brasil. In: Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração. Complexos carbonatíticos do Brasil: geologia. São Paulo, CBMM. Departamento de Geologia, p. 3-17.
- ROEDER, P.L., MacARTHUR, D., MA, X.P., PALMER, G.R. & MARIANO, A.N. - 1987 - Cathodoluminescence and microprobe study of rare-earth elements in apatite. *Am. Miner.*, 72:801-811.
- SANT'AGOSTINO, L M. & KAHN, H. - 1997 - Metodologia para a caracterização de matérias primas minerais. Boletim Técnico da Escola Politécnica. BT-PMI-069. 29p..
- SANTOS, C.N. dos - 1998 - Estudo mineralógico e micromorfológico das apatitas da jazida de Tapira (MG) - Correlação com o processo de beneficiamento. Monografia Trabalho de Formatura. IG - USP, inédito, 50p..
- SANTOS, C. N., FERRARI, V. C., TOLEDO, M. C. M. & KAHN, H. - 1999 (a) - Aspectos geoquímicos, mineralógicos e tecnológicos das apatitas de Tapira (MG). V Cong. Geoq. dos Países de Língua Portuguesa e VII Cong. Brasileiro de Geoquímica. Porto Seguro (BA). Anais. P. 415-417.
- SANTOS, C. N., KAHN, H. & TOLEDO, M. C. M. - 1999 (b) - Apatite chemical and physical

- superficial heterogeneity. XVII Cong. da Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise. In: Acta Microscopica. V. 8, supl. A. p. 139-140.
- SERY, A., MANCEAU, A & GREAVES, G.N. - 1996 - Chemical state of Cd in apatite phosphate ores as determined by EXAFS spectroscopy. *Am. Miner.*, 81:864-873.
- SILVA, A. B.; LIBERAL, G. S.; ISSA FILHO, A.; *et al.* - 1987 - Depósito de fosfato em carbonatito do pré-cambriano, Angico dos Dias, BA. Salvador: SBG.
- SILVA, A. B., LIBERAL, G. S., GROSSI-SAD, J. H., ISSA FILHO, A., RODRIGUES, C. S. e RIFEL, B.F. - 1988 - Geologia e petrologia do Complexo Angico dos Dias (Bahia, Brasil), uma associação carbonatítica precambriana. *Geochimica Brasiliensis* 2(1):81-108.
- SOMMERAUER, J. & KATZ-LEHNERT - 1985 - A new partial substitution mechanism of $\text{CO}_3^{2-}/\text{CO}_3\text{OH}^{3-}$ and SiO_4^{4-} for the PO_4^{3-} group in hydroxyapatite from the Kaiserstuhl alkaline complex (SW-Germany). *Contr. to Miner. And Petrol.* 91: 360-368.
- SOUZA, K. G. M., LOUREIRO, F. L. & TRINDADE, R. E. - 1999 - Rota alternativa para a produção de ácido ortofosfórico a partir de concentrado apatítico de Angico dos Dias (BA/PI). *Resumo de Iniciação Científica*. 10p. CETEM/CNPq.
- TAZAKI, K.; FYFE, W. S.; DISSANAYAKE, C. B. - 1987 - Weathering of apatite under extreme conditions of leaching. *Chemical Geology*, v.60, n. 1-4, p.151-162.
- TOLEDO, M.C.M., de PARSEVAL, Ph., FONTAN, F., LEROY, G. & RIBEIRO, C.C. - 1998 - Caractérisation des différentes générations d'apatites du Massif alcalin-carbonatitique de Catalão I, Goiás, Brasil. Congresso de Mineralogia e Petrologia da Sociedade Espanhola de Mineralogia, Bilbao, Boletim de resumos.

- TOLEDO, M. C. M. – 1999 – Mineralogia dos principais fosfatos do maciço alcalino-carbonatítico de Catalão I (GO) e sua evolução no perfil laterítico. Tese de Livre Docência. IGc-USP. 198p.
- VIEILLARD, Ph. - 1978 - Géochimie des phosphates: Etude thermodynamique. Application à la génèse et à l'altération des apatites. Sciences Géologiques: Mémoires (Strasbourg), 51, 181p.
- WALLAEYS, R. – 1968 - Colloque Intern. sur les phosphates minéraux solides, 1967, Toulouse. Bulletin de la Société Chimique de France, 1968, numero special, p.
- WALTER, A.V. –1991 - Caractérisation géochimique et minéralogique de l'altération de la carbonatite du Complexe Alcalin de Juquiá (Brésil) - Compartement des Terres Rares dans les minéraux phosphatés. Thèse, Univ. d'Aix Marseille, 247 p.
- ZANIN, YU.N. – 1989 - Phosphate-bearing weathering crusts and their related deposits. Weathering: its products and deposits. vol. II. Products - Deposits - Geotechnics, p. 321-367, Theophrastus Publications, S.A.. Zographon, Athens, Greece.

Anexos

Tabelas 1ª, 2ª e 3ª etapa de Microsonda Eletrônica

% em peso

	A 1 ct	A 1 int	A 2 ct	A 2 int	A 2 bd	A 3 int	A 3 bd	A 4 ct	prox. Ol.	SA 4 + clarc	A 5 ct
FeO	0.01	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.16	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02
CaO	54.25	53.13	54.32	54.05	53.36	54.25	53.99	53.45	53.99	53.28	54.07
SrO	1.86	1.95	1.61	1.76	2.00	1.83	1.72	1.76	1.62	2.20	1.75
Na2O	0.22	0.24	0.17	0.22	0.25	0.22	0.17	0.16	0.07	0.13	0.15
P2O5	42.28	41.53	41.78	42.02	41.97	41.28	40.48	42.01	42.08	40.01	41.57
F	3.13	2.73	3.31	2.73	3.40	3.17	2.96	2.99	3.12	3.30	3.09
Cl	0.03	0.02	0.02	0.08	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.01	0.03
SiO2	0.23	0.28	0.22	0.17	0.27	0.17	0.28	0.22	0.26	0.30	0.23
La2O3	0.18	0.44	0.20	0.36	0.22	0.48	0.30	0.50	0.02	0.42	0.34
Ce2O3	0.73	0.76	0.74	0.74	1.33	0.58	0.81	0.76	0.70	0.76	0.55
BaO	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.37	0.28
Al2O3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
SO3	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00
ThO2	0.02	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.02	0.03
Y2O3	0.06	0.00	0.00	0.13	0.01	0.10	0.10	0.05	0.13	0.15	0.08
TiO2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00	0.03
O=F	1.32	1.15	1.39	1.15	1.43	1.33	1.24	1.26	1.31	1.39	1.30
O=Cl	0.02	0.01	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02
Total	101.66	99.99	100.99	101.23	101.46	100.97	99.83	100.67	100.78	99.61	100.92
CaO/P2O5	1.28	1.28	1.30	1.29	1.27	1.31	1.33	1.27	1.28	1.33	1.30
F/P2O5	0.07	0.07	0.08	0.06	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07
TR2O3	0.91	1.20	0.94	1.10	1.55	1.06	1.12	1.27	0.72	1.19	0.89
Subst. do Ca	3.10	3.43	2.74	3.36	3.89	3.41	3.36	3.25	2.62	4.07	3.22

Fórmula Estrutural

	A 1 ct	A 1 int	A 2 ct	A 2 int	A 2 bd	A 3 int	A 3 bd	A 4 ct	prox. Ol.	SA 4 + clarc	A 5 ct
Fe	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Ca	9.68	9.64	9.73	9.65	9.62	9.63	9.67	9.69	9.75	9.62	9.69
Sr	0.18	0.19	0.16	0.17	0.20	0.18	0.17	0.17	0.16	0.21	0.17
Na	0.07	0.08	0.05	0.07	0.08	0.07	0.05	0.05	0.02	0.04	0.05
P	5.96	5.95	5.91	5.93	5.98	5.79	5.73	6.02	6.01	5.71	5.88
F	1.65	1.46	1.75	1.44	1.81	1.66	1.56	1.60	1.66	1.76	1.63
Cl	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Si	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04
La	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.00	0.03	0.02
Ce	0.04	0.05	0.05	0.05	0.08	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.03
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
S	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Th	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Ti	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
TR	0.06	0.07	0.06	0.07	0.10	0.06	0.07	0.08	0.04	0.07	0.05
Subst. do Ca	0.32	0.36	0.27	0.35	0.38	0.37	0.33	0.31	0.25	0.38	0.31

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

A 5 bd	Aa 6 sp lp	6 px ft cl	A 6 sp lp	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	C 2 ct	C 2 px ft	C 2 px bd	C 2 ct	C 3 ct
0.09	0.05	0.07	0.00	0.02	0.03	0.00	0.09	0.15	0.14	0.31	0.06	0.07
0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.08	0.00	0.09	0.03	0.08
0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.16	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
53.81	53.62	54.24	54.18	53.86	0.40	53.13	54.32	52.20	52.30	52.39	51.98	53.39
1.85	1.61	2.01	1.83	1.82	0.16	1.61	2.20	2.43	2.70	2.51	2.57	2.49
0.24	0.12	0.13	0.11	0.17	0.06	0.07	0.25	0.15	0.14	0.06	0.14	0.10
41.35	40.67	40.95	41.23	41.41	0.66	40.01	42.26	40.36	39.54	41.13	39.91	40.28
3.24	3.13	3.24	2.93	3.10	0.20	2.73	3.40	3.71	3.16	3.64	3.18	4.09
0.03	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.00	0.08	0.03	0.04	0.00	0.03	0.01
0.17	0.24	0.31	0.23	0.24	0.04	0.17	0.31	0.74	0.75	0.75	0.86	0.65
0.22	0.00	0.38	0.46	0.30	0.16	0.00	0.50	0.64	0.68	0.18	0.74	0.18
0.48	0.91	0.48	0.63	0.73	0.21	0.48	1.33	1.25	1.89	1.02	1.38	0.93
0.07	0.17	0.01	0.00	0.07	0.12	0.00	0.37	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.04	0.17	0.00	0.03	0.04	0.00	0.17	0.15	0.00	0.14	0.11	0.00
0.09	0.07	0.00	0.03	0.07	0.05	0.00	0.15	0.08	0.11	0.10	0.16	0.06
0.00	0.03	0.13	0.06	0.03	0.04	0.00	0.13	0.06	0.00	0.05	0.00	0.04
1.36	1.32	1.36	1.23	1.30	0.08	1.15	1.43	1.56	1.33	1.53	1.34	1.72
0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00
100.29	99.41	100.80	100.50	100.61	0.67	99.41	101.66	100.53	100.12	100.98	99.80	100.64
1.30	1.32	1.32	1.31	1.30	0.02	1.27	1.33	1.29	1.32	1.27	1.30	1.33
0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.01	0.06	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10
0.70	0.91	0.87	1.09	1.04	0.22	0.70	1.55	1.90	2.58	1.21	2.13	1.11
3.05	3.03	3.42	3.16	3.27	0.37	2.62	4.07	5.01	5.68	4.60	5.19	3.95

A 5 bd	Aa 6 sp lp	6 px ft cl	A 6 sp lp	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	C 2 ct	C 2 px ft	C 2 px bd	C 2 ct	C 3 ct
0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.67	9.71	9.67	9.70	9.68	0.04	9.62	9.75	9.54	9.49	9.57	9.53	9.62
0.18	0.16	0.19	0.18	0.18	0.02	0.16	0.21	0.24	0.27	0.25	0.26	0.24
0.08	0.04	0.04	0.04	0.06	0.02	0.02	0.08	0.05	0.05	0.02	0.05	0.03
5.87	5.82	5.77	5.83	5.88	0.10	5.71	6.02	5.83	5.67	5.93	5.78	5.74
1.72	1.67	1.71	1.55	1.64	0.11	1.44	1.81	2.00	1.69	1.96	1.72	2.18
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.01	0.03	0.05	0.13	0.13	0.13	0.15	0.11
0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.03	0.04	0.04	0.01	0.05	0.01
0.03	0.06	0.03	0.04	0.04	0.01	0.03	0.08	0.08	0.12	0.06	0.09	0.06
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.04	0.06	0.05	0.07	0.06	0.01	0.04	0.10	0.12	0.16	0.08	0.13	0.07
0.33	0.29	0.33	0.30	0.32	0.04	0.25	0.38	0.46	0.51	0.43	0.47	0.38

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

C 3 int	C 3 bd	C 4 ct	C 4 bd	C 5 ct	5 px bd e l	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	D5 12 a	D5 12 b	D5 12 c
0.20	0.38	0.13	0.19	0.08	0.16	0.17	0.10	0.06	0.38	0.04	0.00	0.05
0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.03	0.04	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
0.00	0.02	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01
52.58	52.81	52.79	51.87	52.56	52.95	52.53	0.45	51.87	53.39	53.82	53.65	54.53
2.75	2.86	2.48	3.47	2.27	2.83	2.67	0.32	2.27	3.47	1.35	1.53	1.72
0.05	0.10	0.07	0.05	0.05	0.06	0.09	0.04	0.05	0.15	0.09	0.12	0.07
39.40	40.22	39.67	39.64	40.43	40.09	40.06	0.50	39.40	41.13	42.77	41.93	42.50
3.92	3.92	3.65	3.27	4.05	3.52	3.65	0.34	3.16	4.09	3.02	3.16	3.26
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.04	0.04	0.01	0.02
0.86	0.72	0.92	0.86	0.89	0.76	0.80	0.08	0.65	0.92	0.16	0.18	0.21
0.32	0.46	0.44	0.52	0.79	0.54	0.50	0.21	0.18	0.79	0.22	0.22	0.20
1.21	0.80	1.42	1.44	1.26	0.99	1.24	0.30	0.80	1.89	0.45	0.65	0.50
0.16	0.16	0.14	0.24	0.00	0.07	0.08	0.09	0.00	0.24	0.03	0.00	0.22
0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02
0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.04
0.12	0.00	0.07	0.12	0.00	0.17	0.08	0.07	0.00	0.17	0.00	0.00	0.09
0.27	0.18	0.09	0.11	0.05	0.11	0.12	0.06	0.05	0.27	0.00	0.00	0.12
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.02
1.65	1.65	1.54	1.38	1.71	1.48	1.53	0.14	1.33	1.72	1.27	1.33	1.37
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01
100.19	101.01	100.37	100.41	100.81	100.83	100.52	0.38	99.80	101.01	100.71	100.13	102.17
1.33	1.31	1.33	1.31	1.30	1.32	1.31	0.02	1.27	1.33	1.26	1.28	1.28
0.10	0.10	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09	0.01	0.08	0.10	0.07	0.08	0.08
1.53	1.26	1.87	1.96	2.04	1.54	1.74	0.45	1.11	2.58	0.67	0.87	0.70
5.08	4.96	4.86	6.14	4.57	4.96	5.00	0.57	3.95	6.14	2.19	2.52	2.99

C 3 int	C 3 bd	C 4 ct	C 4 bd	C 5 ct	5 px bd e l	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	D5 12 a	D5 12 b	D5 12 c
0.03	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.01	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
9.56	9.52	9.58	9.46	9.59	9.57	9.55	0.05	9.46	9.62	9.78	9.75	9.73
0.27	0.28	0.24	0.34	0.22	0.28	0.26	0.03	0.22	0.34	0.13	0.15	0.17
0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.05	0.03	0.04	0.02
5.66	5.73	5.69	5.71	5.83	5.73	5.75	0.08	5.66	5.93	6.14	6.02	5.99
2.11	2.09	1.95	1.76	2.18	1.88	1.96	0.18	1.69	2.18	1.62	1.70	1.72
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
0.15	0.12	0.16	0.15	0.15	0.13	0.14	0.01	0.11	0.16	0.03	0.03	0.03
0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01
0.08	0.05	0.09	0.09	0.08	0.06	0.08	0.02	0.05	0.12	0.03	0.04	0.03
0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.10	0.08	0.12	0.12	0.13	0.10	0.11	0.03	0.07	0.16	0.04	0.05	0.04
0.43	0.47	0.42	0.54	0.41	0.43	0.45	0.05	0.38	0.54	0.21	0.25	0.27

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

D5 12 d	D2 1 ct	D2 1 bd	D2 3 ct	D2 3 int	D2 3 bd	D2 7 ct	D2 7 int	D2 7 bd	D2 8 ct	D2 10 ct	D2 10 bd	MÉDIA
0.04	0.01	0.14	0.10	0.05	0.00	0.12	0.03	0.26	0.08	0.04	0.09	0.07
0.02	0.00	0.00	0.07	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.09	0.02
0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
54.11	53.96	53.63	53.78	53.11	53.78	53.52	53.49	53.60	53.86	53.71	53.81	53.76
1.69	1.50	1.73	1.63	1.32	1.19	1.50	1.65	1.66	1.42	1.49	1.76	1.54
0.07	0.20	0.18	0.24	0.27	0.28	0.27	0.27	0.26	0.13	0.18	0.21	0.19
42.45	41.14	40.29	40.95	40.96	40.90	41.99	40.76	41.08	41.23	41.56	42.64	41.54
3.06	3.56	3.39	3.20	2.85	3.20	3.61	3.55	4.10	3.55	3.55	3.44	3.37
0.01	0.02	0.01	0.07	0.06	0.08	0.04	0.01	0.03	0.01	0.04	0.00	0.03
0.16	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12	0.15	0.15	0.08	0.10	0.12	0.13
0.10	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.14	0.00	0.06	0.00	0.04	0.08
0.41	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.10	0.00	0.15
0.24	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.16	0.02	0.00	0.06	0.06
0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
0.04	0.00	0.03	0.05	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01	0.02
0.16	0.00	0.04	0.27	0.15	0.00	0.00	0.13	0.02	0.03	0.00	0.13	0.07
0.00	0.05	0.03	0.00	0.02	0.00	0.10	0.08	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
1.29	1.50	1.43	1.35	1.20	1.35	1.52	1.49	1.73	1.50	1.49	1.45	1.42
0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.04	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
101.29	99.30	98.26	99.13	97.84	98.22	99.87	98.87	99.59	99.00	99.35	100.97	99.65
1.27	1.31	1.33	1.31	1.30	1.31	1.27	1.31	1.30	1.31	1.29	1.26	1.29
0.07	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08
0.52	0.20	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.23	0.00	0.06	0.10	0.04	0.23
2.75	2.05	2.21	2.34	1.94	1.51	2.14	2.40	2.38	1.78	1.85	2.40	2.23

D5 12 d	D2 1 ct	D2 1 bd	D2 3 ct	D2 3 int	D2 3 bd	D2 7 ct	D2 7 int	D2 7 bd	D2 8 ct	D2 10 ct	D2 10 bd	MÉDIA
0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
9.74	9.76	9.73	9.72	9.75	9.78	9.73	9.71	9.70	9.79	9.77	9.72	9.74
0.17	0.15	0.17	0.16	0.13	0.12	0.15	0.16	0.16	0.14	0.15	0.17	0.15
0.02	0.06	0.06	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.04	0.06	0.07	0.06
6.04	5.88	5.77	5.85	5.94	5.88	6.03	5.85	5.88	5.92	5.97	6.09	5.95
1.63	1.90	1.81	1.71	1.55	1.72	1.94	1.90	2.19	1.91	1.90	1.83	1.80
0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02
0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
0.25	0.24	0.27	0.28	0.25	0.22	0.27	0.29	0.30	0.21	0.23	0.28	0.25

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

DP	MÍN.	MÁX.	E135 1 ct	E135 1 int	135 1 px t	E135 2 ct	E135 2 bd	E135 3 ct	E135 3 ct I	E135 4 ct	E2*2 b>b	E2* 2 ct
0.07	0.00	0.26	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	0.05	0.06
0.03	0.00	0.09	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.06	0.07
0.01	0.00	0.04	0.00	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03
0.31	53.11	54.53	52.78	53.37	53.37	53.32	53.60	53.49	53.55	53.68	53.75	53.95
0.17	1.19	1.76	1.83	1.66	1.50	1.61	1.96	1.57	1.69	1.86	1.64	1.73
0.08	0.07	0.28	0.14	0.18	0.17	0.18	0.18	0.16	0.14	0.18	0.12	0.16
0.78	40.29	42.77	42.03	41.53	40.37	40.88	42.98	40.97	41.04	40.45	42.38	41.92
0.31	2.85	4.10	3.62	3.52	3.17	3.53	3.12	3.51	3.20	3.37	3.12	2.63
0.02	0.00	0.08	0.04	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.06
0.04	0.08	0.21	0.13	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13	0.12	0.11	0.11
0.08	0.00	0.22	0.12	0.34	0.30	0.34	0.04	0.18	0.08	0.26	0.16	0.12
0.23	0.00	0.65	0.61	0.51	0.58	0.58	0.40	0.59	0.05	0.32	0.47	0.42
0.08	0.00	0.24	0.00	0.11	0.22	0.00	0.00	0.18	0.00	0.13	0.09	0.00
0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
0.08	0.00	0.27	0.00	0.19	0.00	0.13	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
0.04	0.00	0.12	0.00	0.01	0.03	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.04
0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00
0.13	1.20	1.73	1.52	1.48	1.33	1.48	1.31	1.48	1.35	1.42	1.31	1.11
0.01	0.00	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03
1.22	97.84	102.17	99.84	100.13	98.56	99.30	101.19	99.49	98.61	98.98	100.68	100.15
0.02	1.26	1.33	1.26	1.29	1.32	1.30	1.25	1.31	1.30	1.33	1.27	1.29
0.01	0.07	0.10	0.09	0.08	0.08	0.09	0.07	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06
0.30	0.00	0.87	0.73	0.85	0.88	0.92	0.44	0.77	0.13	0.58	0.63	0.54
0.38	1.51	2.99	2.78	3.04	2.82	2.92	2.65	2.86	2.03	2.77	2.64	2.62

DP	MÍN.	MÁX.	E135 1 ct	E135 1 int	135 1 px t	E135 2 ct	E135 2 bd	E135 3 ct	E135 3 ct I	E135 4 ct	E2*2 b>b	E2* 2 ct
0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
0.03	9.70	9.79	9.71	9.70	9.72	9.71	9.71	9.71	9.77	9.71	9.73	9.72
0.02	0.12	0.17	0.18	0.16	0.15	0.16	0.19	0.15	0.17	0.18	0.16	0.17
0.03	0.02	0.09	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05
0.10	5.77	6.14	6.11	5.96	5.81	5.88	6.15	5.88	5.92	5.78	6.06	5.96
0.16	1.55	2.19	1.96	1.89	1.70	1.90	1.67	1.88	1.72	1.80	1.67	1.40
0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02
0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
0.01	0.00	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.02	0.04	0.00	0.02	0.03	0.03
0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.03	0.05	0.01	0.04	0.04	0.03
0.03	0.21	0.30	0.29	0.30	0.28	0.29	0.29	0.29	0.23	0.29	0.27	0.28

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

E2* 2 px b	E2* 3 a	E2* 3 b	E2* 3 c	E2* 3 d	E2* 4 a	E2* 4 b	E2* 4 ct	E2* 4 int	E2* 4 px b	E2* 5 ct a	E2* 5 ct b	E 2 ct
0.03	0.09	0.04	0.08	0.04	0.06	0.00	0.08	0.00	0.03	0.05	0.06	0.07
0.00	0.04	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00
0.00	0.04	0.03	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.00	0.04	0.04	0.01
53.41	54.05	53.61	53.73	54.14	54.81	53.74	54.06	53.84	52.98	53.42	52.98	53.84
1.73	1.57	1.53	1.73	1.63	1.64	1.47	1.66	1.63	1.75	1.41	1.62	1.70
0.16	0.13	0.17	0.14	0.13	0.14	0.17	0.16	0.20	0.13	0.12	0.14	0.26
41.70	42.13	42.23	42.15	42.81	42.06	41.19	42.32	42.89	41.54	40.76	41.75	42.02
2.58	3.40	3.35	3.25	3.50	3.36	2.95	2.65	3.10	2.96	3.31	2.43	3.50
0.02	0.02	0.04	0.04	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.09	0.01
0.14	0.16	0.13	0.13	0.14	0.11	0.13	0.14	0.14	0.10	0.17	0.20	0.08
0.08	0.35	0.16	0.28	0.00	0.16	0.06	0.24	0.00	0.10	0.00	0.06	0.12
0.22	0.35	0.50	0.45	0.60	0.48	0.50	0.52	0.60	0.60	0.48	0.28	0.00
0.10	0.07	0.00	0.04	0.00	0.00	0.17	0.32	0.22	0.00	0.00	0.00	0.04
0.03	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.04	0.00	0.03	0.02	0.03	0.01	0.00
0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.11
0.07	0.04	0.11	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.05	0.00	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
1.09	1.43	1.41	1.37	1.47	1.41	1.24	1.11	1.31	1.24	1.39	1.02	1.47
0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.00
99.33	101.00	100.48	100.76	101.68	101.48	99.28	101.20	101.57	99.10	98.43	98.67	100.29
1.28	1.28	1.27	1.27	1.26	1.30	1.30	1.28	1.26	1.28	1.31	1.27	1.28
0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.06	0.08
0.30	0.70	0.66	0.73	0.60	0.65	0.56	0.76	0.60	0.70	0.48	0.34	0.12
2.54	2.68	2.55	2.81	2.52	2.54	2.45	3.13	2.87	2.71	2.11	2.28	2.31

E2* 2 px b	E2* 3 a	E2* 3 b	E2* 3 c	E2* 3 d	E2* 4 a	E2* 4 b	E2* 4 ct	E2* 4 int	E2* 4 px b	E2* 5 ct a	E2* 5 ct b	E 2 ct
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
9.73	9.72	9.73	9.70	9.73	9.74	9.73	9.68	9.69	9.72	9.77	9.74	9.72
0.17	0.15	0.15	0.17	0.16	0.16	0.14	0.16	0.16	0.17	0.14	0.16	0.17
0.05	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.06	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.08
6.00	5.99	6.06	6.01	6.08	5.90	5.89	5.99	6.10	6.02	5.89	6.06	6.00
1.39	1.80	1.79	1.73	1.86	1.76	1.58	1.40	1.65	1.60	1.79	1.32	1.87
0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00
0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01
0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01
0.27	0.27	0.27	0.29	0.27	0.26	0.26	0.32	0.31	0.27	0.23	0.26	0.28

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

E 2 int	E 4 ct	E 4 int	E 4 bd	E 5 ct	E 5 bd	E 6 ct	E 6 bd	E 9 ct	12 frg an	14 frg an	MÉDIA	DP
0.07	0.04	0.02	0.09	0.06	0.05	0.04	0.00	0.07	0.09	0.26	0.05	0.05
0.08	0.00	0.03	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.02	0.03
0.02	0.01	0.03	0.06	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02
54.15	53.83	53.46	52.91	54.03	54.89	53.99	53.44	53.84	53.83	53.11	53.67	0.47
1.87	1.29	1.44	1.58	1.59	1.35	1.80	1.78	1.77	1.42	1.63	1.64	0.15
0.22	0.29	0.23	0.27	0.19	0.12	0.17	0.11	0.23	0.18	0.12	0.17	0.05
41.16	41.09	40.80	40.06	42.01	41.93	41.45	42.22	42.52	41.51	40.52	41.63	0.76
3.41	3.15	3.16	3.26	3.48	3.77	3.90	3.95	3.44	3.68	3.14	3.28	0.35
0.00	0.06	0.03	0.06	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.03	0.03
0.08	0.17	0.22	0.22	0.11	0.12	0.15	0.13	0.10	0.11	0.24	0.13	0.04
0.10	0.12	0.00	0.06	0.06	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.12	0.11
0.03	0.13	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.00	0.00	0.00	0.15	0.31	0.24
0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.03	0.05	0.08
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01
0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
0.35	0.00	0.00	0.00	0.18	0.08	0.18	0.03	0.12	0.00	0.19	0.05	0.08
0.00	0.10	0.07	0.02	0.00	0.01	0.00	0.06	0.07	0.03	0.01	0.03	0.03
0.00	0.00	0.06	0.12	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03
1.43	1.32	1.33	1.37	1.47	1.59	1.64	1.66	1.45	1.55	1.32	1.38	0.15
0.00	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01
100.11	98.94	98.24	97.42	100.30	100.89	100.17	100.11	100.81	99.49	98.20	99.85	1.10
1.32	1.31	1.31	1.32	1.29	1.31	1.30	1.27	1.27	1.30	1.31	1.29	0.02
0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.01
0.13	0.26	0.00	0.06	0.06	0.11	0.10	0.00	0.02	0.00	0.19	0.43	0.30
2.74	1.98	1.90	2.27	2.12	1.74	2.31	1.98	2.36	1.89	2.48	2.48	0.36

E 2 int	E 4 ct	E 4 int	E 4 bd	E 5 ct	E 5 bd	E 6 ct	E 6 bd	E 9 ct	12 frg an	14 frg an	MÉDIA	DP
0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01
0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
9.70	9.75	9.75	9.69	9.76	9.81	9.74	9.77	9.72	9.76	9.73	9.73	0.03
0.18	0.13	0.14	0.16	0.16	0.13	0.18	0.18	0.17	0.14	0.16	0.16	0.01
0.07	0.10	0.07	0.09	0.06	0.04	0.06	0.04	0.07	0.06	0.04	0.06	0.01
5.82	5.88	5.88	5.80	5.99	5.92	5.91	6.10	6.07	5.95	5.87	5.96	0.10
1.80	1.68	1.70	1.77	1.86	1.99	2.08	2.13	1.83	1.97	1.70	1.75	0.19
0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01
0.01	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.01
0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02
0.30	0.25	0.25	0.31	0.24	0.19	0.26	0.22	0.28	0.23	0.27	0.27	0.03

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

MÍN.	MÁX.	11 ct ap	11 lm ap	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	G5 8 alt a	G5 8 int	G5 8 alt d	G5 7 a	G5 7 b
0.00	0.26	0.11	0.06	0.09	0.03	0.06	0.11	0.02	0.02	0.08	0.45	0.19
0.00	0.08	0.08	0.00	0.04	0.05	0.00	0.08	0.00	0.03	0.04	0.12	0.07
0.00	0.07	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.07	0.13	0.11	0.10	0.06
52.78	54.89	54.54	53.35	53.95	0.85	53.35	54.54	52.89	53.51	53.82	53.11	53.96
1.29	1.96	0.02	0.36	0.19	0.24	0.02	0.36	0.50	0.34	0.60	0.42	0.46
0.11	0.29	0.05	0.04	0.04	0.01	0.04	0.05	0.00	0.03	0.00	0.02	0.06
40.06	42.98	37.60	37.78	37.69	0.12	37.60	37.78	37.54	38.77	39.35	38.12	38.35
2.43	3.95	4.33	4.03	4.18	0.21	4.03	4.33	3.77	4.45	4.14	4.28	3.80
0.00	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.04	0.05	0.03
0.08	0.24	0.02	0.10	0.06	0.05	0.02	0.10	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01
0.00	0.35	0.00	0.06	0.03	0.04	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.15	0.00	0.02
0.00	0.32	0.00	0.04	0.02	0.03	0.00	0.04	0.00	0.18	0.24	0.36	0.00
0.00	0.05	0.02	0.11	0.07	0.06	0.02	0.11	0.09	0.18	0.15	0.02	0.05
0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00
0.00	0.35	0.28	0.00	0.14	0.20	0.00	0.28	0.01	0.00	0.00	0.31	0.00
0.00	0.11	0.08	0.00	0.04	0.06	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
0.00	0.12	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.02	1.66	1.82	1.70	1.76	0.09	1.70	1.82	1.59	1.87	1.74	1.80	1.60
0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01
97.42	101.68	95.57	94.26	94.91	0.93	94.26	95.57	93.37	95.78	97.00	95.56	95.55
1.25	1.33	1.45	1.41	1.43	0.03	1.41	1.45	1.41	1.38	1.37	1.39	1.41
0.06	0.09	0.12	0.11	0.11	0.01	0.11	0.12	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10
0.00	0.92	0.00	0.06	0.03	0.04	0.00	0.06	0.02	0.00	0.15	0.00	0.14
1.74	3.13	0.65	0.59	0.62	0.04	0.59	0.65	0.61	0.72	1.22	1.81	0.97

MÍN.	MÁX.	11 ct ap	11 lm ap	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	G5 8 alt a	G5 8 int	G5 8 alt d	G5 7 a	G5 7 b
0.00	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.06	0.03
0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01
0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01
9.68	9.81	9.93	9.91	9.92	0.02	9.91	9.93	9.91	9.87	9.84	9.80	9.87
0.13	0.19	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.04	0.05	0.03	0.06	0.04	0.05
0.04	0.10	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
5.78	6.15	5.41	5.54	5.48	0.10	5.41	5.54	5.56	5.65	5.69	5.56	5.54
1.32	2.13	2.33	2.21	2.27	0.08	2.21	2.33	2.09	2.42	2.24	2.33	2.05
0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01
0.01	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00
0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.04	0.03	0.00	0.01
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
0.19	0.32	0.07	0.07	0.07	0.00	0.07	0.07	0.07	0.10	0.13	0.19	0.12

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

G5 7 ii	G5 3 a	G5 3 b	G5 3 c	G5 3 d	G2* 1	G2* 2 a	G2* 2 b	G2* 3 ft a	G2* 3 ft b	G2* 3 ft c	G2* 3 ft d	G2* 3 ft e
0.09	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.08	0.02	0.04	0.09	0.22
0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.04	0.02
0.08	0.11	0.11	0.15	0.16	0.14	0.12	0.12	0.07	0.07	0.06	0.09	0.15
54.60	54.32	54.35	53.55	53.21	51.90	53.89	53.89	53.62	53.86	54.13	51.99	52.35
0.29	0.51	0.31	0.39	0.43	0.56	0.41	0.41	0.25	0.27	0.17	0.19	0.53
0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.06	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02
39.86	38.91	39.39	38.01	38.02	40.13	37.67	37.67	38.71	39.38	39.44	38.90	38.35
3.41	3.86	3.96	4.08	3.86	3.96	3.61	3.61	4.21	3.91	4.53	3.96	3.26
0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04	0.00	0.06	0.00
0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00
0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.15	0.00
0.04	0.00	0.09	0.13	0.22	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.18	0.16
0.11	0.02	0.03	0.10	0.11	0.15	0.15	0.15	0.25	0.23	0.24	0.53	0.05
0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.06	0.03	0.05	0.02	0.00
0.07	0.00	0.12	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.07	0.07	0.00	0.03	0.12	0.06	0.03
0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
1.44	1.63	1.67	1.72	1.62	1.67	1.52	1.52	1.77	1.65	1.91	1.67	1.37
0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00
97.23	96.12	96.83	94.74	94.64	95.57	94.52	94.52	95.63	96.23	97.06	94.88	93.79
1.37	1.40	1.38	1.41	1.40	1.29	1.43	1.43	1.39	1.37	1.37	1.34	1.37
0.09	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.08
0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.42	0.00
0.63	0.62	0.75	0.71	1.04	1.06	0.69	0.69	0.54	0.43	0.53	1.11	1.15

G5 7 ii	G5 3 a	G5 3 b	G5 3 c	G5 3 d	G2* 1	G2* 2 a	G2* 2 b	G2* 3 ft a	G2* 3 ft b	G2* 3 ft c	G2* 3 ft d	G2* 3 ft e
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04
9.91	9.92	9.91	9.89	9.86	9.83	9.88	9.88	9.87	9.89	9.88	9.77	9.84
0.03	0.05	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.05
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
5.71	5.61	5.67	5.55	5.57	6.01	5.45	5.45	5.63	5.72	5.69	5.78	5.69
1.83	2.08	2.13	2.22	2.11	2.21	1.95	1.95	2.29	2.12	2.44	2.20	1.81
0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.11	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
0.07	0.08	0.08	0.09	0.12	0.14	0.09	0.09	0.08	0.06	0.07	0.12	0.15

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

G5 7 c	G5 7 d	G5 7 e	G5 7 f	G5 7 g	G5 7 aa	G5 7 bb	G5 7 cc	G5 7 dd	G5 7 ee	G5 7 ff	G5 7 gg	G5 7 hh
0.43	0.10	0.00	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.11	0.03	0.02	0.02	0.03
0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
0.05	0.05	0.09	0.04	0.07	0.04	0.04	0.15	0.16	0.14	0.19	0.18	0.19
53.76	53.52	53.90	54.53	53.71	54.81	55.24	53.75	53.50	53.62	53.46	53.03	53.78
0.47	0.23	0.29	0.27	0.21	0.19	0.15	0.45	0.37	0.33	0.48	0.60	0.53
0.05	0.02	0.06	0.04	0.01	0.01	0.00	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02
37.50	39.75	41.58	39.24	41.28	41.14	41.44	38.94	38.25	37.29	37.72	38.17	37.93
3.50	3.64	3.74	3.71	3.94	3.79	3.52	3.76	3.82	3.08	4.08	3.40	3.57
0.00	0.35	0.00	0.06	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02
0.02	0.00	0.03	0.03	0.04	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
0.10	0.12	0.10	0.00	0.04	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.02
0.17	0.18	0.02	0.10	0.00	0.22	0.07	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.04	0.09	0.00	0.01	0.12	0.00	0.03
0.06	0.20	0.20	0.13	0.19	0.06	0.08	0.10	0.15	0.06	0.07	0.07	0.09
0.01	0.01	0.03	0.07	0.05	0.03	0.06	0.05	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01
0.10	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.05	0.11	0.11	0.00	0.08	0.20	0.00
0.00	0.02	0.04	0.09	0.02	0.00	0.12	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.06	0.00	0.00	0.13	0.00	0.02	0.00	0.01	0.05	0.02	0.02	0.08
1.47	1.53	1.57	1.56	1.66	1.60	1.48	1.58	1.61	1.30	1.72	1.43	1.50
0.00	0.18	0.00	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
94.74	96.55	98.54	96.77	98.27	98.79	99.49	96.05	95.02	93.37	94.57	94.40	94.84
1.43	1.35	1.30	1.39	1.30	1.33	1.33	1.38	1.40	1.44	1.42	1.39	1.42
0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.08	0.10	0.10	0.08	0.11	0.09	0.09
0.27	0.30	0.12	0.10	0.04	0.22	0.19	0.13	0.03	0.00	0.00	0.12	0.02
1.38	0.79	0.64	0.59	0.69	0.55	0.59	0.99	0.90	0.59	0.93	1.14	0.94

G5 7 c	G5 7 d	G5 7 e	G5 7 f	G5 7 g	G5 7 aa	G5 7 bb	G5 7 cc	G5 7 dd	G5 7 ee	G5 7 ff	G5 7 gg	G5 7 hh
0.06	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05
9.83	9.87	9.87	9.90	9.88	9.94	9.93	9.86	9.85	9.90	9.86	9.85	9.85
0.05	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05
0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5.42	5.79	6.02	5.63	6.00	5.89	5.89	5.65	5.56	5.44	5.50	5.60	5.49
1.89	1.98	2.02	1.99	2.14	2.03	1.87	2.04	2.08	1.68	2.22	1.87	1.93
0.00	0.10	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.01	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.16	0.09	0.09	0.07	0.08	0.05	0.05	0.12	0.12	0.09	0.12	0.13	0.13

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica.

G2* 3 ft f 32* 6 cc c? 6 cc><c32* 6 esc !? 6 cc><c32* 6 esc !? 6 cc><c? 6 cc><c								MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	MÉDIA
0.07	0.00	0.01	0.07	0.00	0.04	0.00	0.05	0.06	0.10	0.00	0.45	0.06
0.02	0.01	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.08	0.02	0.03	0.00	0.12	0.02
0.12	0.05	0.04	0.06	0.04	0.07	0.03	0.04	0.09	0.05	0.03	0.19	0.05
53.41	54.35	53.51	54.61	54.45	54.73	54.56	54.93	53.80	0.75	51.90	55.24	53.65
0.43	0.23	0.21	0.32	0.26	0.19	0.29	0.31	0.35	0.13	0.15	0.60	1.29
0.02	0.01	0.04	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.06	0.11
37.34	40.24	40.34	40.32	40.54	41.18	40.97	41.12	39.20	1.32	37.29	41.58	40.56
3.47	3.88	4.01	3.75	3.72	3.65	4.17	4.19	3.82	0.31	3.08	4.53	3.50
0.01	0.02	0.08	0.05	0.04	0.03	0.00	0.03	0.03	0.06	0.00	0.35	0.03
0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.05	0.17
0.24	0.06	0.04	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.00	0.27	0.15
0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.18	0.10	0.00	0.05	0.07	0.00	0.22	0.34
0.05	0.00	0.17	0.15	0.00	0.02	0.07	0.00	0.06	0.09	0.00	0.36	0.06
0.08	0.19	0.22	0.16	0.15	0.13	0.10	0.10	0.13	0.09	0.02	0.53	0.05
0.00	0.04	0.00	0.04	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.00	0.07	0.01
0.00	0.17	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.18	0.05	0.08	0.00	0.31	0.05
0.00	0.07	0.13	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.00	0.13	0.04
0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.03	0.00	0.13	0.02
1.46	1.63	1.69	1.58	1.57	1.54	1.76	1.76	1.61	0.13	1.30	1.91	1.47
0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.18	0.01
93.87	97.85	97.14	97.93	97.96	98.71	98.65	99.29	96.20	1.74	93.37	99.49	98.67
1.43	1.35	1.33	1.35	1.34	1.33	1.33	1.34	1.37	0.04	1.29	1.44	1.32
0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.01	0.08	0.11	0.09
0.31	0.13	0.04	0.00	0.22	0.18	0.10	0.00	0.09	0.11	0.00	0.42	0.49
1.02	0.77	0.69	0.61	0.61	0.54	0.58	0.70	0.81	0.28	0.43	1.81	2.20

G2* 3 ft f 32* 6 cc c? 6 cc><c32* 6 esc !? 6 cc><c32* 6 esc !? 6 cc><c? 6 cc><c	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	MÉDIA							
0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.01	
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	
0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.01
9.87	9.89	9.88	9.90	9.90	9.91	9.92	9.91	9.88	0.03	9.77	9.94	9.76
0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.01	0.06	0.13
0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.04
5.45	5.78	5.88	5.78	5.82	5.89	5.89	5.86	5.69	0.17	5.42	6.02	5.83
1.89	2.08	2.19	2.01	2.00	1.95	2.24	2.23	2.07	0.17	1.68	2.44	1.88
0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.10	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
0.02	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.11	0.01
0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03
0.12	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.10	0.03	0.05	0.19	0.23

Tabela com os resultados obtidos na 1ª etapa de Microsonda Eletrônica

DP	MÍN.	MÁX.
0.08	0.00	0.45
0.03	0.00	0.12
0.05	0.00	0.19
0.66	51.87	55.24
0.78	0.02	3.47
0.08	0.00	0.29
1.50	37.29	42.98
0.42	2.43	4.53
0.04	0.00	0.35
0.22	0.00	0.92
0.18	0.00	0.79
0.41	0.00	1.89
0.09	0.00	0.37
0.08	0.00	0.53
0.02	0.00	0.07
0.08	0.00	0.35
0.05	0.00	0.27
0.03	0.00	0.13
0.18	1.02	1.91
0.02	0.00	0.18
2.29	93.37	102.17
0.05	1.25	1.45
0.01	0.06	0.12
0.56	0.00	2.58
1.32	0.43	6.14

DP	MÍN.	MÁX.
0.01	0.00	0.06
0.00	0.00	0.02
0.01	0.00	0.05
0.11	9.46	9.94
0.08	0.00	0.34
0.03	0.00	0.10
0.18	5.41	6.15
0.24	1.32	2.44
0.01	0.00	0.10
0.04	0.00	0.16
0.01	0.00	0.05
0.03	0.00	0.12
0.01	0.00	0.02
0.02	0.00	0.11
0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.02
0.04	0.00	0.16
0.12	0.05	0.54

% em peso

	A27aC1	A27aC1pf	A27aC1pf	A27aC1	A27aC1	A27aC1pf	A27aC2	A27aC2	A27aC2	A27aC2pb	A27aC2pb	A27aC3
FeO	0.02	0.02	0.00	0.05	0.00	0.04	0.09	0.03	0.07	0.05	0.01	0.08
MnO	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00
MgO	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02	0.05	0.06	0.07	0.03	0.02	0.07
CaO	53.12	53.74	53.11	53.08	53.17	53.68	53.20	53.01	51.11	53.19	53.44	53.17
SrO	1.71	1.57	1.59	1.81	1.70	1.82	1.62	1.61	1.57	2.10	1.91	1.58
Na ₂ O	0.18	0.14	0.15	0.12	0.18	0.22	0.22	0.19	0.20	0.24	0.22	0.19
P ₂ O ₅	42.21	41.86	41.76	41.82	41.23	41.68	41.57	41.99	41.35	41.78	41.89	41.91
F	2.85	2.90	3.22	3.14	2.82	2.78	2.30	2.01	2.13	2.62	2.61	3.11
Cl	0.04	0.03	0.07	0.05	0.07	0.14	0.05	0.05	0.04	0.05	0.03	0.03
SiO ₂	0.15	0.12	0.14	0.13	0.17	0.13	0.17	0.16	0.13	0.16	0.12	0.19
La ₂ O ₃	0.06	0.00	0.45	0.41	0.14	0.16	0.20	0.00	0.00	0.04	0.14	0.26
Ce ₂ O ₃	0.45	0.74	0.65	0.67	0.20	0.75	0.37	0.47	0.56	0.65	0.57	0.65
BaO	0.04	0.00	0.05	0.07	0.00	0.18	0.01	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
SO ₃	0.00	0.00	0.05	0.04	0.04	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01
ThO ₂	0.00	0.00	0.20	0.13	0.00	0.00	0.16	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
Y ₂ O ₃	0.10	0.03	0.10	0.06	0.01	0.00	0.07	0.13	0.00	0.00	0.00	0.09
TiO ₂	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.04	0.00	0.03	0.00
O=F	1.20	1.22	1.36	1.32	1.19	1.17	0.97	0.84	0.90	1.10	1.10	1.31
O=Cl	0.02	0.01	0.03	0.02	0.04	0.07	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01
Total	99.74	99.93	100.24	100.27	98.50	100.43	99.18	98.96	96.50	99.89	99.88	100.03
CaO/P2O5	1.26	1.28	1.27	1.27	1.29	1.29	1.28	1.26	1.24	1.27	1.28	1.27
F/P2O5	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
TR2O3	0.51	0.74	1.10	1.08	0.34	0.92	0.57	0.47	0.56	0.69	0.71	0.92
Subst. do Ca	2.58	2.53	3.28	3.37	2.23	3.25	2.82	2.55	2.67	3.22	2.90	2.93

Fórmula Estrutural

	A27aC1	A27aC1pf	A27aC1pf	A27aC1	A27aC1	A27aC1pf	A27aC2	A27aC2	A27aC2	A27aC2pb	A27aC2pb	A27aC3
Fe	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Mn	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
Ca	9.72	9.75	9.69	9.68	9.75	9.67	9.69	9.71	9.69	9.65	9.68	9.69
Sr	0.17	0.15	0.16	0.18	0.17	0.18	0.16	0.16	0.16	0.21	0.19	0.16
Na	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.08	0.07	0.06
P	6.10	6.00	6.02	6.03	5.97	5.93	5.98	6.07	6.19	5.99	6.00	6.03
F	1.54	1.55	1.74	1.69	1.53	1.48	1.24	1.08	1.19	1.40	1.39	1.67
Cl	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Si	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03
La	0.00	0.00	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Ce	0.03	0.05	0.04	0.04	0.01	0.05	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Th	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Y	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Ti	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
TR	0.03	0.05	0.07	0.07	0.02	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06
Subst. do Ca	0.28	0.25	0.31	0.32	0.25	0.33	0.31	0.29	0.31	0.35	0.31	0.31

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

A27aC3pf	A27aC3pf	A27aC3pf	A27aC3	A27aC4	A27aC4	A27aC4	A27aC4b	A27aC4b	A27aC4b	A4C1	A4C1	A4C1pf	A4C1pf	A4C2
0.04	0.14	0.14	0.02	0.11	0.00	0.04	0.00	0.12	0.08	0.00	0.06	0.01	0.01	0.03
0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.08	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.03	0.09	0.00	0.00
0.05	0.07	0.05	0.03	0.07	0.03	0.05	0.01	0.00	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
52.66	52.90	52.54	53.18	53.55	52.94	52.48	52.93	52.66	52.69	52.79	52.84	52.83	52.77	53.17
1.75	1.65	1.55	1.57	1.55	1.87	1.66	1.88	1.54	1.93	1.46	1.50	1.65	1.54	1.51
0.19	0.24	0.28	0.22	0.16	0.02	0.22	0.24	0.19	0.14	0.14	0.15	0.12	0.19	0.21
41.60	41.82	41.05	40.52	41.77	41.89	41.22	42.37	42.44	41.11	41.78	41.50	42.25	42.13	41.75
2.63	2.96	3.00	3.03	2.96	2.48	2.96	2.88	2.90	2.54	3.50	3.31	3.32	3.40	3.08
0.05	0.06	0.01	0.04	0.02	0.03	0.07	0.05	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
0.20	0.18	0.17	0.17	0.15	0.17	0.16	0.05	0.14	0.21	0.13	0.14	0.15	0.12	0.13
0.22	0.35	0.31	0.14	0.08	0.16	0.18	0.02	0.24	0.18	0.06	0.18	0.06	0.26	0.22
0.45	0.52	0.50	0.85	0.47	0.50	0.65	0.12	0.45	0.22	0.50	0.86	0.60	0.46	0.50
0.00	0.00	0.20	0.00	0.11	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00
0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00
0.04	0.01	0.06	0.00	0.07	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01
0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00
0.08	0.04	0.00	0.22	0.07	0.04	0.15	0.07	0.03	0.08	0.07	0.01	0.05	0.00	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.06	0.00	0.00	0.05	0.00	0.04	0.02	0.00
1.11	1.25	1.26	1.27	1.25	1.04	1.24	1.21	1.22	1.07	1.47	1.39	1.40	1.43	1.30
0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
98.86	99.71	98.60	98.72	99.92	99.37	98.74	99.60	99.55	98.21	99.07	99.26	99.79	99.76	99.37
1.27	1.27	1.28	1.31	1.28	1.26	1.27	1.25	1.24	1.28	1.26	1.27	1.25	1.25	1.27
0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
0.68	0.86	0.81	1.00	0.55	0.66	0.83	0.14	0.70	0.40	0.56	1.04	0.66	0.73	0.72
2.81	3.05	3.03	3.06	2.65	2.73	3.12	2.54	2.61	2.72	2.32	2.82	2.63	2.75	2.52

A27aC3pf	A27aC3pf	A27aC3pf	A27aC3	A27aC4	A27aC4	A27aC4	A27aC4b	A27aC4b	A27aC4b	A4C1	A4C1	A4C1pf	A4C1pf	A4C2
0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
9.69	9.66	9.65	9.68	9.71	9.74	9.67	9.70	9.71	9.70	9.75	9.71	9.72	9.72	9.72
0.17	0.16	0.15	0.15	0.15	0.19	0.17	0.19	0.15	0.19	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15
0.06	0.08	0.09	0.07	0.05	0.01	0.07	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07
6.05	6.03	5.96	5.83	5.98	6.09	6.00	6.14	6.19	5.98	6.10	6.03	6.14	6.13	6.03
1.43	1.60	1.63	1.63	1.58	1.35	1.61	1.56	1.58	1.38	1.91	1.80	1.80	1.85	1.66
0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01
0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.01	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.04	0.05	0.05	0.06	0.03	0.04	0.05	0.01	0.04	0.03	0.04	0.07	0.04	0.05	0.04
0.31	0.34	0.34	0.32	0.29	0.26	0.33	0.30	0.29	0.30	0.25	0.28	0.27	0.28	0.28

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

A4C2	A4C2b	A4C2b	A4C2b	A21C1	A21C1	A21C1b	A36C1	A36C1	A36C1	A36C1b	A36C1b	A36C1b	A36C1b	A36C2	A36C2
0.00	0.28	0.08	0.08	0.09	0.02	0.29	0.08	0.02	0.08	0.14	0.00	0.12	0.05	0.08	
0.00	0.12	0.05	0.00	0.00	0.05	0.05	0.09	0.00	0.03	0.10	0.03	0.05	0.00	0.06	
0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.08	0.03	0.05	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	
53.07	52.38	51.93	52.05	52.54	52.49	52.41	53.82	53.68	53.84	53.89	53.40	54.20	53.80	53.67	
1.53	1.24	1.56	1.67	1.79	1.37	1.48	1.95	1.66	1.80	1.66	1.63	2.05	1.65	1.80	
0.19	0.16	0.22	0.26	0.21	0.15	0.10	0.16	0.11	0.12	0.15	0.09	0.07	0.10	0.14	
42.06	40.70	41.05	41.66	40.56	42.48	41.29	41.68	42.51	42.95	41.85	41.72	42.46	42.83	41.84	
3.08	3.71	3.31	3.30	3.02	2.63	3.15	3.46	3.90	3.43	3.55	4.57	4.25	3.50	3.68	
0.05	0.01	0.02	0.01	0.05	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	
0.16	0.18	0.17	0.18	0.15	0.14	0.15	0.06	0.08	0.07	0.07	0.03	0.06	0.09	0.08	
0.30	0.28	0.34	0.20	0.22	0.32	0.18	0.24	0.28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.20	0.24	
0.43	0.60	0.63	0.37	0.76	0.50	0.35	0.50	0.50	0.45	0.48	0.13	0.17	0.63	0.30	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.01	0.04	0.20	0.01	0.12	0.08	0.21	0.31	
0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	
0.03	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.07	0.00	0.01	0.00	
0.14	0.00	0.00	0.22	0.00	0.20	0.19	0.00	0.00	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.07	0.01	0.09	0.07	0.04	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.11	0.02	0.01	0.00	0.06	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.06	0.06	0.00	0.08	0.03	0.05	0.09	0.00	0.12	
1.30	1.56	1.39	1.39	1.27	1.11	1.33	1.46	1.64	1.44	1.49	1.93	1.79	1.48	1.55	
0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	
99.81	98.14	98.07	98.72	98.19	99.44	98.41	100.73	101.20	101.73	100.66	99.96	101.85	101.66	100.86	
1.26	1.29	1.26	1.25	1.30	1.24	1.27	1.29	1.26	1.25	1.29	1.28	1.28	1.26	1.28	
0.07	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.11	0.10	0.08	0.09	
0.74	0.88	0.97	0.57	0.98	0.82	0.53	0.74	0.78	0.47	0.48	0.13	0.17	0.83	0.54	
2.69	2.69	2.99	2.88	3.16	2.79	2.71	3.15	2.68	2.89	2.77	2.07	2.67	2.88	3.13	

A4C2	A4C2b	A4C2b	A4C2b	A21C1	A21C1	A21C1b	A36C1	A36C1	A36C1	A36C1b	A36C1b	A36C1b	A36C1b	A36C2	A36C2
0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	
0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	
0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	
9.72	9.70	9.67	9.68	9.67	9.72	9.71	9.66	9.73	9.70	9.71	9.78	9.72	9.73	9.68	
0.15	0.12	0.16	0.17	0.18	0.14	0.15	0.19	0.16	0.18	0.16	0.16	0.20	0.16	0.18	
0.06	0.05	0.08	0.09	0.07	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.03	0.05	
6.09	5.96	6.04	6.12	5.90	6.22	6.05	5.91	6.09	6.12	5.96	6.04	6.02	6.12	5.96	
1.67	2.03	1.82	1.81	1.64	1.44	1.72	1.84	2.09	1.82	1.89	2.47	2.25	1.87	1.96	
0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	
0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	
0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	
0.03	0.04	0.04	0.02	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04	0.02	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	
0.05	0.06	0.06	0.04	0.06	0.05	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.05	0.03	
0.28	0.29	0.33	0.32	0.33	0.28	0.28	0.34	0.26	0.30	0.29	0.22	0.28	0.27	0.32	

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

A36C2	A36C2b	A36C2b	A36C2b	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	B2bC1	B2bC1	B2bC1	B2bC1pb	B2bC1pb	B2bC1b	B2bC1b
0.00	0.04	0.00	0.11	0.06	0.06	0.00	0.29	0.05	0.05	0.06	0.06	0.02	0.06	0.13
0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.12	0.00	0.07	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00
0.03	0.03	0.00	0.04	0.03	0.02	0.00	0.08	0.05	0.04	0.05	0.00	0.03	0.01	0.01
53.46	53.75	54.10	53.80	53.09	0.62	51.11	54.20	53.19	53.33	53.39	53.25	53.00	52.41	51.55
1.61	1.64	1.69	1.52	1.66	0.17	1.24	2.10	1.67	1.75	1.43	1.40	1.37	1.48	1.58
0.14	0.17	0.07	0.16	0.17	0.05	0.02	0.28	0.16	0.15	0.15	0.21	0.21	0.27	0.18
42.65	42.67	41.47	43.06	41.82	0.59	40.52	43.06	43.38	42.24	42.21	41.19	42.46	43.26	42.13
3.93	4.18	3.72	3.95	3.17	0.55	2.01	4.57	3.07	3.71	3.08	3.51	3.22	3.27	3.04
0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.00	0.14	0.04	0.08	0.04	0.02	0.06	0.03	0.04
0.10	0.14	0.11	0.11	0.13	0.04	0.03	0.21	0.21	0.18	0.20	0.18	0.18	0.15	0.22
0.28	0.00	0.00	0.26	0.17	0.12	0.00	0.45	0.30	0.40	0.26	0.40	0.18	0.16	0.47
0.43	0.13	0.36	0.46	0.49	0.18	0.12	0.86	0.86	0.48	0.32	0.33	0.42	0.65	0.45
0.09	0.04	0.00	0.00	0.04	0.07	0.00	0.31	0.16	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.53
0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.07	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.07	0.00	0.22	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
0.02	0.05	0.09	0.02	0.05	0.05	0.00	0.22	0.08	0.04	0.05	0.06	0.01	0.00	0.06
0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.12	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00	0.09	0.00
1.66	1.76	1.56	1.66	1.33	0.23	0.84	1.93	1.29	1.56	1.30	1.48	1.36	1.37	1.28
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.07	0.02	0.04	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02
101.10	101.10	100.14	101.83	99.69	1.13	96.50	101.85	101.95	100.66	100.01	99.37	100.47	100.47	99.11
1.25	1.26	1.30	1.25	1.27	0.02	1.24	1.31	1.23	1.26	1.26	1.29	1.25	1.21	1.22
0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.01	0.05	0.11	0.07	0.09	0.07	0.09	0.08	0.08	0.07
0.71	0.13	0.36	0.73	0.66	0.25	0.13	1.10	1.16	0.88	0.58	0.74	0.60	0.81	0.92
2.60	2.10	2.29	2.57	2.77	0.30	2.07	3.37	3.33	3.09	2.41	2.65	2.24	2.73	2.90

A36C2	A36C2b	A36C2b	A36C2b	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	B2bC1	B2bC1	B2bC1	B2bC1pb	B2bC1pb	B2bC1b	B2bC1b
0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
9.74	9.76	9.77	9.73	9.71	0.03	9.65	9.78	9.68	9.69	9.74	9.71	9.74	9.69	9.59
0.16	0.16	0.17	0.15	0.16	0.02	0.12	0.21	0.16	0.17	0.14	0.14	0.14	0.15	0.16
0.05	0.05	0.02	0.05	0.06	0.02	0.01	0.09	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.09	0.06
6.14	6.12	5.92	6.15	6.04	0.09	5.83	6.22	6.23	6.06	6.08	5.93	6.16	6.32	6.19
2.11	2.24	1.98	2.11	1.71	0.29	1.08	2.47	1.65	1.99	1.66	1.89	1.75	1.78	1.67
0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03
0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.05	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.11
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
0.04	0.01	0.02	0.04	0.04	0.02	0.01	0.07	0.07	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06
0.26	0.24	0.22	0.27	0.29	0.03	0.22	0.35	0.32	0.31	0.26	0.28	0.26	0.31	0.30

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

B2bC2	B2bC2	B2bC2	B2bC2b	B2bC2b	B2bC2b	B2bC2b	B2bC2b	B2bC3	B2bC3	B2bC3	B2bC3b	B2bC3b	MÉDIA	DP
0.01	0.10	0.05	0.53	0.50	0.32	0.50	0.41	0.10	0.08	0.10	0.27	0.51	0.19	0.19
0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03
0.04	0.02	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.06	0.03	0.06	0.00	0.02	0.02	0.02
53.16	52.58	53.46	52.33	53.09	52.68	52.61	53.03	52.62	53.33	53.01	52.45	52.71	52.86	0.47
1.54	1.43	1.55	1.61	1.54	1.46	1.49	1.60	1.24	1.28	1.60	1.67	1.83	1.52	0.15
0.12	0.22	0.18	0.28	0.29	0.28	0.23	0.28	0.25	0.15	0.17	0.31	0.27	0.22	0.06
41.39	40.13	42.55	42.11	41.76	42.27	42.70	42.49	42.36	42.19	41.82	42.34	43.16	42.21	0.74
3.48	2.86	3.11	3.21	3.16	3.01	3.15	3.43	2.67	2.64	2.60	2.80	2.84	3.09	0.30
0.06	0.09	0.08	0.07	0.04	0.00	0.06	0.04	0.10	0.05	0.03	0.02	0.05	0.05	0.03
0.19	0.14	0.17	0.17	0.14	0.19	0.16	0.17	0.18	0.17	0.18	0.20	0.19	0.18	0.02
0.36	0.20	0.08	0.48	0.62	0.20	0.60	0.38	0.38	0.00	0.22	0.38	0.26	0.32	0.16
0.33	0.30	0.40	1.01	0.73	1.06	0.89	0.73	0.46	0.38	0.79	0.87	0.78	0.61	0.25
0.00	0.00	0.19	0.02	0.03	0.00	0.00	0.22	0.04	0.00	0.15	0.00	0.04	0.05	0.08
0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.04	0.12
0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01
0.03	0.00	0.02	0.20	0.01	0.12	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05
0.06	0.00	0.05	0.09	0.00	0.09	0.07	0.06	0.00	0.00	0.07	0.05	0.05	0.04	0.03
0.00	0.06	0.00	0.13	0.03	0.12	0.03	0.00	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.04
1.47	1.20	1.31	1.35	1.33	1.27	1.33	1.45	1.12	1.11	1.09	1.18	1.20	1.30	0.13
0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.00	0.03	0.02	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
99.28	96.92	100.58	100.98	100.65	100.55	101.14	101.45	99.37	99.27	99.76	100.17	101.51	100.18	1.12
1.28	1.31	1.26	1.24	1.27	1.25	1.23	1.25	1.24	1.26	1.27	1.24	1.22	1.25	0.03
0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.01
0.70	0.50	0.48	1.49	1.35	1.26	1.50	1.11	0.85	0.38	1.02	1.26	1.04	0.93	0.34
2.49	2.36	2.55	4.43	3.78	3.66	3.80	3.74	2.60	2.02	3.20	3.55	3.75	3.06	0.66

B2bC2	B2bC2	B2bC2	B2bC2b	B2bC2b	B2bC2b	B2bC2b	B2bC2b	B2bC3	B2bC3	B2bC3	B2bC3b	B2bC3b	MÉDIA	DP
0.00	0.01	0.01	0.08	0.07	0.05	0.07	0.06	0.01	0.01	0.01	0.04	0.07	0.03	0.03
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
9.75	9.72	9.73	9.53	9.58	9.61	9.60	9.60	9.70	9.76	9.67	9.61	9.58	9.66	0.07
0.15	0.14	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.12	0.13	0.16	0.17	0.18	0.15	0.01
0.04	0.07	0.06	0.09	0.10	0.09	0.08	0.09	0.08	0.05	0.06	0.10	0.09	0.07	0.02
5.99	5.86	6.12	6.06	5.95	6.09	6.16	6.08	6.17	6.10	6.03	6.13	6.20	6.10	0.11
1.88	1.56	1.67	1.73	1.68	1.62	1.70	1.84	1.45	1.43	1.40	1.52	1.53	1.67	0.16
0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00
0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.01	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
0.02	0.02	0.02	0.06	0.04	0.07	0.06	0.04	0.03	0.02	0.05	0.05	0.05	0.04	0.02
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
0.04	0.03	0.03	0.09	0.08	0.08	0.09	0.07	0.05	0.02	0.06	0.08	0.06	0.06	0.02
0.25	0.28	0.27	0.47	0.41	0.39	0.40	0.40	0.30	0.23	0.33	0.39	0.42	0.33	0.07

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

MÍN.	MÁX.	C15C2	C15C2	C15C2b	C15C2pb	C15C2b	C15C3	C15C3	C15C3	C15C3b	C15C3b	C15C3b	C15C3b	C15C4
0.01	0.53	0.08	0.05	0.12	0.14	0.05	0.00	0.03	0.05	0.08	0.08	0.07	0.00	0.06
0.00	0.09	0.00	0.00	0.05	0.03	0.04	0.00	0.04	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.04
0.00	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.03	0.00	0.05	0.02	0.04	0.05	0.04	0.09	0.07
51.55	53.46	53.24	52.69	52.57	52.50	51.84	52.68	52.31	52.35	52.28	52.12	52.07	52.00	52.03
1.24	1.83	2.15	2.21	1.93	2.16	2.25	2.00	1.91	2.04	1.64	1.94	2.24	1.84	1.93
0.12	0.31	0.16	0.14	0.20	0.16	0.12	0.18	0.17	0.14	0.14	0.16	0.08	0.16	0.18
40.13	43.38	41.61	41.69	44.28	42.99	41.55	42.92	42.58	41.67	40.57	41.79	41.84	42.39	43.60
2.60	3.71	3.06	3.50	3.05	3.04	3.32	2.85	2.97	3.31	3.35	4.02	3.46	2.35	3.07
0.00	0.10	0.08	0.07	0.08	0.02	0.09	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04	0.05
0.14	0.22	0.12	0.12	0.09	0.12	0.09	0.14	0.12	0.14	0.16	0.23	0.23	0.20	0.15
0.00	0.62	0.33	0.26	0.24	0.20	0.25	0.21	0.20	0.20	0.14	0.12	0.20	0.14	0.20
0.30	1.06	0.48	0.48	0.47	0.40	0.40	0.34	0.52	0.13	0.05	0.44	0.29	0.59	0.45
0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	0.10	0.00	0.04	0.09	0.00	0.37	0.00	0.22	0.00	0.00
0.00	0.53	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01
0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.04	0.01	0.01
0.00	0.20	0.03	0.00	0.30	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.09	0.04	0.05	0.03	0.13	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.12	0.05
0.00	0.13	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00
1.09	1.56	1.29	1.47	1.29	1.28	1.40	1.20	1.25	1.40	1.41	1.69	1.46	0.99	1.29
0.00	0.05	0.04	0.04	0.04	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03
96.92	101.95	100.11	100.08	102.17	100.98	98.64	100.17	99.81	98.76	97.48	99.40	99.42	99.00	100.59
1.21	1.31	1.28	1.26	1.19	1.22	1.25	1.23	1.23	1.26	1.29	1.25	1.24	1.23	1.19
0.06	0.09	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.10	0.08	0.06	0.07
0.38	1.50	0.81	0.75	0.71	0.60	0.65	0.54	0.72	0.34	0.19	0.56	0.49	0.73	0.66
2.02	4.43	3.33	3.52	3.40	3.56	3.16	2.77	3.06	2.63	2.50	2.86	3.21	2.99	2.99

MÍN.	MÁX.	C15C2	C15C2	C15C2b	C15C2pb	C15C2b	C15C3	C15C3	C15C3	C15C3b	C15C3b	C15C3b	C15C3b	C15C4
0.00	0.08	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
9.53	9.76	9.65	9.64	9.64	9.63	9.67	9.70	9.67	9.71	9.72	9.68	9.67	9.67	9.66
0.12	0.18	0.21	0.22	0.19	0.21	0.23	0.20	0.19	0.20	0.17	0.20	0.23	0.18	0.19
0.04	0.10	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.06
5.86	6.32	5.96	6.03	6.42	6.23	6.12	6.25	6.22	6.11	5.96	6.13	6.14	6.23	6.40
1.40	1.99	1.64	1.89	1.65	1.65	1.83	1.55	1.62	1.81	1.84	2.20	1.90	1.29	1.68
0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
0.00	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.02	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.00	0.03	0.02	0.04	0.03
0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.09	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.02	0.01	0.04	0.03	0.05	0.04
0.23	0.47	0.35	0.36	0.36	0.37	0.33	0.30	0.33	0.29	0.28	0.32	0.33	0.33	0.33

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

C15C4pf	C15C4b	C15C4b	C42bC1	C42bC1	C42bC1	C42bC1b	C42bC1b	C42bC1b	C42bC2	C42bC2	C42bC2	C42bC2b	C42bC2b	MÉDIA
0.08	0.16	0.12	0.10	0.11	0.09	0.10	0.16	0.15	0.09	0.04	0.04	0.09	0.16	0.08
0.03	0.00	0.09	0.00	0.05	0.02	0.00	0.06	0.01	0.09	0.01	0.05	0.06	0.00	0.03
0.09	0.09	0.07	0.08	0.06	0.09	0.02	0.22	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.03	0.06
51.57	51.81	51.78	52.70	52.59	52.18	52.61	52.62	52.52	53.11	52.99	53.38	52.84	53.31	52.47
2.10	1.99	2.07	1.84	1.63	1.76	1.73	2.06	1.82	1.53	1.74	2.10	1.66	1.64	1.92
0.29	0.27	0.16	0.14	0.16	0.20	0.18	0.10	0.07	0.17	0.16	0.15	0.08	0.15	0.16
39.80	41.31	41.89	41.43	41.93	41.64	42.95	40.70	41.27	41.24	41.63	41.34	41.39	41.96	41.85
3.51	2.66	2.78	3.36	3.40	3.95	4.01	3.92	3.75	3.49	3.05	4.04	3.62	3.26	3.34
0.04	0.07	0.08	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.06	0.07	0.05	0.06	0.05
0.20	0.21	0.19	0.09	0.07	0.18	0.08	0.32	0.20	0.10	0.07	0.10	0.26	0.06	0.15
0.16	0.10	0.08	0.00	0.04	0.16	0.20	0.14	0.30	0.08	0.34	0.28	0.22	0.26	0.19
0.58	0.60	0.50	0.23	0.33	0.44	0.30	0.40	0.33	0.20	0.35	0.22	0.31	0.26	0.37
0.00	0.01	0.09	0.02	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.00	0.05
0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.10	0.01	0.01
0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.01
0.00	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00	0.27	0.06	0.21	0.06	0.01	0.06	0.08	0.32	0.06
0.10	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.14	0.00	0.03
0.03	0.08	0.00	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.09	0.00	0.02
1.48	1.12	1.17	1.42	1.43	1.66	1.69	1.65	1.58	1.47	1.29	1.70	1.52	1.37	1.41
0.02	0.03	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
97.13	98.38	98.74	98.61	98.99	99.24	100.82	99.14	99.14	98.78	99.27	100.31	99.61	100.06	99.44
1.30	1.25	1.24	1.27	1.25	1.25	1.23	1.29	1.27	1.29	1.27	1.29	1.28	1.27	1.25
0.09	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.08	0.07	0.10	0.09	0.08	0.08
0.74	0.70	0.58	0.23	0.37	0.60	0.50	0.54	0.63	0.28	0.69	0.50	0.54	0.53	0.56
3.46	3.46	3.20	2.42	2.41	2.93	2.82	3.19	2.94	2.29	2.73	3.11	2.86	2.81	2.99

C15C4pf	C15C4b	C15C4b	C42bC1	C42bC1	C42bC1	C42bC1b	C42bC1b	C42bC1b	C42bC2	C42bC2	C42bC2	C42bC2b	C42bC2b	MÉDIA
0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
9.59	9.60	9.64	9.72	9.72	9.66	9.70	9.64	9.71	9.73	9.70	9.67	9.68	9.71	9.67
0.21	0.20	0.21	0.18	0.16	0.18	0.17	0.20	0.18	0.15	0.17	0.21	0.16	0.16	0.19
0.10	0.09	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.03	0.02	0.06	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05
5.85	6.05	6.16	6.04	6.12	6.09	6.26	5.89	6.03	5.97	6.02	5.92	5.99	6.04	6.10
1.93	1.45	1.53	1.83	1.85	2.16	2.18	2.12	2.05	1.89	1.65	2.16	1.96	1.75	1.82
0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.05	0.03	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	0.03
0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
0.04	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.05	0.04	0.04	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
0.41	0.40	0.36	0.28	0.28	0.34	0.30	0.36	0.29	0.27	0.29	0.33	0.30	0.29	0.32

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

DP	MÍN.	MÁX.	D7bC1	D7bC1	D7bC1	D7bC1	D7bC2	Dp149C1b	Dp149C1b	Dp149C1d	Dp149C1c	Dp149C1c	Dp149C1c	Dp149C1pi
0.04	0.00	0.16	0.03	0.05	0.02	0.05	0.07	0.05	0.05	0.04	0.07	0.04	0.00	0.13
0.03	0.00	0.09	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.06	0.01
0.04	0.00	0.22	0.01	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.06	0.03	0.03
0.48	51.57	53.38	53.02	52.92	53.38	53.08	52.84	53.34	53.49	53.05	53.38	52.74	53.25	53.09
0.21	1.53	2.25	1.88	1.41	1.82	1.80	1.99	1.58	1.44	1.38	1.64	1.54	1.36	1.40
0.05	0.07	0.29	0.05	0.22	0.12	0.17	0.26	0.20	0.23	0.21	0.23	0.16	0.22	0.26
0.93	39.80	44.28	41.89	42.24	42.75	43.06	42.72	41.64	41.92	42.25	40.54	40.72	40.48	39.89
0.44	2.35	4.04	3.57	3.41	3.07	3.98	3.52	4.42	4.59	4.24	4.03	4.32	4.50	4.40
0.02	0.02	0.09	0.02	0.01	0.00	0.01	0.05	0.00	0.07	0.04	0.06	0.02	0.03	0.02
0.07	0.06	0.32	0.12	0.11	0.14	0.12	0.16	0.14	0.11	0.13	0.10	0.10	0.11	0.15
0.08	0.00	0.34	0.26	0.26	0.24	0.32	0.32	0.02	0.16	0.24	0.30	0.06	0.14	0.00
0.14	0.05	0.60	0.26	0.56	0.26	0.64	0.71	0.58	0.51	0.61	0.58	0.50	0.59	0.23
0.09	0.00	0.37	0.00	0.04	0.00	0.20	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.27
0.02	0.00	0.10	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
0.10	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.00	0.14	0.12	0.11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.14	0.07	0.03	0.06	0.00	0.00
0.03	0.00	0.10	0.11	0.01	0.00	0.06	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00
0.18	0.99	1.70	1.50	1.43	1.29	1.67	1.48	1.86	1.93	1.79	1.70	1.82	1.89	1.85
0.01	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01
1.06	97.13	102.17	99.82	99.99	100.73	101.92	101.39	100.17	100.83	100.48	99.38	98.58	98.90	98.01
0.03	1.19	1.30	1.27	1.25	1.25	1.23	1.24	1.28	1.28	1.26	1.32	1.30	1.32	1.33
0.01	0.06	0.10	0.09	0.08	0.07	0.09	0.08	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11
0.16	0.19	0.81	0.53	0.83	0.51	0.97	1.03	0.60	0.67	0.85	0.88	0.56	0.74	0.23
0.35	2.29	3.56	2.71	2.73	2.60	3.34	3.61	2.49	2.58	2.57	2.97	2.49	2.44	2.33

DP	MÍN.	MÁX.	D7bC1	D7bC1	D7bC1	D7bC1	D7bC2	Dp149C1b	Dp149C1b	Dp149C1d	Dp149C1c	Dp149C1c	Dp149C1c	Dp149C1pi
0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
0.01	0.00	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.04	9.59	9.73	9.73	9.70	9.73	9.67	9.62	9.72	9.71	9.72	9.67	9.72	9.73	9.71
0.02	0.15	0.23	0.19	0.14	0.18	0.18	0.20	0.16	0.14	0.14	0.16	0.15	0.13	0.14
0.02	0.02	0.10	0.02	0.07	0.04	0.06	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.05	0.07	0.09
0.14	5.85	6.42	6.08	6.12	6.16	6.20	6.14	6.00	6.02	6.12	5.81	5.93	5.84	5.77
0.24	1.29	2.20	1.94	1.84	1.65	2.14	1.89	2.38	2.46	2.30	2.16	2.35	2.43	2.38
0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00
0.01	0.01	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00
0.01	0.00	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01
0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.05	0.03	0.05	0.03	0.06	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.01
0.04	0.27	0.41	0.27	0.30	0.27	0.33	0.38	0.28	0.29	0.28	0.32	0.28	0.27	0.29

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

Dp149C1pl	D149C2 1a	D149C2 1b	D149C2 2	D/E3,3C1	D/E3,3C1	D/E3,3C1	D/E3,3C1b	D/E3,3C1b	D/E3,3C1b	D/E3,3C2	D/E3,3C2b	D/E3,3C2b	D/E3,3C2b	D128C1
0.06	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.02	0.02
0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03
0.01	0.04	0.02	0.06	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.04
53.71	52.84	53.30	52.56	53.71	53.68	53.81	53.43	53.65	53.12	53.86	53.64	53.73	54.09	53.45
1.35	1.83	1.37	1.37	1.85	1.66	1.60	1.63	1.80	1.62	1.31	1.38	1.35	1.49	1.84
0.08	0.22	0.19	0.11	0.16	0.14	0.18	0.13	0.21	0.19	0.13	0.07	0.03	0.05	0.29
42.60	42.01	41.35	42.33	42.48	42.30	41.55	41.48	43.03	41.68	42.54	42.49	41.79	42.33	42.24
4.45	3.93	4.16	4.51	3.30	3.57	3.04	3.37	3.10	3.46	3.51	3.59	3.66	3.59	2.71
0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
0.15	0.07	0.07	0.24	0.11	0.11	0.12	0.12	0.14	0.14	0.10	0.17	0.12	0.14	0.17
0.00	0.36	0.12	0.28	0.32	0.18	0.10	0.26	0.04	0.14	0.18	0.28	0.18	0.24	0.46
0.15	0.45	0.76	0.40	0.51	0.63	0.48	0.35	0.41	0.70	0.46	0.50	0.41	0.51	0.61
0.17	0.10	0.00	0.01	0.14	0.06	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03
0.03	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.05	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00	0.01
0.02	0.01	0.00	0.00	0.08	0.19	0.00	0.00	0.02	0.16	0.10	0.11	0.03	0.18	0.00
0.07	0.14	0.04	0.08	0.06	0.05	0.00	0.00	0.04	0.03	0.11	0.02	0.00	0.07	0.06
0.00	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.08	0.00	0.00
1.87	1.66	1.75	1.90	1.39	1.50	1.28	1.42	1.30	1.46	1.48	1.51	1.54	1.51	1.14
0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
100.98	100.41	99.76	100.11	101.48	101.13	99.68	99.38	101.23	100.12	100.92	100.91	99.95	101.24	100.84
1.26	1.26	1.29	1.24	1.26	1.27	1.29	1.29	1.25	1.27	1.27	1.26	1.29	1.28	1.27
0.10	0.09	0.10	0.11	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.06
0.15	0.81	0.88	0.68	0.84	0.81	0.58	0.61	0.45	0.84	0.65	0.78	0.60	0.76	1.08
1.90	3.17	2.60	2.34	3.19	2.96	2.42	2.38	2.59	3.16	2.37	2.47	2.14	2.60	3.39

Dp149C1pl	D149C2 1a	D149C2 1b	D149C2 2	D/E3,3C1	D/E3,3C1	D/E3,3C1	D/E3,3C1b	D/E3,3C1b	D/E3,3C1b	D/E3,3C2	D/E3,3C2b	D/E3,3C2b	D/E3,3C2b	F128C1
0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
9.80	9.66	9.73	9.75	9.69	9.72	9.74	9.75	9.71	9.69	9.76	9.77	9.80	9.77	9.63
0.13	0.18	0.14	0.14	0.18	0.16	0.16	0.16	0.18	0.16	0.13	0.14	0.13	0.15	0.18
0.03	0.07	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.04	0.07	0.06	0.04	0.02	0.01	0.02	0.10
6.14	6.07	5.96	6.21	6.05	6.05	5.94	5.98	6.15	6.01	6.09	6.11	6.02	6.04	6.02
2.40	2.12	2.24	2.47	1.76	1.91	1.63	1.81	1.66	1.86	1.88	1.93	1.97	1.91	1.44
0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03
0.01	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
0.01	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.07
0.20	0.34	0.27	0.24	0.31	0.28	0.26	0.25	0.29	0.31	0.23	0.23	0.20	0.23	0.37

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

D128C1	D128C1b	D128C1b	D128C2	D128C2	D128C2b	D128C2b	D128C3	D128C3	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	F7bC2	F7bC2
0.00	0.04	0.07	0.00	0.02	0.07	0.17	0.35	0.18	0.05	0.07	0.00	0.35	0.04	0.08
0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00
0.08	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.02	0.02	0.00	0.08	0.01	0.06
54.38	55.15	54.99	53.63	52.89	52.81	55.23	51.60	53.68	53.46	0.71	51.60	55.23	54.86	53.88
1.86	1.53	1.39	2.05	2.13	1.64	1.56	2.56	1.51	1.64	0.27	1.31	2.56	0.09	0.20
0.23	0.09	0.22	0.30	0.02	0.29	0.24	0.18	0.20	0.17	0.08	0.02	0.30	0.04	0.10
43.98	41.26	42.54	41.14	41.54	40.58	42.24	42.10	41.36	41.92	0.84	39.89	43.98	41.82	37.84
2.88	4.13	3.71	3.90	4.27	4.20	4.11	4.03	4.41	3.82	0.51	2.71	4.59	5.73	5.42
0.07	0.03	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.07	0.00	0.03
0.22	0.06	0.16	0.15	0.16	0.16	0.14	0.13	0.20	0.13	0.04	0.06	0.24	0.01	0.03
0.20	0.02	0.04	0.22	0.36	0.22	0.00	0.26	0.00	0.19	0.12	0.00	0.46	0.22	0.08
0.75	0.26	0.61	0.61	0.53	0.48	0.25	0.64	0.78	0.51	0.16	0.15	0.78	0.08	0.03
0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.06	0.14	0.00	0.05	0.08	0.00	0.27	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.08	1.21	0.03	0.04	0.20	0.00	1.21	0.00	0.07
0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.01	0.05	0.02	0.02	0.02	0.00	0.06	0.01	0.18
0.16	0.06	0.00	0.00	0.16	0.06	0.00	0.00	0.22	0.05	0.07	0.00	0.22	0.00	0.00
0.02	0.07	0.09	0.08	0.14	0.05	0.04	0.05	0.00	0.05	0.05	0.00	0.14	0.00	0.09
0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.06	0.04	0.00	0.04	0.02	0.03	0.00	0.11	0.11	0.01
1.21	1.74	1.56	1.64	1.80	1.77	1.73	1.70	1.85	1.61	0.22	1.14	1.93	2.41	2.28
0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.02
103.60	100.95	102.34	100.55	100.76	99.01	102.44	101.60	100.83	100.57	1.12	98.01	103.60	100.59	95.79
1.24	1.34	1.29	1.30	1.27	1.30	1.31	1.23	1.30	1.28	0.03	1.23	1.34	1.31	1.42
0.07	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.09	0.01	0.06	0.11	0.14	0.14
0.95	0.28	0.65	0.83	0.89	0.70	0.25	0.90	0.78	0.70	0.22	0.15	1.08	0.31	0.11
3.30	2.06	2.47	3.35	3.47	2.96	2.37	4.19	2.98	2.77	0.49	1.90	4.19	0.58	0.64

F128C1	F128C1b	F128C1b	F128C2	F128C2	F128C2b	F128C2b	F128C3	F128C3	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	F7bC2	F7bC2
0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.05	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
9.66	9.79	9.73	9.63	9.69	9.66	9.71	9.33	9.68	9.70	0.08	9.33	9.80	9.94	9.89
0.18	0.15	0.13	0.20	0.21	0.16	0.15	0.25	0.15	0.16	0.03	0.13	0.25	0.01	0.02
0.07	0.03	0.07	0.10	0.01	0.09	0.08	0.06	0.07	0.06	0.02	0.01	0.10	0.01	0.03
6.18	5.79	5.95	5.84	6.01	5.86	5.87	6.01	5.90	6.01	0.12	5.77	6.21	5.99	5.49
1.51	2.17	1.94	2.07	2.31	2.27	2.13	2.15	2.35	2.05	0.28	1.44	2.47	3.07	2.94
0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01
0.04	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01
0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01
0.05	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.01	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01	0.05	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.24	0.01	0.01	0.04	0.00	0.24	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
0.06	0.02	0.04	0.05	0.06	0.04	0.01	0.06	0.05	0.04	0.01	0.01	0.07	0.02	0.01
0.34	0.20	0.27	0.36	0.31	0.34	0.28	0.43	0.31	0.29	0.05	0.20	0.43	0.06	0.09

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica.

F7bC2	F7bC2 1	F7bC2 2	F7bC2 3	F7bC2 4	F7bC2 5	F7bC3 1	F7bC3 2	F7bC3 3	F7bC3	F7bC3	F7bC3	F7bC3	F7bC4	F7bC4	F7bC4
0.04	0.03	0.00	0.03	0.30	0.00	0.02	0.00	0.09	0.00	0.02	0.00	0.01	0.10	0.13	
0.04	0.01	0.06	0.00	0.08	0.07	0.08	0.04	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.05	0.06	0.09	0.07	0.02	0.03	0.09	0.09	0.09	0.09	0.05	0.08	0.07	0.09	0.09	
54.68	54.78	54.32	54.23	55.42	54.81	54.31	55.10	54.20	54.76	52.66	52.74	52.41	52.29	53.85	
0.19	0.13	0.18	0.21	0.08	0.07	0.23	0.29	0.20	0.10	0.10	0.27	0.24	0.25	0.21	
0.05	0.09	0.11	0.07	0.04	0.05	0.12	0.06	0.17	0.05	0.06	0.09	0.09	0.07	0.10	
39.20	40.07	38.27	38.03	40.45	40.07	37.57	38.59	37.28	38.25	41.27	38.81	37.08	39.84	38.43	
5.46	4.76	5.20	5.63	5.33	5.41	4.37	5.05	4.79	5.12	4.48	4.18	5.00	3.26	4.22	
0.03	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	
0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.05	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.08	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.08	
0.05	0.00	0.12	0.00	0.20	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.07	0.00	0.12	
0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.13	0.29	0.02	0.14	0.00	0.00	0.00	
0.02	0.06	0.09	0.06	0.05	0.00	0.05	0.08	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05	0.10	0.04	
0.26	0.33	0.26	0.20	0.09	0.14	0.31	0.23	0.35	0.20	0.40	0.26	0.26	0.31	0.37	
0.00	0.00	0.19	0.22	0.00	0.12	0.07	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	
0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.08	0.09	0.01	0.09	0.00	0.00	
0.02	0.00	0.00	0.03	0.10	0.10	0.06	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00	
2.30	2.00	2.19	2.37	2.24	2.28	1.84	2.12	2.02	2.16	1.89	1.76	2.10	1.37	1.77	
0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	
97.87	98.35	96.72	96.44	100.09	98.61	95.75	97.62	95.35	97.11	97.41	95.13	93.27	95.02	95.87	
1.39	1.37	1.42	1.43	1.37	1.37	1.45	1.43	1.45	1.43	1.28	1.36	1.41	1.31	1.40	
0.14	0.12	0.14	0.15	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13	0.11	0.11	0.13	0.08	0.11	
0.05	0.00	0.12	0.00	0.38	0.00	0.25	0.10	0.00	0.00	0.00	0.23	0.07	0.00	0.20	
0.52	0.35	0.74	0.62	0.99	0.43	0.94	0.70	0.71	0.83	0.42	0.81	0.56	0.55	0.74	

F7bC2	F7bC2 1	F7bC2 2	F7bC2 3	F7bC2 4	F7bC2 5	F7bC3 1	F7bC3 2	F7bC3 3	F7bC3	F7bC3	F7bC3	F7bC3	F7bC4	F7bC4	F7bC4
0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	
0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	
9.93	9.92	9.88	9.91	9.88	9.94	9.87	9.89	9.87	9.90	9.92	9.88	9.90	9.89	9.89	
0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	
0.02	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02	0.04	0.02	0.06	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	
5.62	5.74	5.50	5.49	5.70	5.74	5.39	5.48	5.36	5.46	6.14	5.75	5.54	5.95	5.57	
2.93	2.55	2.79	3.04	2.81	2.90	2.34	2.68	2.58	2.73	2.49	2.31	2.79	1.82	2.28	
0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	
0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	
0.04	0.05	0.04	0.03	0.01	0.02	0.05	0.04	0.05	0.03	0.07	0.04	0.04	0.05	0.06	
0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.07	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	
0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	
0.07	0.06	0.10	0.08	0.11	0.06	0.12	0.09	0.12	0.09	0.07	0.10	0.09	0.09	0.11	

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

F7bC4	F128C3b1	F128C3b1	F128C3b1	F128C3b1	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	G149C2 1	G149C2 2	G149C2 3	G149C2 4	G149C2 5	G149C2 6
0.03	0.04	0.29	0.13	0.08	0.07	0.08	0.00	0.30	0.15	0.00	0.04	0.09	0.03	0.00
0.00	0.06	0.12	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.12	0.03	0.04	0.02	0.03	0.00	0.03
0.07	0.00	0.05	0.02	0.02	0.06	0.03	0.00	0.09	0.04	0.13	0.16	0.15	0.11	0.13
53.20	55.57	55.54	55.67	55.71	54.32	1.08	52.29	55.71	54.67	54.22	52.59	53.33	53.42	53.53
0.09	0.14	0.07	0.11	0.08	0.16	0.07	0.07	0.29	0.22	0.39	0.40	0.41	0.32	0.38
0.05	0.07	0.06	0.00	0.02	0.07	0.04	0.00	0.17	0.02	0.06	0.02	0.02	0.05	0.05
39.24	39.96	40.50	41.57	40.35	39.30	1.39	37.08	41.82	35.90	35.59	37.38	36.89	37.52	37.40
3.89	5.74	5.48	5.28	5.12	4.95	0.65	3.26	5.74	5.99	5.25	4.50	5.37	5.46	5.26
0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01
0.03	0.00	0.01	0.05	0.04	0.02	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05
0.00	0.04	0.00	0.00	0.06	0.04	0.06	0.00	0.22	0.12	0.12	0.00	0.00	0.02	0.16
0.05	0.15	0.02	0.00	0.03	0.06	0.06	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.05	0.00
0.10	0.00	0.00	0.06	0.20	0.05	0.08	0.00	0.29	0.15	0.02	0.04	0.19	0.00	0.03
0.13	0.18	0.04	0.01	0.03	0.06	0.04	0.00	0.18	0.02	0.06	0.20	0.13	0.08	0.06
0.24	0.11	0.12	0.12	0.12	0.22	0.10	0.01	0.40	0.03	0.06	0.04	0.04	0.06	0.05
0.03	0.11	0.00	0.04	0.04	0.04	0.07	0.00	0.22	0.00	0.04	0.00	0.14	0.03	0.00
0.00	0.00	0.04	0.11	0.01	0.03	0.04	0.00	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.00	0.04	0.00	0.02	0.03	0.03	0.00	0.11	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.00
1.64	2.42	2.31	2.22	2.15	2.08	0.27	1.37	2.42	2.52	2.21	1.90	2.26	2.30	2.22
0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
95.55	99.76	100.08	100.95	99.78	97.41	2.13	93.27	100.95	94.87	93.82	93.71	94.59	94.86	94.94
1.36	1.39	1.37	1.34	1.38	1.38	0.05	1.28	1.45	1.52	1.52	1.41	1.45	1.42	1.43
0.10	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.02	0.08	0.15	0.17	0.15	0.12	0.15	0.15	0.14
0.05	0.19	0.02	0.00	0.09	0.10	0.11	0.00	0.38	0.12	0.12	0.20	0.00	0.07	0.16
0.45	0.61	0.67	0.46	0.57	0.63	0.17	0.35	0.99	0.77	0.84	0.88	1.09	0.59	0.79

F7bC4	F128C3b1	F128C3b1	F128C3b1	F128C3b1	MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	G149C2 1	G149C2 2	G149C2 3	G149C2 4	G149C2 5	G149C2 6
0.00	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
9.91	9.90	9.89	9.95	9.94	9.90	0.02	9.87	9.95	9.91	9.88	9.84	9.85	9.90	9.88
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04
0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.06	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
5.78	5.62	5.70	5.87	5.69	5.66	0.20	5.36	6.14	5.14	5.12	5.53	5.38	5.49	5.45
2.14	3.02	2.88	2.78	2.70	2.66	0.32	1.82	3.07	3.21	2.82	2.49	2.93	2.99	2.87
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.04	0.03	0.02	0.01
0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.00	0.07	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
0.06	0.07	0.10	0.05	0.05	0.08	0.02	0.05	0.12	0.08	0.11	0.11	0.13	0.08	0.11

Tabela com os resultados obtidos na 2ª etapa de Microsonda Eletrônica

MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	MÉDIA	DP	MÁXIMO	MÍNIMO
0.05	0.06	0.00	0.15	0.08	0.10	0.53	0.00
0.03	0.01	0.00	0.04	0.02	0.03	0.12	0.00
0.12	0.04	0.04	0.16	0.04	0.03	0.22	0.00
53.63	0.73	52.59	54.67	53.23	0.88	55.71	51.11
0.35	0.07	0.22	0.41	1.42	0.61	2.56	0.07
0.04	0.02	0.02	0.06	0.15	0.07	0.31	0.00
36.78	0.84	35.59	37.52	41.35	1.56	44.28	35.59
5.31	0.48	4.50	5.99	3.67	0.85	5.99	2.01
0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.14	0.00
0.01	0.02	0.00	0.05	0.12	0.06	0.32	0.00
0.07	0.07	0.00	0.16	0.18	0.14	0.62	0.00
0.04	0.08	0.00	0.20	0.41	0.24	1.06	0.00
0.07	0.08	0.00	0.19	0.05	0.08	0.37	0.00
0.09	0.06	0.02	0.20	0.03	0.11	1.21	0.00
0.05	0.01	0.03	0.06	0.04	0.08	0.40	0.00
0.03	0.05	0.00	0.14	0.05	0.07	0.32	0.00
0.00	0.01	0.00	0.03	0.04	0.04	0.22	0.00
0.02	0.03	0.00	0.08	0.02	0.03	0.13	0.00
2.23	0.20	1.90	2.52	1.54	0.36	2.52	0.84
0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.07	0.00
94.47	0.56	93.71	94.94	99.32	1.99	103.60	91.72
1.46	0.05	1.41	1.52	1.29	0.06	1.52	1.19
0.14	0.01	0.12	0.17	0.09	0.02	0.17	0.05
0.11	0.07	0.00	0.20	0.59	0.33	1.50	0.00
0.83	0.16	0.59	1.09	2.47	0.94	4.43	0.35

MÉDIA	DP	MÍN.	MÁX.	MÉDIA	SVIO PADR	MÁXIMO	MÍNIMO
0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.08	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
0.03	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.06	0.00
9.88	0.03	9.84	9.91	9.73	0.10	9.95	9.33
0.04	0.01	0.02	0.04	0.14	0.06	0.25	0.01
0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.02	0.10	0.00
5.35	0.18	5.12	5.53	5.97	0.23	6.42	5.12
2.88	0.24	2.49	3.21	1.98	0.45	3.21	1.08
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.05	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00
0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.07	0.00
0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00
0.02	0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.24	0.00
0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.07	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	0.09	0.00
0.10	0.02	0.08	0.13	0.27	0.09	0.47	0.05

Tabela com os resultados obtidos na 3ª etapa de Microsonda Eletrônica.

	Label	O=F	F	NaO	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	Cl	CaO	MnO	FeO	SrO	BaO
C	Cad3ep1	1.30	3.11	0.16	0.00	0.00	0.81	39.75	0.03	50.26	0.00	0.73	2.96	0.00
C	ad3ep1	1.35	3.22	0.12	0.00	0.00	0.80	40.10	0.00	51.67	0.16	0.00	3.01	0.02
C	ad3ep1	1.36	3.24	0.13	0.00	0.00	0.74	40.19	0.02	51.73	0.00	0.06	3.14	0.00
C	ad3ep1	1.35	3.22	0.12	0.00	0.01	0.84	39.32	0.00	51.86	0.03	0.25	2.77	0.00
C	ad3ep1	1.32	3.15	0.12	0.00	0.00	0.74	39.68	0.03	52.21	0.00	0.16	2.62	0.00
	MÉDIA	1.34	3.19	0.13	0.00	0.00	0.79	39.81	0.01	51.55	0.04	0.24	2.90	0.00
	DP	0.02	0.06	0.02	0.00	0.00	0.04	0.35	0.01	0.75	0.07	0.29	0.21	0.01
	MÍN.	1.30	3.11	0.12	0.00	0.00	0.74	39.32	0.00	50.26	0.00	0.00	2.62	0.00
	MÁX.	1.36	3.24	0.16	0.00	0.01	0.84	40.19	0.03	52.21	0.16	0.73	3.14	0.02
F	ad135gpl	1.56	3.71	0.04	0.00	0.00	0.00	40.35	0.02	55.70	0.00	0.02	0.14	0.00
F	ad135gpl1	1.59	3.79	0.01	0.00	0.00	0.05	41.90	0.00	56.70	0.05	0.15	0.07	0.03
F	ad135gpl1	1.60	3.81	0.00	0.00	0.01	0.03	40.88	0.03	55.79	0.00	0.07	0.20	0.00
F	ad128pl4	1.69	4.02	0.03	0.04	0.05	0.01	40.76	0.03	55.85	0.00	0.15	0.18	0.00
F	ad128pl4	1.34	3.19	0.11	0.00	0.10	0.00	40.87	0.00	54.55	0.00	0.06	0.13	0.00
F	ad128pl4	1.56	3.71	0.05	0.00	0.00	0.02	40.23	0.00	56.02	0.00	0.06	0.28	0.03
F	ad128pl4	1.71	4.07	0.00	0.00	0.00	0.00	40.84	0.01	56.11	0.00	0.08	0.28	0.00
F	ad128pl4	1.53	3.63	0.02	0.00	0.03	0.00	41.15	0.01	56.09	0.00	0.07	0.08	0.00
F	ad128pl4	1.50	3.57	0.06	0.00	0.02	0.05	41.18	0.02	55.25	0.03	0.01	0.05	0.00
F	ad128pl4	1.50	3.57	0.00	0.00	0.02	0.04	41.12	0.03	55.31	0.05	0.18	0.00	0.00
	MÉDIA	1.56	3.71	0.03	0.00	0.02	0.02	40.93	0.01	55.74	0.01	0.09	0.14	0.01
	DP	0.10	0.25	0.03	0.01	0.03	0.02	0.47	0.01	0.59	0.02	0.06	0.09	0.01
	MÍN.	1.34	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	40.23	0.00	54.55	0.00	0.01	0.00	0.00
	MÁX.	1.71	4.07	0.11	0.04	0.10	0.05	41.90	0.03	56.70	0.05	0.18	0.28	0.03
A	ad42bpl5	1.23	2.93	0.02	0.01	0.04	0.25	42.55	0.00	54.09	0.00	0.09	1.48	0.00
A	ad42bpl5	1.23	2.94	0.00	0.00	0.00	0.26	41.79	0.02	55.13	0.01	0.02	1.59	0.00
A	ad42bpl5	1.21	2.87	0.14	0.00	0.00	0.15	41.63	0.02	54.02	0.00	0.00	1.51	0.01
	MÉDIA	1.22	2.91	0.05	0.00	0.01	0.22	41.99	0.01	54.41	0.00	0.04	1.52	0.00
	DP	0.02	0.04	0.08	0.01	0.02	0.06	0.49	0.01	0.62	0.01	0.05	0.06	0.01
	MÍN.	0.02	2.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.59	0.00	0.00	1.48	0.00
	MÁX.	1.71	2.94	0.16	0.04	0.10	0.84	42.55	0.03	56.70	0.16	0.73	1.59	0.03
D	ad128pl4	1.29	3.07	0.07	0.00	0.01	0.30	41.79	0.02	54.38	0.20	0.01	1.61	0.00
D	ad128pl1	1.17	2.78	0.18	0.00	0.00	0.18	41.84	0.00	53.15	0.05	0.00	1.90	0.00
D	ad128pl1	1.19	2.83	0.19	0.00	0.00	0.13	41.37	0.00	53.52	0.00	0.00	1.77	0.00
D	ad128pl1	1.09	2.59	0.18	0.04	0.03	0.24	40.88	0.01	53.46	0.03	0.00	1.60	0.02
D	ad135gpl1	1.24	2.94	0.17	0.00	0.02	0.12	40.88	0.01	54.35	0.14	0.00	1.71	0.00
D	ad135gpl1	1.23	2.92	0.08	0.03	0.00	0.13	41.54	0.00	54.08	0.00	0.00	1.65	0.00
D	ad11bpl4	1.17	2.78	0.17	0.04	0.02	0.38	41.39	0.01	53.78	0.10	0.06	1.38	0.00
D	ad11bpl4	1.08	2.57	0.17	0.00	0.02	0.33	41.22	0.00	54.09	0.08	0.00	1.40	0.00
D	ad135gpl1	1.17	2.79	0.00	0.00	0.00	0.16	40.97	0.05	53.46	0.00	0.13	1.51	0.00
	MÉDIA	1.18	2.81	0.13	0.01	0.01	0.22	41.32	0.01	53.81	0.07	0.02	1.62	0.00
	DP	0.07	0.16	0.07	0.02	0.01	0.10	0.36	0.02	0.44	0.07	0.05	0.17	0.01
	MÍN.	1.08	2.57	0.00	0.00	0.00	0.12	40.88	0.00	53.15	0.00	0.00	1.38	0.00
	MÁX.	1.29	3.07	0.19	0.04	0.03	0.38	41.84	0.05	54.38	0.20	0.13	1.90	0.02
E	ad135gpl2	1.33	3.17	0.08	0.00	0.00	0.13	40.40	0.05	53.92	0.00	0.12	1.61	0.00
E	ad135gpl2	1.37	3.25	0.17	0.00	0.02	0.15	41.51	0.00	53.56	0.00	0.10	1.75	0.00
E	ad135gpl2	1.27	3.02	0.23	0.05	0.00	0.22	40.99	0.02	54.06	0.00	0.10	1.57	0.00
	MÉDIA	1.27	3.02	0.23	0.05	0.00	0.22	40.99	0.02	54.06	0.00	0.10	1.57	0.00
	DP	0.05	0.12	0.08	0.03	0.01	0.05	0.55	0.03	0.26	0.00	0.01	0.09	0.00
	MÍN.	1.27	3.02	0.08	0.00	0.00	0.13	40.40	0.00	53.56	0.00	0.10	1.57	0.00
	MÁX.	1.37	3.25	0.23	0.05	0.02	0.22	41.51	0.05	54.06	0.00	0.12	1.75	0.00
G	ad11bpl4	1.49	3.54	0.04	0.06	0.07	0.30	37.59	0.01	53.85	0.00	0.00	0.50	0.00
G	ad11bpl4	1.48	3.53	0.05	0.15	0.07	0.30	38.81	0.06	54.27	0.01	0.00	0.39	0.05
G	ad11bpl4	1.45	3.46	0.04	0.13	0.08	0.16	38.28	0.00	53.32	0.02	0.04	0.53	0.00
G	ad11bpl4	1.49	3.56	0.00	0.05	0.07	0.21	37.43	0.01	55.25	0.00	0.09	0.36	0.00
G	ad11bpl4	1.32	3.14	0.01	0.04	0.03	0.05	36.68	0.02	56.21	0.01	0.14	0.51	0.00
G	ad11bpl4	1.35	3.21	0.07	0.14	0.02	0.00	37.40	0.01	53.32	0.00	0.05	0.60	0.00
	MÉDIA	1.43	3.41	0.03	0.09	0.06	0.17	37.70	0.02	54.37	0.01	0.05	0.48	0.01
	DP	0.08	0.18	0.03	0.05	0.02	0.12	0.74	0.02	1.15	0.01	0.05	0.09	0.02
	MÍN.	1.32	3.14	0.00	0.04	0.02	0.00	36.68	0.00	53.32	0.00	0.00	0.36	0.00
	MÁX.	1.49	3.56	0.07	0.15	0.08	0.30	38.81	0.06	56.21	0.02	0.14	0.60	0.05
odos os dadc	MÉDIA	1.36	3.25	0.08	0.02	0.02	0.23	40.42	0.01	54.18	0.03	0.08	1.19	0.00
	DP	0.16	0.39	0.07	0.04	0.03	0.25	1.43	0.02	1.47	0.05	0.13	0.95	0.01
	MÍNIMO	1.08	2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	36.68	0.00	50.26	0.00	0.00	0.00	0.00
	MÁXIMO	1.71	4.07	0.23	0.15	0.10	0.84	42.55	0.06	56.70	0.20	0.73	3.14	0.05

Tabela com os resultados obtidos na 3ª etapa de Microsonda Eletrônica.

La2O3	Ce2O3	Total	F/P2O5	CaO/P2O5	%subst.	CFR203	no	progr.nor	rogr.detail	ETRppm	elem	No	Y %	La %	Ce %	Nd %	Sm %
0.94	1.77	99.21	0.08	1.26	6.56	2.71	1.00	1.00	ad3ep1	##			0.00	0.80	1.50	0.66	0.09
0.77	1.17	99.68	0.08	1.29	5.25	1.94	2.00	2.00	ad3ep1	##			0.00	0.49	1.23	0.57	0.10
0.38	1.11	99.38	0.08	1.29	4.82	1.49	3.00	3.00	ad3ep1	##			0.00	0.48	1.08	0.51	0.15
0.64	1.32	99.02	0.08	1.32	5.13	1.95	4.00	4.00	ad3ep1	##			0.00	0.54	1.20	0.60	0.06
0.37	1.37	99.11	0.08	1.32	4.63	1.73	5.00	5.00	ad3ep1	##			0.00	0.52	1.16	0.55	0.00
0.62	1.35	99.28	0.08	1.29	5.28	1.97											
0.25	0.26	0.26	0.00	0.02	0.76	0.46											
0.37	1.11	99.02	0.08	1.26	4.63	1.49											
0.94	1.77	99.68	0.08	1.32	6.56	2.71											
0.06	0.00	98.48	0.09	1.38	0.26	0.06	23.00	15.00	ad135g1	##			0.00	0.06	0.00	0.10	0.01
0.03	0.15	101.35	0.09	1.35	0.50	0.18	24.00	x									
0.03	0.00	99.25	0.09	1.36	0.30	0.03	25.00	x									
0.00	0.00	99.43	0.10	1.37	0.40	0.00	12.00	9.00	ad128pl	##			0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
0.14	0.12	97.92	0.08	1.33	0.55	0.26	13.00	10.00	ad128pl	##			0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.09	0.00	98.94	0.09	1.39	0.51	0.09	14.00	11.00	ad128pl	##			0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.00	0.00	99.68	0.10	1.37	0.36	0.00	15.00	x									
0.00	0.12	99.67	0.09	1.36	0.30	0.12	16.00	x									
0.04	0.00	98.77	0.09	1.34	0.19	0.04	17.00	12.00	ad128pl	##			0.00	0.02	0.01	0.00	0.04
0.03	0.09	98.94	0.09	1.35	0.35	0.12	18.00	x									
0.04	0.05	99.24	0.09	1.36	0.37	0.09											
0.04	0.06	0.92	0.01	0.02	0.12	0.08											
0.00	0.00	97.92	0.08	1.33	0.19	0.00											
0.14	0.15	101.35	0.10	1.39	0.65	0.26											
0.14	0.31	100.67	0.07	1.27	2.05	0.45	20.00	x									
0.11	0.48	101.10	0.07	1.32	2.21	0.59	21.00	x									
0.27	0.44	99.86	0.07	1.30	2.38	0.71	22.00	14.00	ad42bpl	##			0.00	0.13	0.38	0.17	0.00
0.18	0.41	100.54	0.07	1.30	2.21	0.58											
0.09	0.09	0.63	0.00	0.02	0.17	0.13											
0.00	0.00	99.86	0.07	1.27	2.05	0.45											
0.94	1.77	101.10	0.07	1.32	2.38	0.71											
0.29	0.31	100.77	0.07	1.30	2.50	0.60	19.00	13.00	ad128pl	##			0.00	0.13	0.36	0.37	0.03
0.12	0.62	99.64	0.07	1.27	2.87	0.74	7.00	6.00	ad128pl	##			0.00	0.19	0.56	0.32	0.11
0.19	0.54	99.35	0.07	1.29	2.68	0.72	8.00	7.00	ad128pl	##			0.00	0.22	0.53	0.23	0.00
0.46	0.83	99.29	0.06	1.31	3.15	1.29	9.00	x									
0.18	0.55	99.85	0.07	1.33	2.75	0.74	26.00	17.00	ad135g1	##			0.00	0.19	0.47	0.25	0.10
0.19	0.52	99.91	0.07	1.30	2.47	0.71	27.00	x									
0.21	0.58	99.74	0.07	1.30	2.55	0.79	38.00	x									
0.36	0.40	99.57	0.06	1.31	2.42	0.76	39.00	21.00									
0.07	0.23	98.21	0.07	1.30	1.95	0.31	32.00	18.00	ad135g1	##			0.00	0.09	0.24	0.24	0.06
0.23	0.51	99.59	0.07	1.30	2.59	0.74											
0.12	0.18	0.68	0.00	0.02	0.33	0.25											
0.07	0.23	98.21	0.06	1.27	1.95	0.31											
0.46	0.83	100.77	0.07	1.33	3.15	1.29											
0.27	0.58	99.01	0.08	1.33	2.66	0.85	29.00	16.00	ad135g1	##			0.00	0.14	0.43	0.29	0.00
0.18	0.73	100.04	0.08	1.29	2.92	0.91	30.00	x									
0.27	0.60	99.86	0.07	1.32	2.82	0.87	31.00	x									
0.27	0.60	99.86	0.08	1.32	2.82	0.87											
0.05	0.08	0.55	0.00	0.02	0.13	0.03											
0.18	0.58	99.01	0.07	1.29	2.66	0.85											
0.27	0.73	100.04	0.08	1.33	2.92	0.91											
0.09	0.00	94.57	0.09	1.43	0.68	0.09	34.00	19.00	ad11bpl	##			0.00	0.01	0.02	0.02	0.00
0.09	0.06	96.35	0.09	1.40	0.81	0.15	35.00	x									
0.00	0.00	94.59	0.09	1.39	0.76	0.00	36.00	20.00	ad11bpl	##			0.00	0.00	0.02	0.00	0.06
0.00	0.01	95.55	0.09	1.48	0.51	0.01	37.00	x									
0.04	0.09	95.64	0.09	1.53	0.83	0.13	40.00	x									
0.07	0.07	93.62	0.09	1.43	1.00	0.14	41.00	x									
0.05	0.04	95.05	0.09	1.44	0.76	0.09											
0.04	0.04	0.98	0.00	0.05	0.16	0.07											
0.00	0.00	93.62	0.09	1.39	0.51	0.00											
0.09	0.09	96.35	0.09	1.53	1.00	0.15											
0.20	0.42	98.78		1.34	2.03	0.62											
0.22	0.46	1.87		0.06	1.67	0.66											
0.00	0.00	93.62		1.26	0.19	0.00											
0.94	1.77	101.35		1.53	6.56	2.71											

Tabela com os resultados obtidos na 3ª etapa de Microsonda Eletrônica.

Gd %	TR %
0.22	3.28
0.18	2.57
0.15	2.38
0.12	2.52
0.14	2.37

0.00	0.18
------	-------------

0.00	0.03
0.03	0.04
0.00	0.02

0.02	0.09
------	-------------

0.05	0.73
------	-------------

0.04	0.92
0.05	1.23
0.04	1.02

0.08	1.09
------	-------------

0.03	0.67
------	-------------

0.09	0.94
------	-------------

0.00	0.06
------	-------------

0.00	0.08
------	-------------

*"Tal como a Terra, que eu possa servir de apoio a seres tão
numerosos quanto é vasto o céu.*

*E, se eles não tiverem ainda atingido o estado da iluminação, que
eu possa dedicar-me inteiramente a sua felicidade."*

Dalai Lama