



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

GLENDALIRA SANTOS

**PEGMATITO SERRA BRANCA – DISTRITO PEGMATÍTICO VIEIRÓPOLIS (PB)-
TENENTE ANANIAS (RN)-MALTA (PB), BRASIL: caracterização mineralógica da
amazonita**

Recife
2019

GLENDALIRA SANTOS

**PEGMATITO SERRA BRANCA – DISTRITO PEGMATÍTICO VIEIRÓPOLIS (PB)-
TENENTE ANANIAS (RN)-MALTA (PB), BRASIL: caracterização mineralógica da
amazonita**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Hidrogeologia e Geologia Aplicada.

Orientadora: Profa. Dra. Sandra de Brito Barreto.

Coorientador: Prof. Dr. Luis Sánchez-Muñoz.

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

S237p

Santos, Glenda Lira.

Pegmatito Serra Branca - Distrito Pegmatítico Vieirópolis (PB) - Tenente Ananias (RN) - Malta (PB), Brasil: caracterização mineralógica da Amazonita / Glenda Lira Santos. – Recife, 2019.

102folhas, il., figs., tabs., abrs. e sigls.

Orientadora: Profa. Dra. Sandra de Brito Barreto.

Coorientador: Prof. Dr. Luis Sánchez-Muñoz.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2019.

Inclui Referências e Anexos.

1. Geociências. 2. Amazonita. 3. Caracterização.
4. Pegmatito Serra Branca. 5. Espectroscopia. I. Barreto,
Sandra de Brito (Orientadora). II. Sánchez-Muñoz, Luis
(Coorientador). III. Título.

551CDD (22.ed)

UFPE/BCTG-2019/368

GLENDALIRA SANTOS

PEGMATITO SERRA BRANCA – DISTRITO PEGMATÍTICO VIEIRÓPOLIS (PB)-
TENENTE ANANIAS (RN)-MALTA (PB), BRASIL: CARACTERIZAÇÃO
MINERALÓGICA DA AMAZONITA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Geociências.

Aprovada em: 10 / 07 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Sandra de Brito Barreto (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Thais Andressa Carrino (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Pedro Luiz Guzzo (Examinadora Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, aos meus pais Palmira e Helder, por todo apoio, amor e esforços investidos na minha formação acadêmica. Ao meu irmão Iuri e minha segunda mãe, Maria Angela por todo apoio e carinho.

Agradeço ao meu parceiro de vida, André, por estar sempre caminhando comigo, me apoiando e me aconselhando sempre quando preciso.

Agradeço à minha orientadora, Prof. Dra. Sandra de Brito Barreto, tanto no âmbito profissional quanto pelo pessoal, pela orientação, amizade e todo esforço empenhado ao LabGem, sempre fornecendo o necessário para que sigamos em frente.

Agradeço pela coorientação do Dr. Luis Sánchez-Muñoz, gracias for your support and teachings about feldspar, they enlightened me to a different path in this dissertation.

Agradeço à Prof. Dra. Thaís Carrino pela participação na banca examinadora e pelas análises de Espectroscopia de Reflectância, e ao Prof. Dr. Pedro Guzzo, tanto pela participação na banca examinadora, quanto por todo apoio logístico nas análises de espectroscopia de absorção e difração de raios-X junto ao LTM e LMRI.

Agradeço à Granistone S/A e funcionários pela permissão do estudo desta belíssima ocorrência e pelo suporte logístico durante as visitas às cavas. Estendo o agradecimento aos funcionários Remo Sarmento e Márcio Jean Mocoró, sempre presentes para nos auxiliar em dúvidas e pelo suporte em campo.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), fundação do Ministério da Educação (MEC), pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço aos meus amigos do Laboratório de Gemologia, José Ferreira Neto e Igor Manoel Belo, pelo companheirismo, amizade e discussões, além de todo apoio em todos os âmbitos da vida. Serei eternamente grata por todo auxílio que vocês me proporcionaram em toda essa caminhada.

Agradeço à minha amiga, irmã da vida, quase membra do LabGem, Gisely Maria, pela amizade, companheirismo, conselhos e por caminhar comigo nesta luta contra o patriarcado! Vamos em frente, miga.

Agradeço à Maurílio Amâncio de Moraes pelo apoio logístico na confecção de lâminas para as análises em MOLP e EPMA.

Esta dissertação só foi possível graças à colaboração de diversos professores, pesquisadores e laboratórios. Gratidão à toda contribuição dada para a realização desta pesquisa.

Agradeço ao prof. Dr. Alcides Sial, à prof. Dr. Valderez Ferreira e a todos que compõem o NEG-LABISE pela utilização do Laboratório de Preparação de Amostras e pelas análises de FRX.

Agradeço aos membros do Laboratório de Tecnologia Mineral (LTM), em especial à Filipe Marinho e Fania Caicedo por todo as tardes de realização de DRX, FTIR, IV-ATR e apoio durante à realização das análises.

Agradeço ao Prof. Dr. Carlos Roberto de Souza Filho pelo uso do Laboratório de Espectroscopia de Reflexão do Instituto de Geociências da UNICAMP, à Rebecca Del Papa Moreira Scafutto e à Dra. Rosa Elvira Correa Pabón pelo auxílio nas realizações de medições.

Agradeço ao prof. Dr. Nilson Botelho pela utilização do Laboratório de Microsonda Eletrônica da UnB.

Agradeço ao Prof. Dr. Axel Müller, pelas sugestões prestadas às interpretações químicas e pelas análises de LA-ICP-MS realizadas no Serviço Geológico da Noruega.

Agradeço ao Prof. Gorki Mariano pela doação de alguns volumes da coleção de livros *Reviews in Mineralogy*, principalmente pelo livro *Feldspar Mineralogy* que contribuiu de forma significativa neste trabalho.

RESUMO

A amazonita do Pegmatito Serra Branca consiste em uma microclina ordenada de coloração verde azulada com saturações variadas. Inserido no contexto geológico do Distrito Pegmatítico Vieirópolis (PB)-Tenente Ananias (RN)-Malta (PB), no Terreno Rio Piranhas-Seridó da Subprovíncia Rio Grande do Norte (Província Borborema), este pegmatito amazonítico apresenta um zoneamento complexo. Subdivide-se em uma (i) zona da amazonita, composta por grandes cristais subédricos a euédricos de amazonita e quartzo enfumaçado, localizada na região central e superior do corpo, e uma (ii) zona da albita, que contém albita e quartzo sacaroidais, localizada majoritariamente, na base do pegmatito. O Pegmatito Serra Branca apresenta, ainda, uma sub-intrusão composta de grandes cristais euédricos de amazonita e quartzo envolvidos por clevelandita, em um arranjo textural diferente daquele observado na zona da amazonita. A caracterização desta amazonita foi realizada através de ensaios gemológicos, difração de raios-X (DRX), espectroscopia de reflectância total atenuada no infravermelho (IV-ATR), análises por microscopia ótica de luz polarizada (MOLP), espectroscopia de absorção e de reflectância na faixa do visível ao infravermelho, microsonda eletrônica (EPMA), espectrometria de massa por ablação a laser (LA-ICP-MS) e espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX). A amazonita de Serra Branca demonstra propriedades gemológicas dentro do esperado com birrefringência variando de 0.007 a 0.008. A MOLP revela que a amazonita se caracteriza por um precursor ordenado, apresentando variados padrões de geminação dentre eles *tartan*, cruzada e *chessboard* e grandes porções de coalescência das leis da Albita e Periclina. As exsoluções de albitas ocorrem como grandes veios subparalelos a face (010), alcançando ~ 0,8 mm de espessura e ~17 mm de comprimento, mostrando geminação polissintética da Lei da Albita. A amazonita foi identificada por DRX e por IV-ATR como microclina altamente ordenada com albita intercrescida com triclinicidade entre 0,92 a 0,98. A espectroscopia revelou bandas de absorção no ultravioleta derivadas da presença ferro. As principais absorções observadas na faixa do visível correspondem a *banda da amazonita*, principal responsável pela coloração da verde-azulada e correlacionada com a presença de chumbo. Já as feições no infravermelho, correlacionam-se com a presença de H₂O. A composição modal da amazonita é de Or_{95,32-93,03}Ab_{6,96-4,58}An_{0,18-0,02} e a albita intercrescida foi de Or_{1,38-0,33}Ab_{99,50-98,48}An_{0,47-0,08}. Foram detectados altos valores de Rb, Pb, Sr, Ba, Cs, Fe e Ga.

Palavras-chave: Amazonita. Caracterização. Pegmatito Serra Branca. Espectroscopia.

ABSTRACT

The amazonite from the Serra Branca Pegmatite consists of an ordered bluish green microcline with varying hues. Inserted in the geological context of the Vieirópolis (PB)-Tenente Ananias (RN)-Malta (PB) pegmatitic District, in the Rio Piranhas-Seridó Terrane from the Rio Grande do Norte Subprovince (Borborema Province), this amazonitic pegmatite exhibits complex zoning. Such zoning is divided into (i) amazonite zone composed of subeuhedral to euhedral megacrystic amazonite and smoky quartz, located at the central and upper zone of the body and (ii) albite zone, which comprises saccharoidal quartz and albite, mostly at the bottom of the pegmatite. The Serra Branca pegmatite also presents a sub-intrusion comprising euhedral megacrystic amazonite and quartz embedded in cleavelandite and is, thus, texturally very different to the majority of the amazonite zone. The characterization from this amazonite was carried out through gemological study, X-ray diffraction (XRD), attenuated total reflectance spectroscopy in the infrared (ATR-IR), analyses by polarized light optical microscopy (PLOM), visible to infrared absorption and reflectance spectroscopy, electron probe microanalysis (EPMA), laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) and X-ray fluorescence. The Serra Branca amazonite showed expected gemological features with the birefringence ranging from 0.007 to 0.008. The PLOM revealed that the amazonite has an ordered precursor, displaying twin patterns such as tartan, crosshatched, chessboard, and large areas with Pericline and Albite twinning coalescence. The albite exsolution occurs as large veins subparallel to the (010) face with the thickness up to 8 mm and length up to 17 mm, exhibiting fine twinning from the Albite Law. The amazonite was identified by XRD and ATR-IR as highly ordered microcline with albite exsolution, with 0.92 to 0.97 of triclinicity. The spectroscopy revealed features in the ultraviolet region due to the presence of iron. The main features observed in the visible region correlate to the amazonite band, chiefly responsible for the amazonite color and correlated to the lead presence. The infrared features correlate to the H₂O presence. The amazonite modal composition is Or_{95.32-93.03}Ab_{6.96-4.58}An_{0.18-0.02} and for the albite exsolution is de Or_{1.38-0.33}Ab_{99.50-98.48}An_{0.47-0.08}. High values of Rb, Pb, Sr, Ba, Cs, Fe e Ga were detected.

Keywords: Serra Branca Amazonite Pegmatite. Characterization. Mineral chemistry. Spectroscopy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Principais vias de acesso partindo de Recife (PE) para a cidade de Vieirópolis (PB)	17
Figura 2 –	Estrutura cristalina de feldspato	18
Figura 3 –	Projeção sobre (001) dos átomos do sítio <i>T</i> na rede cristalina do feldspato	19
Figura 4 –	Microfotografia óptica com luz polarizada de uma microclina com as quatro orientações de geminação	21
Figura 5 –	Modelo esquemático para uma sequência evolucionária de transformação em K-feldspato perítico proveniente de pegmatitos graníticos	22
Figura 6 –	Espectros de absorção no UV-VIS-NIR de amazonitas	25
Figura 7 –	Poliedro de coordenação de troca conjunta de Pb^{+} -O- Fe^{3+} em amazonita	26
Figura 8 –	Espectroscopia de absorção no infravermelho de amazonitas	27
Quadro 1 –	Principais bandas de absorções observadas em amazonitas	28
Figura 9 –	Compartimentação tectônica da Província Borborema	38
Figura 10 –	Contexto geológico local que se encontra inserido o Pegmatito Serra Branca	39
Figura 11 –	Pegmatito Serra Branca	40
Figura 12 –	Amazonita do Pegmatito Serra Branca	41
Figura 13 –	Amazonitas do Pegmatito Serra Branca utilizadas para propriedades físicas e gemológicas	42
Figura 14 –	Microfotografia da amazonita do Pegmatito Serra Branca demonstrando micro- e macrogeminções	44
Figura 15 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-01 na seção (001) demonstrando feições do geminação cruzada e de espessamento	45
Figura 16 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-02 na seção (001) com textura <i>tartan</i>	46
Figura 17 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-02 na seção (001) demonstrando feições de espessamento das geminações	47
Figura 18 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-03 na seção (001) demonstrando feições evoluída das geminações	48
Figura 19 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AMZ-28D na seção (001) demonstrando feições evoluída das geminações da Lei da Albite e Lei da Periclina	49
Figura 20 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AMZ-28D na seção (001) demonstrando feições evoluída das geminações da Lei da Albite e Lei da Periclina	50

Figura 21 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-07 na seção (001) demonstrando feições bastante evoluída das geminações....	51
Figura 22 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-08 na seção (001) demonstrando feições evoluída da geminação de Lei da Albita	51
Figura 23 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-11 na seção (001) demonstrando feições evoluída da geminação polissintética fina da Lei da Albita	52
Figura 24 –	Microfotografias de feições de exsolução de albita intercrescida na amazonita de Serra Branca	53
Figura 25 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-02 e AM-03 de Serra Branca demonstrando feições de veios e filmes de albita ...	54
Figura 26 –	Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-28D de Serra Branca demonstrando feições de veios de albita orientados às faces (100) e (010)	54
Figura 27 –	Difratograma indexado para a amazonita do Pegmatito Serra Branca ...	56
Figura 28 –	Difratograma da região {131} da amazonita do Pegmatito Serra Branca.....	57
Figura 29 –	Espectros de reflexão total atenuada na no infravermelho representativos da amazonita do Pegmatito Serra Branca	58
Figura 30 –	Espectros de absorção no VNIR da amazonita do Pegmatito Serra Branca	64
Figura 31 –	Espectroscopia de absorção de FTIR da amazonita do Pegmatito Serra Branca	65
Figura 32 –	Espectroscopia de reflectância da amazonita do Pegmatito Serra Branca	66
Figura 33 –	Diagrama ternário de Or-Ab-An da amazonita e albita intercrescida do Pegmatito Serra Branca	67
Quadro 2 –	Distribuição dos elementos Rb, Pb e Fe entre a amazonita e a exsolução de albita do Pegmatito Serra Branca	70
Quadro 3 –	Distribuição dos elementos Sr, Cs, Ba, Tl e Ga entre a amazonita e a exsolução de albita do Pegmatito Serra Branca	70
Quadro 4 –	Distribuição dos elementos Li, Ge, P, Y, La, Ce e Eu entre a amazonita e a exsolução de albita do Pegmatito Serra Branca	71
Figura 34 –	Medida de ordenamento de Si/Al a partir de IV-ATR da amazonita de Serra Branca	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Índices de refração das seções polidas da amazonita do Pegmatito Serra Branca	43
Tabela 2 –	Composição química média por EPMA da amazonita do Pegmatito Serra Branca	59
Tabela 3 –	Composição química média por FRX da amazonita do Pegmatito Serra Branca	60
Tabela 4 –	Média dos elementos traços por LA-ICP-MS da amazonita do Pegmatito Serra Branca	61
Tabela 5 –	Composição das albitas intercrescidas na amazonita por EPMA da amazonita do Pegmatito Serra Branca	62
Tabela 6 –	Média dos elementos traços da albita intercrescida na amazonita por LA-ICP-MS do Pegmatito Serra Branca	63

LISTA DE ABREVIATURAS

DRX	Difração de raios-X
EPMA	<i>Electron probe microanalysis</i>
FTIR	<i>Fourier-transform infrared spectroscopy</i>
FRX	Espectrometria por Espectrometria de fluorescência de raios-X
IV	<i>Infrared spectroscopy</i>
LabGem	Laboratório de Gemologia – UFPE
LASON	Laboratório de Microsonda Eletrônica - UnB
LA-ICP-MS	<i>Laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometer</i>
LMRI	Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes - UFPE
LTM	Laboratório de Tecnologia Mineral - UFPE
MOLP	Microscópio Óptico de Luz Polarizada
NEGLABISE	Núcleo de Estudos de Granitos e Laboratório de Isótopos Estáveis
IV-ATR	Reflexão Total Atenuada no Infravermelho
SWIR	<i>Short-wave infrared</i>
UV-VIS-NIR	<i>Ultraviolet, visible and near infrared</i>
VIS	Visível
VNIR	<i>Visible-near infrared</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.3	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	16
1.4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.4.1	Aspectos estruturais e texturais	17
1.4.2	Aspectos cristalquímicos	23
1.4.3	Aspectos espectroscópicos e cor na amazonita	23
1.4.3.1	Espectroscopia de absorção no visível	24
1.4.3.2	Espectroscopia de absorção no infravermelho	26
1.4.3.3	Espectroscopia de reflectância do ultravioleta ao infravermelho de ondas curtas	27
2	MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1	ATIVIDADES DE CAMPO	29
2.2	PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS	30
2.2.1	Seções delgadas e polidas para análises de microtexturas e química mineral pontual	30
2.2.2	Amostras lapidadas para estudos gemológicos	31
2.2.3	Seções bipolidas para espectroscopias de absorção	31
2.2.4	Amostras em pó para espectrometria de fluorescência de raios-X, difração de raios-x e espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho	31
2.2.5	Amostras para espectroscopia de reflectância	32
2.3	MÉTODOS ANALÍTICOS	32
2.3.1	Microscópio óptico com luz polarizada	32
2.3.2	Microsonda Eletrônica	32
2.3.3	Espectrometria LA-ICP-MS	33
2.3.4	Espectrometria por FRX	34
2.3.5	Espectroscopia de absorção VIS e IV e espectroscopia IV-ATR	34
2.3.6	Espectroscopia de reflectância	35
2.3.7	Difração de raios-X	35

2.3.8	Medidas de índice de refração, birrefringência e densidade	35
2.4	TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	36
3	CONTEXTO GEOLÓGICO	37
3.1	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL	37
3.2	PEGMATITO SERRA BRANCA	39
4	AMAZONITA DO PEGMATITO SERRA BRANCA	41
4.1	PROPRIEDADES FÍSICAS E GEMOLÓGICAS	42
4.2	MICROSCOPIA ÓPTICA COM LUZ POLARIZADA	43
4.2.1	Padrões de geminação	44
4.2.2	Microtexturas de exsolução de albita	52
4.3	IDENTIFICAÇÃO MINERALÓGICA E ASPECTOS ESTRUTURAIS ..	55
4.3.1	Difração de Raios-X	55
4.3.2	Espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho	57
4.4	QUÍMICA DA AMAZONITA DO PEGMATITO SERRA BRANCA	58
4.5	ESPECTROSCOPIA	63
4.5.1	Espectroscopia de absorção no VIS	63
4.5.2	Espectroscopia de absorção no IV	64
4.5.3	Espectroscopia de Reflectância	65
5	DISCUSSÃO	67
5.1	QUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES	67
5.2	DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS TRAÇO ENTRE AS FASES POTÁSSICA E SÓDICA DA AMAZONITA E EXSOLUÇÃO DE ALBITA DO PEGMATITO SERRA BRANCA	68
5.3	PADRÕES DE GEMINAÇÃO DA AMAZONITA DO PEGMATITO SERRA BRANCA.....	71
5.4	ORIGEM E EVOLUÇÃO DE PROCESSOS DE INTERCRESCIMENTO DE ALBITA	72
5.5	ORDENAMENTO DA AMAZONITA	73
5.6	ESPECTROSCOPIA E CENTROS DE COR DA AMAZONITA	75
6	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	79
	ANEXO A – TABELA DE AMOSTRAS UTILIZADAS	84
	ANEXO B – INDEXAÇÃO DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X	88

ANEXO C – ANÁLISE DA AMAZONITA POR <i>EPMA</i>	93
ANEXO D – ANÁLISE DA ALBITA INTERCRESCIDA NA AMAZONITA POR <i>EPMA</i>	100
ANEXO E – ANÁLISE DA AMAZONITA POR <i>LA-ICP-MS</i>	101

1 INTRODUÇÃO

A amazonita é um feldspato potássico verde-azulado, podendo ser microclina (Hofmeister e Rossman, 1985) ou ortoclásio (Stevenson e Martin, 1983) e ocorre em pegmatitos graníticos do tipo NYF (Wise, 1999). Sua ocorrência na Província Borborema (Almeida et al., 1981) é pouco abundante e há registros de espécies de baixa qualidade em termos econômicos na Serra do Pinheiro, município de Arcoverde, Pernambuco (Lira Santos et al., 2017), Serra da Maturagem, município de Icó, Ceará (Prado et al., 1980), no sítio Serra do Cipó, município de Uiraúna, Paraíba, no município de Condado, Paraíba (Medeiros et al., 2008) e em pegmatitos mineralizados em águas-marinhas no município de Tenente Ananias, Rio Grande do Norte (Barreto, 1991).

A presente dissertação traz o estudo de uma nova ocorrência de amazonita explorada e comercializada prioritariamente como rocha ornamental pela empresa Granistone S.A, além de apresentar atributos gemológicos, estando tal ocorrência localizada na Serra Branca, no município de Vieirópolis, Paraíba, sendo o mineral principal do pegmatito, o qual se insere no Distrito Pegmatítico Vieirópolis (PB)-Tenente Ananias (RN)-Malta (PB) (Barreto et al., 2016). Neste sentido, foram utilizadas diversas técnicas espectroscópicas, além de estudos geoquímicos, microtexturais, estruturais e gemológicos para a caracterização mineralógica da amazonita do Pegmatito Serra Branca.

1.1 JUSTIFICATIVA

A caracterização mineralógica da amazonita encontrada na nova ocorrência do Pegmatito Serra Branca, inserido no Distrito Pegmatítico Vieirópolis (PB)-Tenente Ananias (RN)-Malta (PB) (Barreto et al., 2016), é relatada nesta dissertação. Sua importância correlaciona-se com seus atributos de cor verde azulada intensa e seu valor comercial como insumo para indústria de rocha ornamental e adornos minerais/joalheria.

Por outro lado, esta nova ocorrência de amazonita no extremo noroeste do estado da Paraíba tem relevância pela sua significação como mineral característico de pegmatitos do tipo NYF (Wise, 1999), incomuns na Província Borborema. Insere-se no contexto da Sub-província Rio Grande do Norte (Van Schmus et al., 2011) e localizando-se fora da Província Pegmatítica do Seridó (Beurlen et al., 2009).

1.2 OBJETIVOS

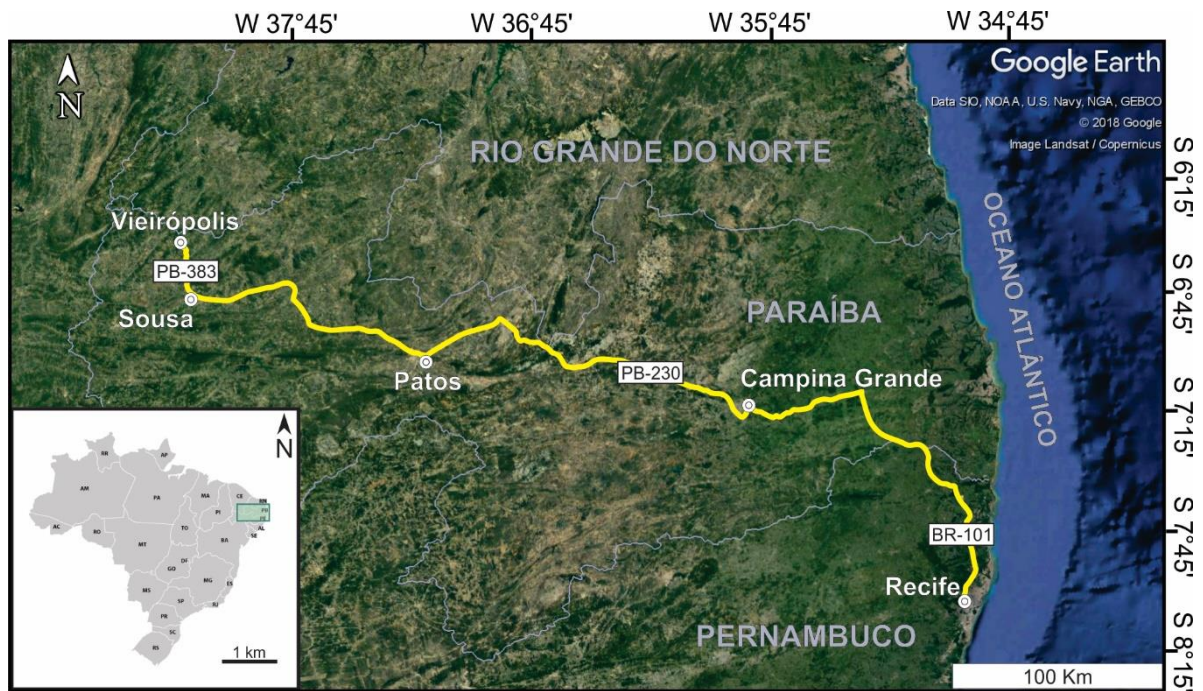
O objetivo geral desta dissertação consistiu na caracterização mineralógica da amazonita do Pegmatito Serra Branca, compreendendo o seu estudo microtextural, estrutural, espectroscópico, químico e gemológico. Sendo assim, buscou-se (i) obter propriedades físicas e gemológicas da amazonita; (ii) a sua caracterização microtextural focando na interpretação do desenvolvimento de bandas de geminação das Leis da Albita e Periclina, além dos intercrescimentos de albita; (iii) a sua identificação de fases minerais por difração de raios-X e espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho (IV-ATR); (iv) mensurar o grau de ordem-desordem de Si e Al pela triclinicidade; (v) obter a composição química da amazonita, pontuando os principais elementos menores e traços; (vi) determinar feições de absorção nos espectros de absorção no visível (VIS) e no infravermelho (FTIR), buscando identificar possíveis elementos cromóforos, e; (vii) identificar as bandas de absorção na espectroscopia de reflectância e possíveis íons responsáveis por estas absorções.

Neste sentido, o principal foco deste estudo é a contribuição com o conhecimento espectroscópico, microtextural, químico e gemológico da amazonita do Pegmatito Serra Branca do Distrito Pegmatítico Vieirópolis (PB)-Tenente Ananias (RN)- Malta (PB) a fim de revelar dados sobre feldspatos amazoníticos na Província Borborema, os quais são escassos, além de permitir a realização de estudos comparativos com ocorrências mundiais, alicerçando também pesquisas sobre a geologia destes pegmatitos à amazonita.

1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A amazonita do Pegmatito Serra Branca localiza-se no extremo noroeste do estado da Paraíba, próximo à divisa com o estado do Rio Grande do Norte, região Nordeste do Brasil. Recife dista aproximadamente 600 km da sede do município de Vieirópolis (PB), por meio de percurso tomado segue a BR-101, BR-230 e as PB-391 e PB-387 (Figura 1). Na sede do município de Vieirópolis, para acessar o Pegmatito Serra Branca utiliza-se de vias vicinais, em estrada de barro em direção ao povoado de Baixio (PB), por aproximadamente 4 km, chegando-se à Mina Amazon da empresa Granistone S/A onde se localiza o pegmatito fonte das amazonitas estudadas, cuja localização se dá nas coordenadas 6°31'0.82"S e 38°15'29.75"O.

Figura 1 – Principais vias de acesso partindo de Recife (PE) para a cidade de Vieirópolis (PB)



Fonte: A autora (2019).

*Imagem Landsat disponível no *software* Google Earth.

1.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A amazonita trata-se de um feldspato potássico triclinico (microclina) ou monoclinico (ortoclásio) de coloração verde azulada. Sua ocorrência é reconhecida como marcadora de pegmatitos evoluídos do tipo NYF, caracterizados pelo enriquecimento em nióbio, ítrio e flúor (Martin et al., 2008). Além de ocorrer neste tipo de rocha, também aparecem em granitos que sofreram amazonitização (Jordt-Evangelista et al., 2000). Para a compreensão dos métodos de caracterização utilizados neste trabalho, aspectos estruturais, texturais, químicos e espectroscópicos são sumarizados a seguir.

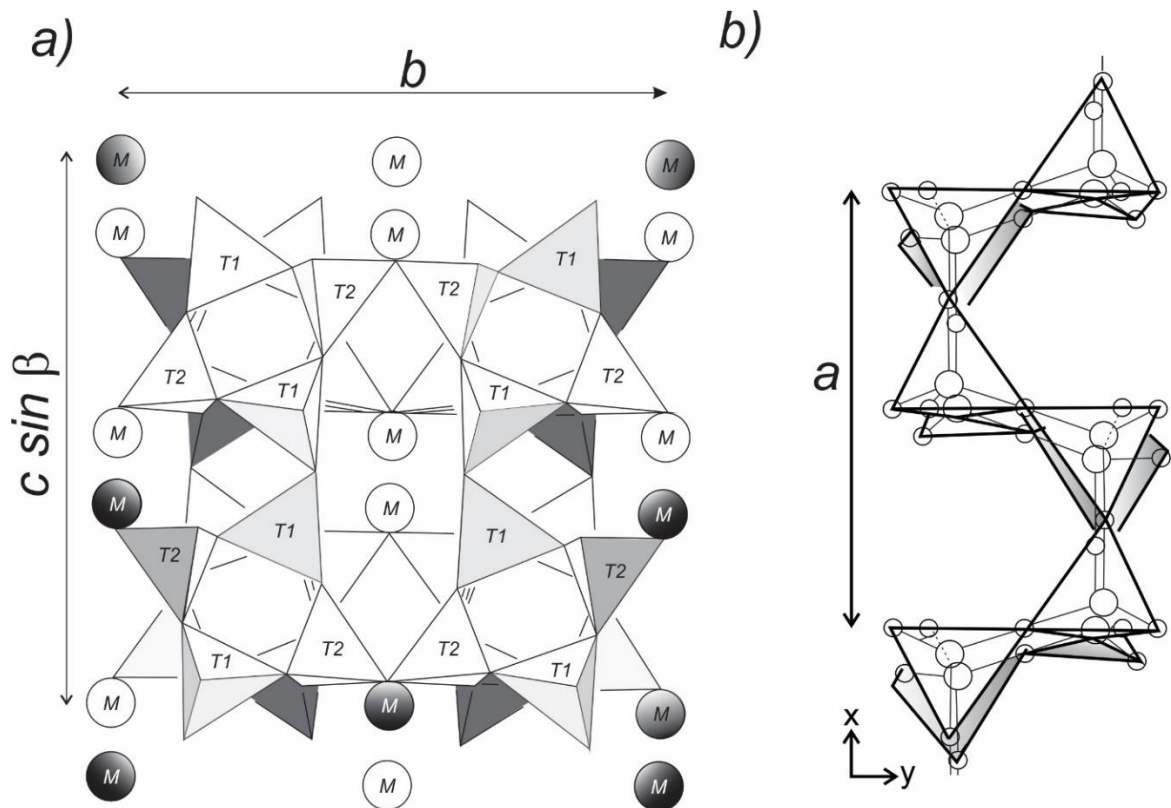
1.4.1 Aspectos estruturais e texturais

O feldspato potássico possui uma estrutura cristalina usualmente composta de uma rede tridimensional de aluminosilicatos, em que os interstícios são ocupados por átomos de potássio. Esta rede aluminosilicática consiste de oxigênios dispostos nos extremos de tetraedros (*T*), onde cada oxigênio forma um vértice para um dos tetraedros. Ainda, o tetraedro (*T*) encontra-se centrado por um átomo de silício ou alumínio (Figura 2a). Quando centrados por alumínio, há

um desbalanceamento de carga que é compensado com a entrada de íons de potássio no sítio M . Assim, a fórmula ideal para um feldspato alcalino é MT_4O_8 , onde M consiste do K e T pode ser preenchido por Al ou Si (Smith e Brown, 1988).

Esta formulação ideal pode ser observada em outros minerais que não feldspato potássico, o que faz com que a topologia da estrutura tetraedral seja determinante quando se define um feldspato (Ribbe, 1983). Sendo assim, considera-se a estrutura da sanidina ($KAlSi_3O_8$) como a mais simples ($C2/m$), a qual possui uma topologia esperada para um feldspato. Nesta topologia, observam-se anéis de quatro membros de TO_4 com dois pares de tetraedros não equivalentes T_1 e T_2 , que quando compartilham seus vértices com anéis similares formam correntes duplas do “tipo manivela” (*crankshaft-like*) paralelas ao eixo a (Figura 2b; Taylor, 1933). O feldspato potássico consiste de várias espécies que têm sua nomenclatura discutida por vários autores (Laves e Goldsmith, 1961; Ribbe, 1983; Smith e Brown, 1984). Nesta dissertação, segue-se o recomendado pela Associação Internacional de Mineralogia (IMA), seguindo os três termos: “sanidina”, “ortoclásio” e “microclina”.

Figura 2 - Estrutura cristalina de feldspato

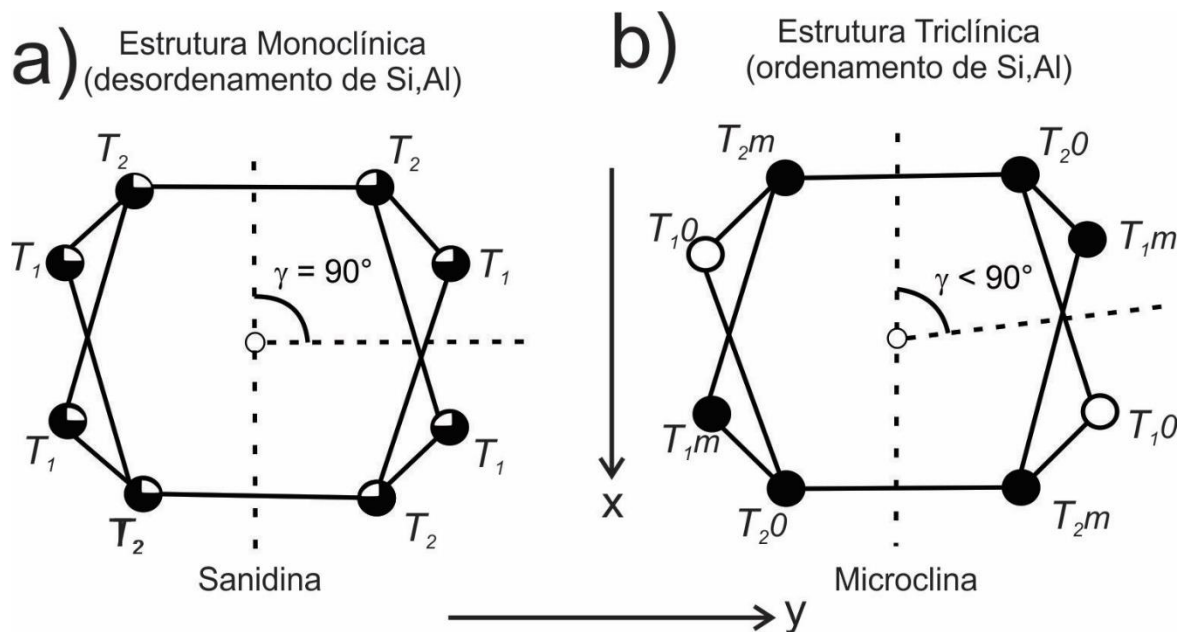


Fonte: A Autora (2019).

a) Projeção da estrutura da sanidina ao longo do eixo a com átomos de K nos interstícios. Modificado de McGregor, 1984. Sítios tetraédricos $T = "T1"$ e $"T2"$, sítios $M = "M"$. b) Rede dupla “crankshaft-like” do feldspato que é vista ao longo do eixo a . Modificado de Papike e Cameron (1976) e Kroll (1983).

A célula unitária do feldspato contém 16 sítios T distribuídos por unidade de célula. Considerando a sanidina, o preenchimento destes sítios se dá por 4 Al + 12 Si, em que não é possível a ocorrência de uma distribuição por igual de Al e Si nos sítios T_1 e T_2 , a qual resultaria numa forma de ordenamento. Neste sentido, adotando a convenção de Kroll (1971) em que t_1 representa a quantidade de Al que pode estar contida no sítio T_1 e, sabendo que a probabilidade de achar Al no anel de tetraedros é igual a 1, tem-se: $2t_1 + 2t_2 = 1$. Se a distribuição do Si e Al se der de forma aleatória, a estrutura é descrita como completamente desordenada, então $t_1 = t_2 = 0,25$ e a estrutura observada, geralmente, é a monoclinica (Figura 3a). Se esta distribuição se der de forma ordenada, o eixo binário paralelo ao eixo b e o plano de reflexão (010) são destruídos, assim os tetraedros deverão ser renomeados com subscritos m e 0 referentes ao plano de reflexão e ao eixo binário, respectivamente. Assim, $t_{10} = 1$ e $t_{1m} = t_{20} = t_{2m} = 0$, ou seja, somente os tetraedros T_{10} poderão alojar o Al e a estrutura passará a ser triclínica (Figura 3b), que é o caso da microclina (Kroll, 1983).

Figura 3 - Projeção sobre (001) dos átomos do sítio T na rede cristalina do feldspato.



Fonte: Modificado de Putnis e McConnel (1980) e Ribbe (1975).

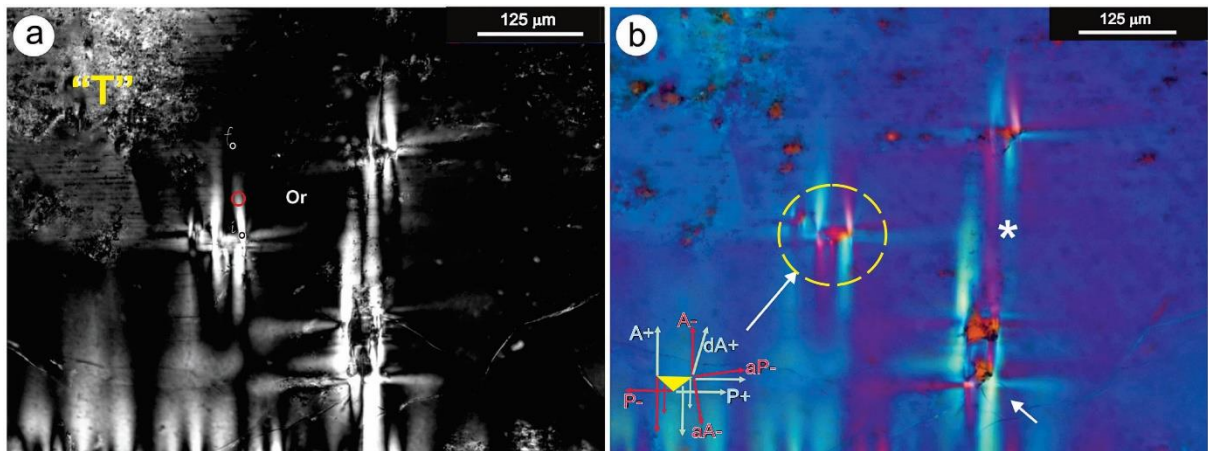
*As quantidades de Al e Si preenchendo os sítios T são diagramáticos. O “O” no centro representa o centro de simetria. a) Estrutura monoclinica de um feldspato não distorcido em que a ocupação de Si e Al nos tetraedros T_1 e T_2 se dá de forma semelhante, como na sanidina e ortoclásio. A linha pontilhada representa os planos de reflexão, no qual a linha central divide o anel de tetraedros no lado direito e esquerdo. b) Estrutura ordenada do feldspato em que o Al ocupa somente os tetraedros T_{10} resultando numa distorção que gera a simetria triclínica, como na microclina e albita. A linha pontilhada representa o plano de pseudoreflexão.

A ocorrência deste ordenamento se descreve através da transformação da fase monoclinica para a triclínica em um feldspato potássico. Sánchez-Muñoz et al. (2012) e as

referências nele contidas retratam que existem duas hipóteses, as quais explicam a natureza desta transformação difusiva envolvendo o processo de ordenamento local de Si e Al. A primeira retrata o ponto de vista de equilíbrio termodinâmico envolvido na transformação de primeira ordem da sanidina (monoclínico) em microclina (triclínico), e a segunda trata de uma transformação de segunda ordem, mais compatível com a ocorrência natural de estágios intermediários na forma de ortoclásio ou microclina intermediária. Tendo em vista que a microclina consiste de uma combinação de padrões de geminação das Leis da Albita/Periclina, estas hipóteses não explicam a formação destas grandes e regulares microtexturas de geminação, a partir do espessamento de nanodomínios microestruturais. Sánchez-Muñoz et al. (2008) propõe um mecanismo em que estas formações consistem de uma transformação de auto-organização no estado sólido, através de uma dinâmica do tipo “avalanche”, onde os eventos de transformação são controlados por estimulações externas (eventos cisalhamento e temperatura) e internas (algumas moléculas de água) que ocorrem independentemente. Este mecanismo se inicia tanto pelo ordenamento de Si/Al, em baixa escala, quanto pela acomodação em larga escala de deformações elásticas.

Estas microestruturas, características da microclina, são originadas pelas direções relativas das geminações de estrutura triclínica, que seguem quatro orientações variando de acordo com a transição de fase $C2/m$ para $C\bar{1}$ (Fitz Gerald e McLaren, 1982; Sánchez-Muñoz et al., 2008, 2012). A perda de simetria do plano de reflexão “ m ” e do eixo binário “2” da estrutura monoclínica, dá lugar as quatro orientações características dos padrões de geminação (A^+ , A^- , P^+ e P^-) seguindo a Lei da Albita (A) e a Lei da Periclina (P). A Lei da Periclina tem o eixo $[010]$ como o eixo de geminação, e o plano composicional do par de geminação P^+ e P^- consiste de um plano irracional chamado de “seção rômbrica”; esta contém o eixo b e intersecta o plano (010) . A Lei da Albita é definida como uma reflexão que corta o plano (010) , resultando em duas geminações A^+ e A^- no contato ao longo do limite de geminação (010) ; (Sánchez-Muñoz et al., 2008, 2012). Estas orientações podem se originar de interfaces com outros minerais caracterizados como centros de stress como: veios de albita ou alguns domínios de albita com o formato de diamante (Sánchez-Muñoz et al., 2012). Na figura 4 é possível visualizar as albitas diamantes (concentradores de tensão) com um desenvolvimento das orientações A e P , diagonais não ideais dA e dP e antidiagonais aA e aP , discriminadas com a inserção da lâmina auxiliar de 1λ .

Figura 4 - Microfotografia óptica com luz polarizada de uma microclina com as quatro orientações de geminação.

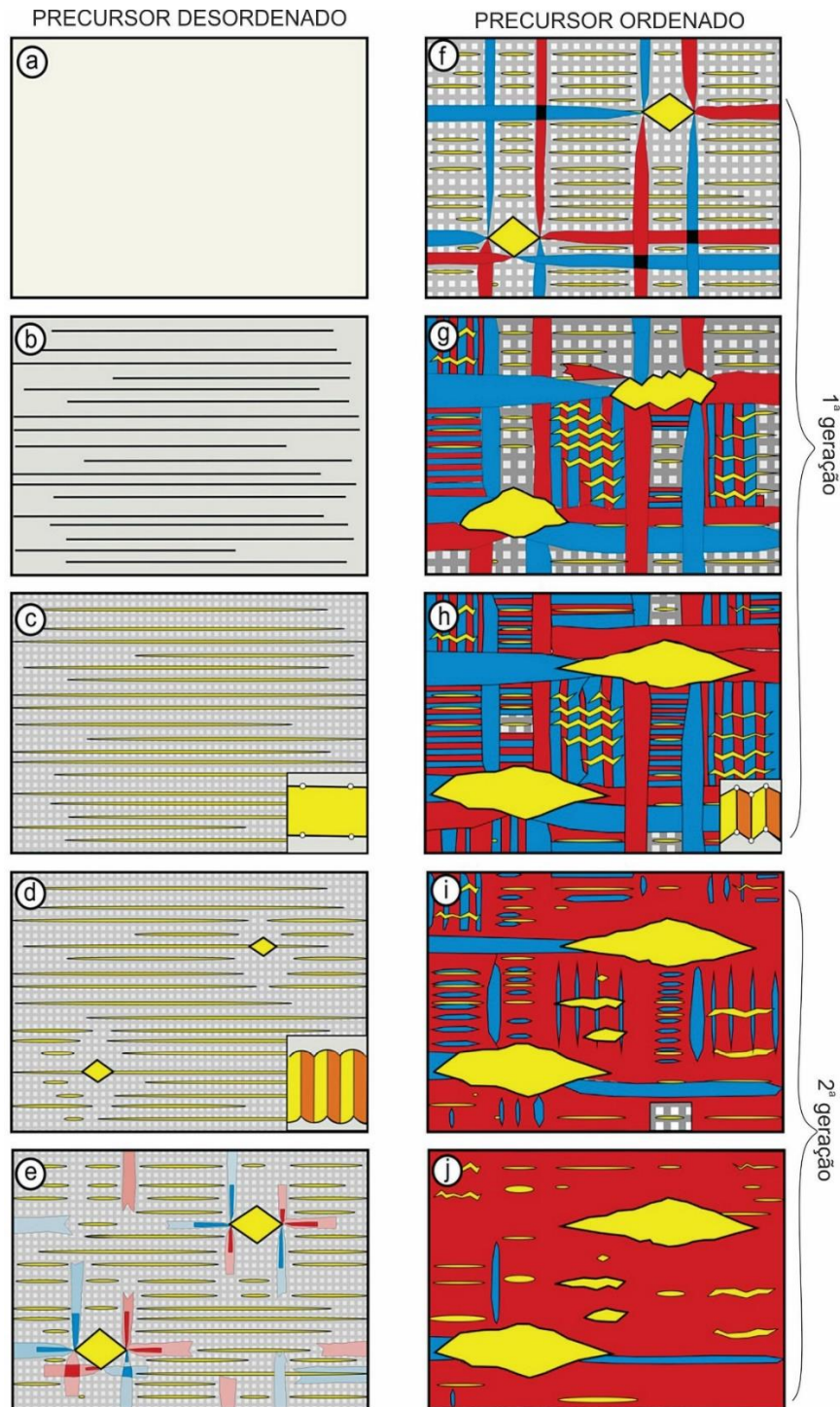


Fonte: Sánchez-Muñoz et al. (2012).

a) Microclina em posição paralela. “Or” é uma região de presença de ortoclásio e “T” se refere a uma área com turbidez. O círculo vermelho se refere a uma área com “ortoclásio anômalo”, já que a Lei da Albita nesta localização apresenta uma leve angulação. b) Mesmo caso da letra a), porém com a inserção da lâmina auxiliar que demonstra bem o desenvolvimento das orientações de geminação a partir da “albita diamante”. * marca a coalescência das duas unidades vermelhas de A. A amostra foi rotacionada 3° da posição paralela para um melhor contraste entre as cores.

A diversidade de relações entre as geminações de albita e periclina resultam em várias feições como *tartan*, *parquet*, *chessboard* e geminação cruzada. Estas feições em K-feldspatos peritéticos de pegmatitos graníticos são discriminadas em uma sequência evolucionária de transformação, que ocorrem neste tipo de feldspato (Sánchez-Muñoz et al., 2012). Duas sequências são descritas, em que a primeira foi construída com observações realizadas onde o precursor era desordenado (ortoclásio com padrão *tweed*), enquanto que a segunda foi feita após o estudo em amostras com precursores ordenados (microclina com geminação difusa em *tartan*) (Figura 5).

Figura 5 - Modelo esquemático para uma sequência evolucionária de transformação em K-feldspato perítico proveniente de pegmatitos graníticos.



Fonte: Sánchez-Muñoz et al. (2012).

*Duas sequências são descritas, onde de a) a e) consiste de um precursor desordenado e de f) a j) consiste de um precursor ordenado, em que, de f) a h) são geminações de primeira geração e i) e j) são geminações de segunda geração. a) Sanidina como o feldspato ancestral (quadrado cinza). b) Exsolução de Na, K gerando uma sanidina perítica (linhas pretas). c) Precursor desordenado após transformação de $C2/m$ para $C\bar{1}$ (ortoclásio com padrão *tweed* de geminação = engradado cinza) com exsolução de Na, K formando filmes (linhas amarelas e em detalhe). d) Geminações nos filmes de albita com limites ondulados (figura em detalhe) formadas pelo crescimento de albitas em diamante (losangos amarelos).

pelo espessamento “seco” dos filmes de albita. e) Crescimento da albita em diamante (losangos amarelos) no processo de estado sólido criando centros de stress que originam as unidades de microclina (linhas azuis e vermelhas). f) Precursor ordenado de microclina baixa com geminação cruzada difusa em *tartan* (engradado cinza), além de apresentarem unidades de geminação (Lei da Albita – vertical, Lei da Periclina – horizontal). g) Evolução da geminação em *tartan* para a geminação polissintética em *parquet* (linhas pseudoperiódicas azuis e vermelhas). h) Crescimento das geminações de albita e periclina e deformação dos filmes de albita que ficam em zigue-zague (figura em detalhe), e espessamento da albita em diamante para veios de albita (losangos amarelos deformados). i) e j) Formas heterogêneas são criadas devido a união de geminações de diferentes orientações, mas de mesmo sinal. Estas feições crescem alargadas nos espaços livres entre os veios de albita e um consequente espessamento desta feição levam a grandes volumes de mesma orientação.

1.4.2 Aspectos cristaloquímicos

A fórmula químico-estrutural ideal para os feldspatos, MT_4O_8 , é consequência da determinação de que todos os sítios atômicos estão totalmente ocupados, estando os feldspatos, em sua maioria, consistentes com esta formulação. Entretanto, os sítios *T* e *M* podem ser ocupados por alguns íons que apresentem conformidade com o modelo iônico de cada sítio. Neste sentido, o sítio *T* pode ser ocupado total ou parcialmente por B^{4+} , Ga^{3+} , Ge^{4+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} e P^{4+} , e o sítio *M* pode ser ocupado total ou parcialmente por Rb^{+} , NH_4^{+} , Fe^{2+} , Cs^{+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Eu^{2+} e La^{3+} (Smith e Brown, 1988). Tais elementos, exceto Al, Si, Na, K e Ca, são reconhecidos como elementos traços e detectados em sua maioria em concentrações de partes por milhão (ppm). A amazonita é reconhecida por ser rica em Ba, Be, Cs, Pb, Rb e Tl (Sokolov, 2006). Ressalta-se o chumbo como um elemento esperado na composição e que se relaciona com a coloração verde-azulada do feldspato amazonítico (Hofmeister e Rossman, 1985; Ostrooumov e Banerjee, 2005). Sua concentração varia de acordo com a localidade e pode ter valores baixos de 195 ppm como na amazonita azul de Saint-Ludger-de-Milot, Quebec a 1,9 % em peso de PbO na amazonita de Broken Hill, Austrália (Sokolov, 2006). A mesma autora relata valores exacerbados ~39 % em peso de PbO em feldspato resultante de uma deposição metassomática em fraturas do pegmatito amazonítico de West Keivy (Rússia). Neste caso, um possível feldspato com um constituinte terminal (*endmember*) em Pb pode ter sido encontrado, este corresponde a fórmula $Pb_{0,8}Al_{1,8}Si_{2,2}O_8$.

1.4.3 Aspectos espectroscópicos e a cor na amazonita

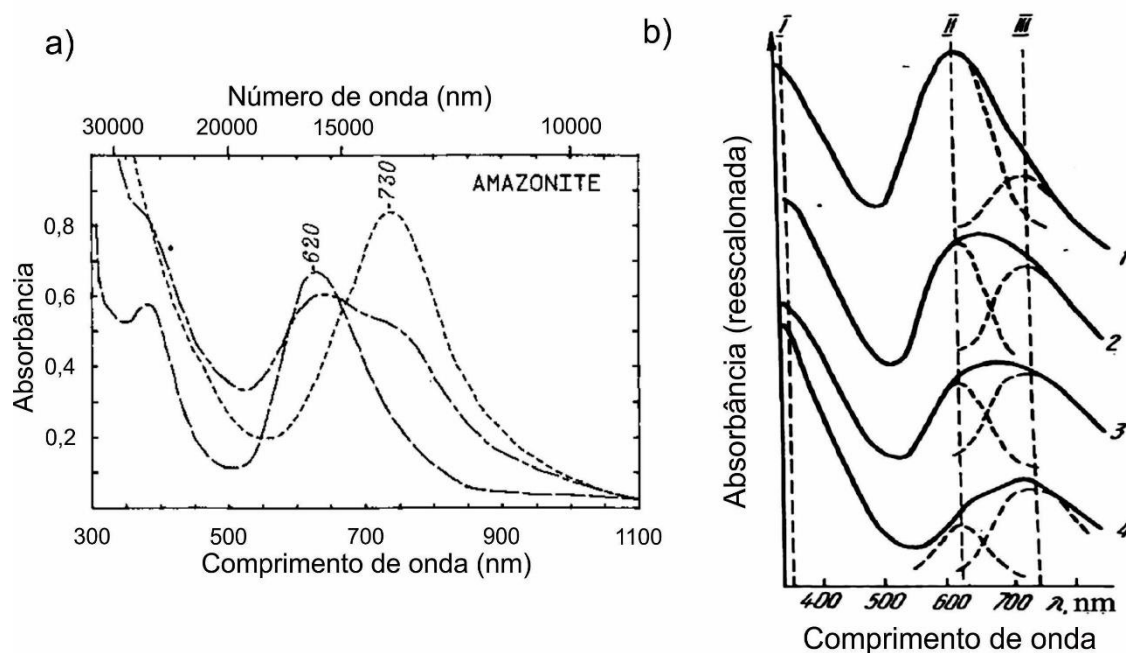
A cor em um mineral pode ser produzida por elementos traços formando centros de defeitos induzidos ou não pela radiação ionizante e/ou efeitos de interferência decorrentes da presença de microlamelas de exsolução (Hofmeister e Rossman, 1983). No caso da amazonita,

elementos traços dão a origem à coloração verde-azulada deste feldspato, e é através da espectroscopia de absorção e de reflectância do visível ao infravermelho que se pode observar a provável presença de tais elementos.

1.4.3.1 Espectroscopia de absorção no visível

A coloração da amazonita é discutida por diversos autores (Hofmeister e Rossman, 1985; Petrov et al., 1993; Ostrooumov, 2016). Hofmeister e Rossman (1985) estudaram amazonitas de várias localidades a partir de técnicas espectroscópicas, cinéticas e estruturais. Estes autores descrevem que a coloração da amazonita é intrínseca, e a espectroscopia de absorção mostra que a coloração é controlada pela absorção mínima no ultravioleta relacionada à transferência de carga entre oxigênio-metal, e, à absorção da *banda da amazonita* na faixa do vermelho no espectro visível. Para a amazonita azul (triclínica), a banda de absorção se dá em 620 nm, enquanto que para a amazonita verde (monoclínica), a absorção se dá em 730 nm (Figura 6a). A coloração verde-azulada ocorre quando há a presença de ambas bandas de absorção. Tais autores ainda relatam que a cor da amazonita está relacionada à ação da radiação gama, tendo em vista que quando aquecida, a amazonita perde sua coloração característica da qual pode ser reativada por irradiação com raios-X ou raios gama. Isto ocorre, caso o tratamento térmico não seja suficiente para retirar toda a água estrutural presente na amostra. Foi perceptível que, para amostras com redução de água estrutural por desidratação, a intensidade da coloração, a qual pode ser reativada por irradiação, dependeu linearmente da quantidade de água residual. Sendo assim, os centros de cores da amazonita são produzidos pela água estrutural e pelo chumbo na proporção de 1:1. Além disso, se faz necessária a proximidade entre ambos na estrutura, já que a dissociação da água por irradiação gama gera H^0 e $(OH)^0$, onde H^0 migra e eventualmente se recombina com o $(OH)^0$ apresentando um papel catalisador. Ainda, o $(OH)^0$ permanece estacionário, oxidando os átomos de Pb que estão próximos, formando os centros de cores, com o cromóforo sendo Pb^{1+} . A irradiação é proposta como advinda tanto do decaimento de elementos externos, como U ou Th, como pelo decaimento do ^{40}K presente no feldspato. Atualmente, esta é a teoria mais aceita pela literatura (e.g. Martin et al., 2008).

Figura 6 - Espectros de absorção no UV-VIS-NIR de amazonitas.

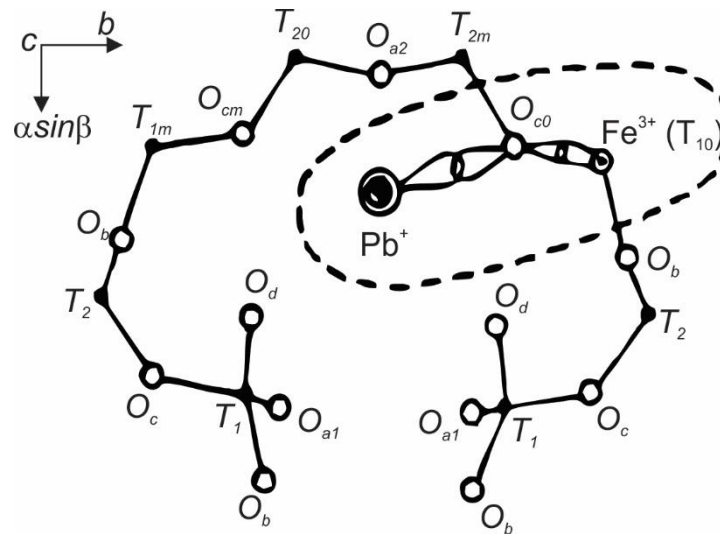


Fonte: a) Hofmeister e Rossman (1983). b) Ostrooumov (2016).

a) Espectro nomeado “620” corresponde a microclina gemológica de Lake George, Colorado com 700 ppm de Pb; espectro nomeado “730”, refere-se ao ortoclásio verde gemológico de Broken Hill, Austrália com 1800 ppm de Pb. O espectro não nomeado corresponde à microclina verde azulada túrbida de New York Mountains, Califórnia com 2000 ppm de Pb. Foram utilizadas amostras com espessuras de 0,5 μm e na orientação β . b) Espectros medidos pelo autor apresentam a linha sólida e o espectro deconvoluído apresentam a linha pontilhada. (1) amazonita azul; (2) e (3) amazonita verde-azulada; e (4) amazonita verde. (I) – banda I; (II) – banda II; (III) – banda III.

Entretanto, Ostrooumov (2016) discute que um modelo completo de centro de cor para a amazonita ainda não existe, já que são propostas diferentes alternativas para o centro de cor deste feldspato. Este autor fez um estudo espectroscópico detalhado da amazonita, e demonstrou a presença de três bandas de absorção principais (Figura 6b). A banda de absorção em 380 nm (banda I), a *banda da amazonita* em 620–650 nm (banda II) e a banda do ortoclásio em 720–740 nm (banda III). A banda I é descrita pela presença de óxidos e hidróxidos de Fe finamente dispersos na estrutura, por centro Al-buraco ($\text{Al-O}^- \text{-Al}$) e centros estruturais de $^{\text{IV}}\text{Fe}^{3+}$. A banda II é responsável pelo centro eletrônico Pb^+ ou possíveis complexos de troca conjunta, que resultam na absorção: $\text{Pb}^+ \text{-(O, OH)-Fe}^{3+}$ (Figura 7), está relacionada a amazonitas com alto ordenamento estrutural. A banda III é representada pela feição $\text{O}^- \text{-Pb}^+$, um centro buraco no oxigênio conectado com o centro eletrônico no íon de chumbo, relacionada com um baixo ordenamento estrutural.

Figura 7 – Poliedro de coordenação de troca conjunta de Pb^{2+} -O- Fe^{3+} em amazonita.



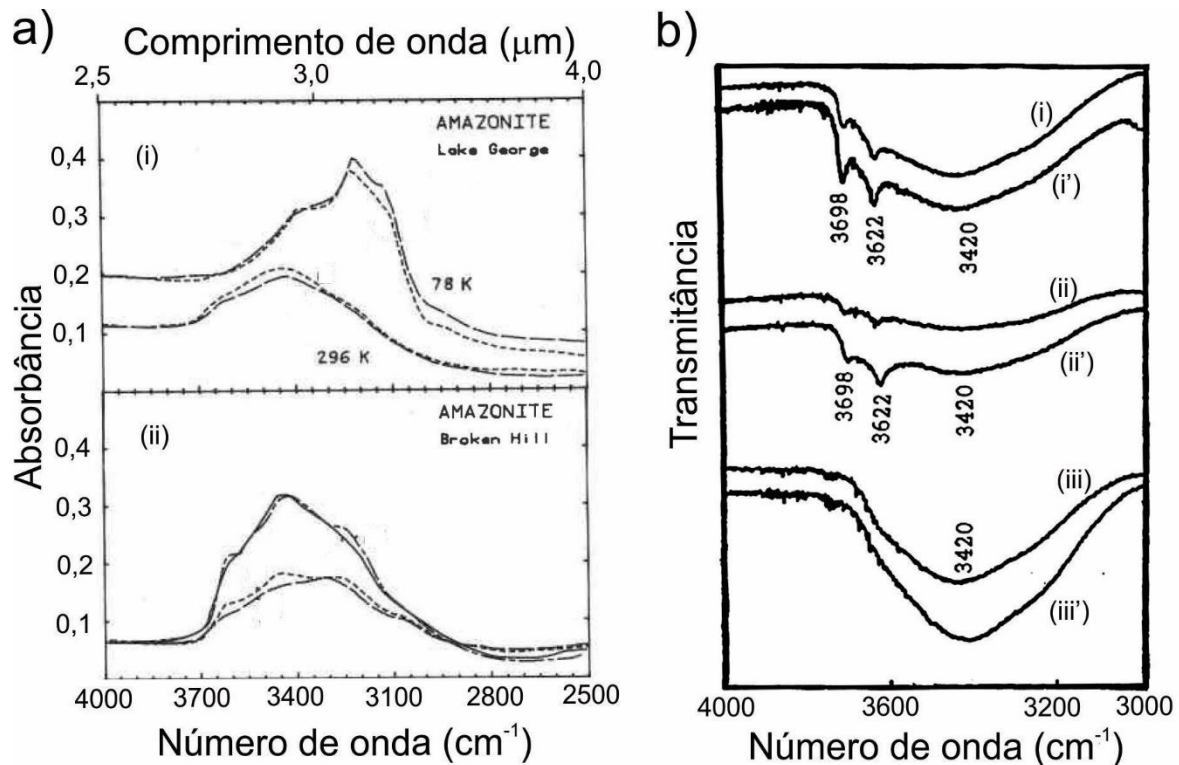
Fonte: Modificado de Ostrooumov (2016).

* T_1 , T_2 , T_{2m} , T_{20} , T_{1m} são os sítios tetraédricos, e O_{a1} , O_{a2} , O_b , O_c , O_{c0} e O_d correspondem aos oxigênios não equivalentes da estrutura.

1.4.3.2 Espectroscopia de absorção no infravermelho

A espectroscopia de absorção na faixa do infravermelho (IV) mede as vibrações moleculares dos grupamentos atômicos ou moleculares presentes na estrutura do mineral. Na amazonita, o estudo da espectroscopia IV também foi realizado por Hofmeister e Rossman (1985) e Ostrooumov (2016). Hofmeister e Rossman (1985) submeteram a amazonita a baixa temperatura de 78 K ($\sim 195^\circ\text{C}$), e observaram, para a amazonita de Lake George, a formação de gelo identificada pela banda à aproximadamente 3200 cm^{-1} devido a inclusões fluidas. Para a amazonita de Broken Hill, as bandas de absorção em 3630 , 3440 e 3240 cm^{-1} foram associadas à presença de água estrutural. À temperatura de 296 K ($\sim 23^\circ\text{C}$), a amazonita de Lake George apresentou uma larga banda de absorção em 3440 cm^{-1} , e a de Broken Hill bandas de absorção em 3630 , 3550 , 3440 e 3420 cm^{-1} devido a presença de água estrutural (Figura 8a). Ostrooumov (2016) comparou os espectros das amazonitas verde, verde-azulada e azul antes e após irradiação com raios-X (Figura 8b). A principal diferença observada entre os espectros é corresponde ao aumento das intensidades das bandas estreitas em 3698 e 3622 cm^{-1} . As amostras verde e verde azulada possuem bandas de absorção em 3698 , 3622 e 3420 cm^{-1} , enquanto que a amostra azul apresenta apenas a banda 3420 cm^{-1} . O autor relata que as bandas 3698 e 3622 cm^{-1} são causadas pela vibração de estiramento da hidroxila (estiramento-OH) e a absorção em 3420 cm^{-1} se dá pela presença da ligação de hidrogênio com a hidroxila (H-ligada OH).

Figura 8 - Espectroscopia de absorção do infravermelho de amazonitas.



Fonte: a) Modificado de Hofmeister e Rossman (1985). b) Modificado de Ostrooumov (2016). a) Espectro do infravermelho polarizado onde (i) representa a amazonita de Lake George, Colorado e (ii) representa a amazonita de Broken Hill, Austrália. Para cada figura, o par inferior foi analisado à temperatura ambiente de $\sim 23^{\circ}\text{C}$ e o par superior foi analisado com resfriamento do nitrogênio líquido (-191°C). b) Espectro de transmissão das amazonitas mostrando a diferença de vibrações do estiramento de OH antes (i, ii e iii) e depois (i', ii' e iii') da irradiação de raios-X. i e i' = amazonita verde; ii e ii' = amazonita verde-azulada; iii e iii' = amazonita azul.

1.4.3.3 Espectroscopia de reflectância do visível ao infravermelho de ondas curtas

Uma técnica espectroscópica, mais rápida e não destrutiva, vem sendo aplicada para interpretação de transições eletrônicas de íons e processos vibracionais, auxiliando nas espectroscopias citadas acima. Consequentemente, esta técnica permite um grande auxílio para determinação de bandas de absorção que são responsáveis pela coloração da amazonita e em demonstrar a presença de H_2O na estrutura deste feldspato. A espectroscopia de reflectância baseia-se na reflexão de materiais nas regiões do visível-infravermelho próximo (VNIR) e infravermelho de ondas curtas (SWIR), objetivando informações composicionais e químicas destes materiais (Clark, 1999). Sendo assim, a espectroscopia de reflectância detecta processos de transição eletrônica e transferência de carga associados a íons de metais de transição como Fe, Ti e Cr que se manifestam, principalmente, no VNIR, e processos vibracionais como vibrações em H_2O e OH^- apresentados no SWIR (Hunt, 1977).

Não existem muitos registros da espectroscopia de reflectância para a amazonita. Lira Santos et al. (2017 e as referências nele contido) demonstrou algumas absorções para a amazonita verde-azulada clara da Serra do Pinheiro, PE. Absorções em 377 e 636 nm demonstraram-se semelhantes às absorções da banda I e banda II de Ostrooumov (2016), respectivamente. Já as principais feições de absorção em 1415-1420 nm, 1925-1930 nm se relacionam com a hidroxila e a presença de água, respectivamente.

Um sumário das bandas de absorção descritas acima é descrito no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 – Principais bandas de absorções observadas em amazonitas.

Autores	Banda de absorção	Responsáveis
Hofmeister e Rossman (1985)	620 nm e 730 nm	$Pb^{+} + H^{0} + OH^{0} + \text{radiação}$
	3200, 3630, 3550, 3440 e 3420 cm^{-1}	H_2O
Ostrooumov (2016)	380 nm	Óxidos e hidróxidos de Fe finamente dispersos na estrutura, por centros de Al-buraco ($Al-O^{-}-Al$) e estruturais de $^{IV}Fe^{3+}$
	620 – 650 nm	Centro eletrônico Pb^{+} ou complexos de troca conjunta de $Pb^{+} - (O,OH) - Fe^{3+}$
	720 – 740 nm	Centro buraco $O^{-} - Pb$
	3698 e 3622 cm^{-1}	Vibração de estiramento da hidroxila (estiramento-OH)
	3420 cm^{-1}	Ligação de hidrogênio com a hidroxila (H-ligada OH)
Hunt (1977)	1415-1420 nm e 1925-1930 nm	H_2O

Fonte: A Autora (2019).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado consistiu no total de 22 amostras de amazonitas das quais 6 amostras (AM-01, AM-02, AM-03, AMZ-86, AMZ-87 e AMZ-88) foram selecionadas por estarem dispostas em um perfil transversal ao corpo pegmatítico, do contato superior com a rocha encaixante, ao inferior com a zona da albita, além de 16 amostras (AM-04, AM-05, AM-06, AM-07, AM-08, AM-09, AM-10, AM-11, AM-13, AM-14, AM-15, AM-16, AMZ-28D, AMZ-43 e AMZ-48) por apresentarem diferentes tonalidades de cores e faces que permitiram as análises espectroscópicas, microtexturais, estruturais e lapidação. Uma completa tabela das amostras com suas respectivas descrições, preparações e análises realizadas encontra-se compilada no Anexo A.

O estudo abrangeu a revisão bibliográfica sobre feldspatos potássicos com foco em amazonita. Os conteúdos estudados auxiliaram as etapas seguintes como: coletas das amostras para a realização de técnicas analíticas, espectroscópicas, microscópicas e gemológicas. Desta forma, a metodologia empregada foi subdividida em quatro grandes etapas: (i) atividades de campo; (ii) preparação de amostras; (iii) métodos analíticos e (iv) interpretação dos resultados.

2.1 ATIVIDADES DE CAMPO

Nos anos 2015 e 2016, foram realizados trabalhos de mapeamento geológico e iniciações científicas ligados ao Laboratório de Gemologia, que envolveram parte da coleta das amostras utilizadas nesta dissertação. Em 2018, foi realizada uma campanha de campo onde foram coletadas amostras da amazonita complementares para determinadas análises.

Em sua maioria, as amostras foram coletadas na cava principal da Mina Amazon, com as suas localizações em esboços de frentes de lavra. Em um perfil transversal ao pegmatito, foram coletadas amostras representativas e posicionadas de topo à base da zona da amazonita, acompanhando a direção de contato superior a inferior do corpo. Além disso, uma amostra de amazonita euédrica de uma sub-intrusão foi coletada para caracterização comparativa. Também foi realizada uma amostragem de amazonitas de diferentes cores, saturação e feições de intercrescimento para o estudo espectroscópico.

2.2 PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

A preparação de amostras deu-se de acordo com a finalidade das análises a serem desenvolvidas. Sendo assim, foram subdivididas em: (i) seções delgadas e polidas para análises microtexturais e química mineral; (ii) amostras lapidadas para estudos gemológicos; (iii) seções bipolidas para espectroscopias de absorção; (iv) amostras em pó para a espectrometria de fluorescência de raios-X, difração de raios-X e espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho e; (v) amostras brutas de amazonita para a espectroscopia de reflectância.

2.2.1 Seções delgadas e polidas para análises de microtexturas e química mineral pontual

Para as análises microtexturais em microscópio óptico com luz polarizada (MOLP) foram selecionadas 9 amostras, nas quais as faces (001) dos cristais de amazonita foram passíveis de identificação. A identificação da face (001) para a observação das propriedades microtexturais, foi determinada através do reconhecimento em cristais de amazonita por apresentarem clivagem perfeita. Para a química mineral pontual de *LA-ICP-MS* (*laser ablation induced coupled plasma mass spectrometry*) e microsonda eletrônica-EPMA (*electron probe microanalysis*), foram selecionadas 7 amostras com maior presença da amazonita, a fim de evitar áreas intercrescidas com albita.

A preparação foi realizada no Laboratório de Gemologia (LabGem) da Universidade Federal de Pernambuco. Esta consistiu em cortar as amostras de amazonita nas dimensões aproximadas de 35 x 20 mm na serra MultiMachine Lapidart, coladas com epóxi em vidros padronizados e, em seguida, cortadas em serra de precisão Labcut 1010 e desbastadas em politriz Aropol VV (Arotec), utilizando discos de abrasão nos grãos 50, 100, 200, 400, 800, 1.500 e 3.000. O polimento final foi dado utilizando-se solução de diamante em suspensão nas granulações 1 μm e 3 μm sobre pano de veludo flocado (FVL). Estas amostras foram lavadas em água corrente e em lavadora ultrassônica Unique modelo USC 750, utilizando solução de fluido de limpeza Detertec faixa neutra para remoção de resíduos. As amostras enviadas para *LA-ICP-MS* e *EPMA* resultaram em seções delgadas de 300 μm de espessura; já aquelas selecionadas para o estudo de microtextura ao MOLP resultaram em seções delgadas de 30 μm de espessura.

2.2.2 Amostras lapidadas para estudos gemológicos

Vinte e duas amostras de diferentes colorações, saturação e concentrações de intercrescimento foram selecionadas para a lapidações quadrada, retangular e *cabochon*. A lapidação foi realizada pela Lapidação Adelino e Sunaia localizada no centro de Recife, Pernambuco.

2.2.3 Seções bipolidas para espectroscopia de absorção

Quinze amostras de diferentes saturações e com menor ocorrência de intercrescimento de albita foram selecionadas para a análise de espectroscopias de absorção no VIS e IR. Foram confeccionadas seções bipolidas para este fim, onde pedaços das amazonitas foram inicialmente cortadas na serra MultiMachine Lapidart até atingirem um tamanho ideal de mais ou menos 2 x 2 cm. Para se obter o paralelismo das superfícies cortadas, as amostras foram desbastadas em politriz Aropol VV (Arotec), utilizando discos de abrasão na granulometria 100, 200, 400, 800 e 1.500 *mesh*. Em seguida, foram coladas em um suporte para o corte em serra de precisão Labcut 1010 até obter amostras com espessuras próximas a 2 mm. As superfícies planas obtidas foram polidas utilizando-se a politriz Aropol VV (Arotec). O polimento óptico foi realizado com desbaste em superfície de vidro com alumina 1000 *mesh*, 2000 *mesh* e o polimento final espelhar em feltro com alumina em suspensão (1 μ m de granulação), com controle de espessura próxima a 1 mm. A etapa final do polimento consistiu na lavagem das amostras em uma solução de água deionizada com detergente faixa neutra e, em seguida em acetona 99,5% na lavadora ultrassônica Unique modelo USC 750.

2.2.4 Amostras pulverizadas para espectrometria de fluorescência de raios-X, difração de raios-X e espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho

Para a realização de análises de espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX) foram utilizados fragmentos dos cristais das 11 amostras preteritamente selecionadas para as análises por espectroscopia no VIS e IV, além destas mais 4 amostras foram utilizadas para a realização de difração de raios-X (DRX) e espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho (IV-ATR). As amostras enviadas para FRX foram preparadas no Laboratório de Preparação de Amostras do Laboratório de Isótopos Estáveis do Núcleo de Estudos de Granitos (NEG-LABISE) na Universidade Federal de Pernambuco. Inicialmente, as amazonitas foram

reduzidas a tamanhos de 3 cm na britadeira, e, então pulverizadas em moinho de disco de carbeto de tungstênio até atingirem a granulometria de 400 *mesh*. As amostras para DRX e IV-ATR foram preparadas no LabGem-UFPE utilizando almofariz e pistão de ágata até uma granulometria de 200 *mesh*.

2.2.5 Amostras para espectroscopia de reflectância

As mesmas 15 amostras selecionadas para as espectroscopias de absorção no VIS e IV foram utilizadas em estado bruto para as análises de espectroscopia de reflexão. Estas apresentaram diferentes saturações e menor ocorrência de intercrescimento com albita.

2.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

Os métodos analíticos utilizados para a caracterização da amazonita abrangeram: estudos microtexturais utilizando o microscópio óptico de luz polarizada, estudos de química mineral por FRX, EPMA e LA-ICP-MS, estudos espectroscópicos de absorção no VIS e IV, e de reflectância, estudos estruturais por difração de raios-X e estudos gemológicos.

2.3.1 Microscópio óptico com luz polarizada

Nove amostras foram estudadas no LabGem-UFPE utilizando o microscópio petrográfico de luz polarizada Olympus modelo BX51 com câmera acoplada Olympus DP26 e capacidade de operar sob luz transmitida ou refletida, ocular com aumento de 10x e objetivas da série UPLFLN-P com aumentos de 2x, 4x, 10x, 20x, 40x e 100x. Também se fez necessário o uso da lâmina auxiliar $\lambda = 530$ nm (U-TP530) para melhor contraste de feições texturais.

2.3.2 Microsonda Eletrônica

A análise de elementos maiores e menores na amazonita por EPMA (*electron probe microanalysis*) foi realizada em 7 amostras no Laboratório de Microsonda Eletrônica (LASON) do Instituto de Geologia da Universidade de Brasília (IG-UnB). As seções delgadas de 300 μ m foram previamente metalizadas em câmara de vácuo com um revestimento de carbono, utilizando o sistema de revestimento a vácuo Edwards Auto 306. O equipamento utilizado consiste de um microsonda JEOL modelo JXA-8230, equipada com microscópio

eletrônico de varredura (*scanning electron microscope, SEM*), cinco espectrômetros de raios-X por dispersão de comprimento de onda (*wavelength dispersive x-ray spectrometer, WDS*) e um espectrômetro de raios-X por dispersão de energia (*energy dispersive X-ray spectrometer, EDS*). Foram empregados cristais analisadores TAP, LDE1, PETJ, LIF e LIFH. Foram utilizados vários padrões de calibração internos: albita (Na), microclina (K), wollastonita (Si e Ca), topázio (F), vanadinita (V, Cl e PbO), TiMnO_3 (Ti e Mn), andradita (Fe), forsterita (Mg), barita (Ba), pollucita (Cs), ZnS (ZnO), apatita (P_2O_5) CuFeS_2 (CuO), Cr_2O_3 , NiO, RbSi (Rb_2O) e baddeleyita (ZrO_2). Os parâmetros determinados foram: aceleração de 15 kV, corrente de 10 nA, 1 μm de diâmetro do feixe eletrônico e tempo de contagem no pico de 10 s. Imagens de microscopia óptica através de câmera CCD acoplada à microsonda e imagens de composição (COMPO) geradas por elétrons retroespalhados auxiliaram na escolha de pontos de análise a fim de evitar inclusões minerais.

2.3.3 Espectrometria LA-ICP-MS

As mesmas 7 amostras enviadas para EPMA, foram analisadas para LA-ICP-MS (*laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry*) no Serviço Geológico da Noruega, em Trondheim. Foi empregado um espectrômetro de massa de campo de setor de dupla focagem, modelo ELEMENT XR (*Thermo Scientific*) combinado com uma sonda laser NewWave UP193FX. O laser de 193 nm teve uma taxa de repetição de 20 Hz, tamanho de ponto de 75 μm e uma fluência de energia de 5,5 a 6,5 mJ/cm^2 na superfície da amostra. Uma ablação *raster* contínua (velocidade do laser de 15 $\mu\text{m}/\text{s}$) em uma área de aproximadamente $300 \times 150 \mu\text{m}$ foi aplicada aos cristais de amazonita. Uma câmera de vídeo CCD Hitachi, tipo KP-D20BU, conectada ao sistema laser, foi utilizada para observar o processo de ablação e evitar inclusões minerais e fluidas. Uma mistura dos gases He e Ar foi utilizada para transporte do material desagregado pelo laser para o ICP-MS. O isótopo ^{29}Si foi usado como padrão interno aplicando a concentração de Si obtida por microsonda eletrônica de cada amostra. Para amostras que ainda não possuíam dados de microsonda, foi utilizada a concentração estequiométrica de Si em $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{SiO}_6$. A calibração multi-padrão externa foi realizada utilizando os materiais de referência NIST SRM 610, 612, 614 e 1.830, vidro de SiO_2 amorfo BAM No. 1 do Instituto Federal de Pesquisa e Teste de Materiais na Alemanha, o monocristal de quartzo puro sintético Qz-Tu fornecido por Andreas Kronz da Geowissenschaftliches Zentrum Göttingen (GZG), na Alemanha. Os valores certificados, recomendados e propostos para esses materiais de referência foram retirados de Jochum et al. (2011) e dos certificados de análise, quando

disponível. Cada medida compreendeu 15 varreduras de cada isótopo. Um branco de argônio foi executado antes da medição de cada material de referência e amostra para determinar o sinal de *background*. Para evitar efeito de memória entre as amostras, o *background* foi subtraído da resposta instrumental do material/amostra de referência antes da normalização em relação ao padrão interno, para evitar os efeitos da deriva instrumental. Um modelo de regressão de mínimos quadrados ponderado, incluindo várias medidas dos seis materiais de referência, foi usado para definir a curva de calibração para cada elemento.

2.3.4 Espectrometria por FRX

As 11 amostras utilizadas para análises espectroscópicas foram enviadas para a realização de FRX no Laboratório de Isótopos Estáveis do Núcleo de Estudos de Granitos (NEG-LABISE) na Universidade Federal de Pernambuco. Inicialmente uma porção de cada amostra foi colocada em estufa para secar a 110 °C e então levada a uma mufla, a 1000 °C, por 2 horas, para determinação da perda ao fogo. Então, foram realizadas pérolas fundidas utilizando tetraborato de lítio ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) como fundente. As pérolas foram analisadas em espectrômetro de FRX Rigaku, modelo ZSX Primus II, equipado com tubo de Rh e 7 cristais analisadores, pelo método de curvas de calibração, que foram construídas com materiais de referências internacionais. Estas referências consistem de AC-E (granito), AL-I (albita), AN-G (anortisito), BE-N (balsato), DR-N (diorito), FK-N (K-feldspato), GA (granito), GH (granito), IF-G (formação ferífera), MA-N (granito), MICA-MG (flogopita), UB-N (serpentina), PM-S (microgabro) e WS-E (dolerita).

2.3.5 Espectroscopia de absorção VIS e IV e espectroscopia IV-ATR

Foram utilizadas as 11 amostras de seções bipolidas para a realização das análises de espectroscopia de absorção no VIS e IV. A espectroscopia de VIS foi realizada no Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes no Departamento de Engenharia Nuclear da UFPE (LMRI-UFPE), através de um espectrofotômetro PerkinElmer modelo Lambda 35 na faixa de 400 nm a 1.100 nm, operando com fenda de 4 nm, intervalo de dados de 1 nm e velocidade de escaneamento de 120 nm/min. A espectroscopia FTIR foi realizada no Laboratório de Tecnologia Mineral do Departamento de Engenharia de Minas da UFPE (LTM-UFPE), a partir de um espectrômetro FT-IR Bruker, modelo Vertex 70, operando numa faixa de 7.500 cm^{-1} a 1.500 cm^{-1} , com escaneamento de 128x e resolução de 4 cm^{-1} . Na espectroscopia de reflexão

total atenuada colocou-se uma quantidade suficiente de amostra sobre o cristal de seleneto de zinco (ZnSe), garantindo que o cristal estivesse completamente coberto pela amostra. O intervalo para obtenção dos espectros está na faixa do IV médio entre 7000-400 cm^{-1} . O ruído de fundo (*background*) foi tomado a cada nova leitura. Cada espectro corresponde a um sinal resultante de 64 varreduras, com uma resolução de 4 cm^{-1} . O tratamento dos espectros foram realizados no aplicativo Bruker Opus 7.2.139.1294.

2.3.6 Espectroscopia de reflectância

Foram utilizadas 11 amostras brutas para a análise de espectroscopia de reflectância no Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), São Paulo. Utilizou-se espectrorradiômetro FieldSpec4™ *Standard Resolution (Analytical Spectral Devices)*, o qual possui 2.151 canais e opera na faixa de 350-2.500 nm, do visível ao infravermelho de ondas curtas. A amostragem espectral é de 1,4 nm na faixa de 350-1.000 nm e de 1,1 nm na faixa de 1.001-2.500 nm. Foi utilizada uma sonda de contato portadora de lâmpada halógena, onde uma área de aproximadamente 2 cm de diâmetro foi caracterizada como sendo a área medida. A calibração foi realizada através de placa lambertiana *Spectralon®* (Malvern Panalytical, 2018). Cada amostra foi medida três vezes, e uma curva espectral média foi calculada.

2.3.7 Difração de raios-X

Para a difração de raios-X, foram utilizadas 11 amostras. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia Mineral do Departamento de Engenharia de Minas da UFPE. Utilizou-se um difratômetro Bruker do modelo D2-Phaser, com radiação monocromática de Cu ($K\alpha = 1.5406 \text{ \AA}$), operado a 30 kV com corrente de 10 mA, um tempo de contagem por passo de 1 segundo com um goniômetro de tempo de passo de 0.0202 °/s).

2.3.8 Medidas de índice de refração, birrefringência e densidade

Trinta e sete amostras de amazonita tiveram suas propriedades gemológicas identificadas através de observações a olho desarmado e procedimentos analíticos realizados no Laboratório de Gemologia (UFPE). A densidade relativa de 22 peças lapidadas de amazonita foi determinada através de balança analítica hidrostática, modelo Shimadzu AUY220 com

sensibilidade de 0,1 mg, empregando o método de Arquimedes (peso da amostra no ar/[peso da amostra no ar – peso da amostra na água]). Os índices de refração e birrefringência foram obtidos em 15 seções bipolidas da amazonita, utilizando fluido padrão de índice de refração $n = 1,79$ sobre um refratômetro Schneider RF2 com filtro polarizador de 589,3 nm.

2.4 TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Esta etapa consistiu no tratamento dos dados em que foram realizadas tabelas, gráficos, mapas e imagens que compõem esta dissertação. Os dados químicos e gráficos dos espectros de absorção no VIS e IR foram processados e estudados utilizando o Microsoft Excel e *Grapher 12*. Os espectros de reflectância foram tratados no *Envi 4.5*, onde das três medidas realizadas foi retirada a média para a interpretação, além de aplicar a técnica da remoção do contínuo (*Hull Quotient*) a fim de normalizar as curvas de reflectância e melhor identificar as bandas de absorção (Clark e Roush, 1984). A interpretação dos difratogramas de raios-X foi realizada no programa disponibilizado pela BRUKER, o *DIFFRAC.SUITE EVA* e pelo programa *X'Pert Highscore Plus 3.0*. Os mapas geológicos foram confeccionados no *ArcMap 10.5* e tratado no *CorelDraw X8*.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO

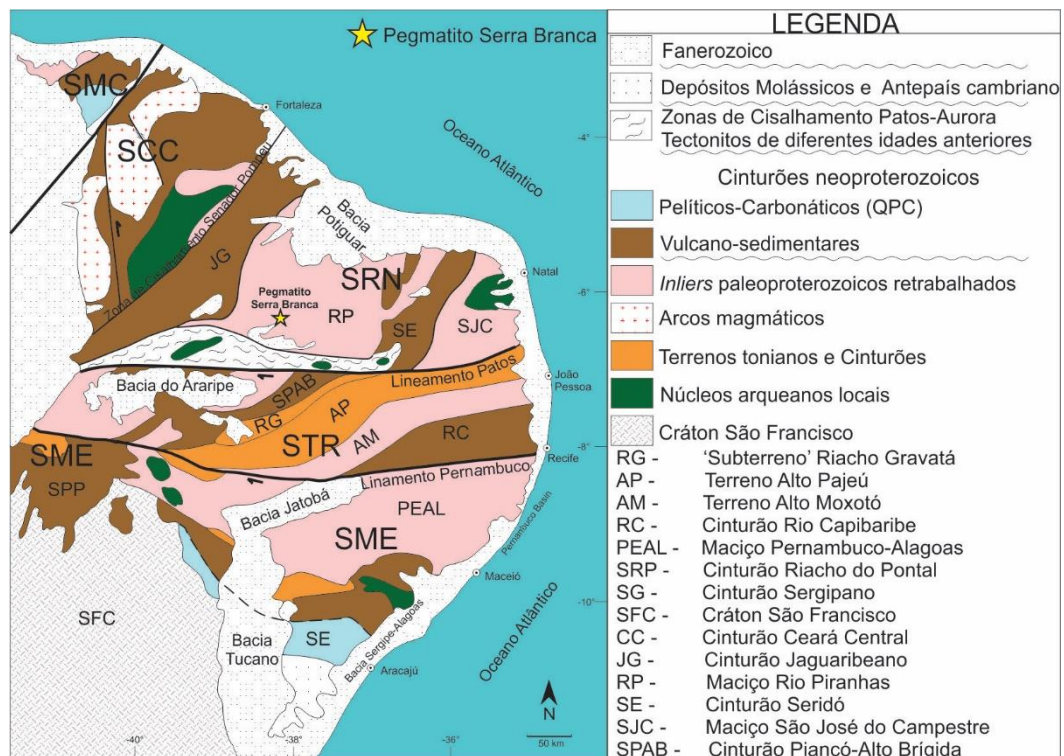
A amazonita estudada ocorre no Pegmatito Serra Branca que está inserido no Distrito Pegmatítico Vieirópolis (PB)-Tenente Ananias (RN)-Malta (PB) (Barreto et al., 2016) próximo à Zona de Cisalhamento Vieirópolis (Araújo Neto et al., 2018), no Terreno Rio Piranhas-Seridó, dentro do contexto da Subprovíncia Rio Grande do Norte da Província Borborema (Almeida et al., 1981; Brito Neves et al., 2000; Medeiros et al., 2008).

3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL

Localizada na porção nordeste da plataforma Pré-cambriana da América do Sul, a Província Borborema (PB, Almeida et al., 1981) limita-se, a sul, pelo Cráton São Francisco, à oeste, pela Bacia do Paranaíba e ao norte e leste por bacias marginais. Esta província consiste de um produto de colagem neoproterozoica de terrenos que sofreram intensas deformações, migmatizações paleoproterozoicas frequentes, magmatismos graníticos da orogênese Brasiliana-Pan-Africana, além de localmente incluírem fragmentos arqueanos (Brito Neves et al., 2000; Fetter et al., 2000; Dantas et al., 2013; Santos et al., 2014). Ela se subdivide em 5 subprovíncias geotectônicas: Médio Coreaú, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Transversal e Meridional, cortadas por uma complexa rede de extensas zonas de cisalhamento (Brito Neves et al., 2000; Van Schmus et al., 2008, 2011; Santos et al., 2014) (Figura 9).

A Subprovíncia Rio Grande do Norte, localizado a norte da Zona de Cisalhamento Patos e a oeste pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, consiste de um embasamento cristalino de cinturões móveis ou sequências supracrustais caracterizados por gnaisses bandados e ortognaisses de composição granítica a tonalítica com possíveis porções migmatizadas, e cinturões de rochas metassedimentares (Sá et al., 2014). Esta subprovíncia subdivide-se em três terrenos/domínios nomeados São José do Campestre, Rio Piranhas-Seridó e Jaguaribeano (Brito Neves et al., 2000; Angelim et al., 2006; Medeiros et al., 2008). Neste contexto, o Pegmatito Serra Branca encontra-se inserido no Terreno Rio Piranhas-Seridó (Figura 10).

Figura 9 - Compartimentação tectônica da Província Borborema.



Fonte: Modificado de Brito Neves et al. (2014).

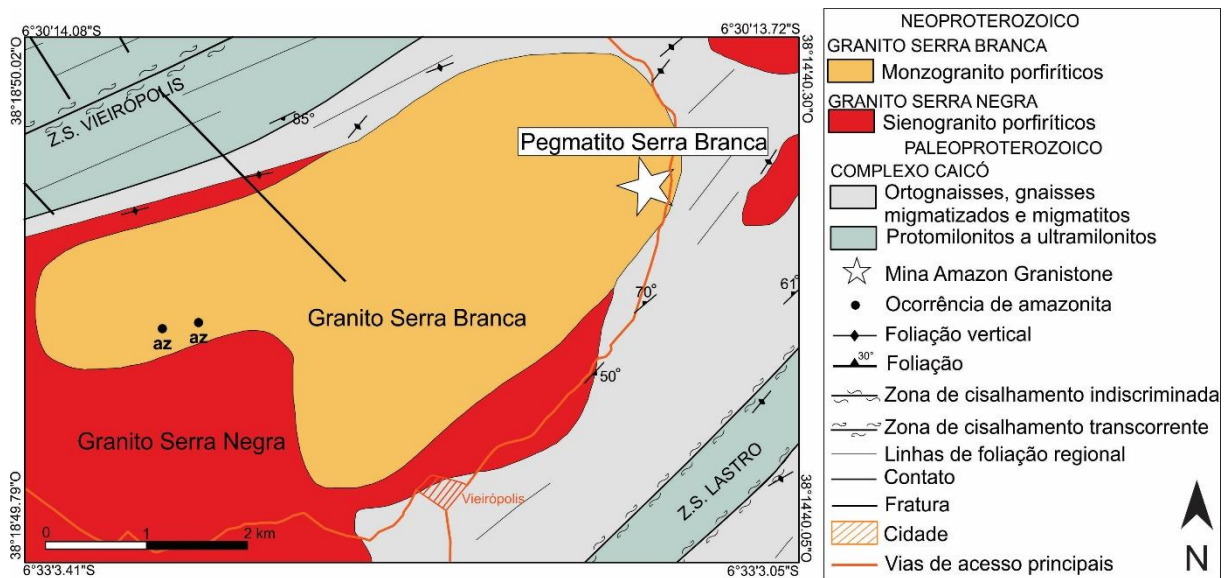
SMC: Subprovinça Médio Coreaú; SCC: Subprovinça Ceará Central; STR: Subprovinça Transversal; SME: Subprovinça Meridional.

Este terreno é formado por embasamento composto de unidades metavulcanosedimentares e metaplutônicas do Complexo Caicó, rochas metavulcanosedimentares da Faixa Seridó e volumoso magmatismo neoproterozoico. No Complexo Caicó, a unidade metavulcanosedimentar é formada por anfíbolitos, quartzitos milonitizados, ortomilonitos, xistos e paragnaisses enquanto que a unidade metaplutônica apresenta metagranitos, ortognaisses bandados, migmatitos e ortognaisses migmatizados além de proto- a ultramilonitos (Jardim de Sá, 1994; Medeiros et al., 2008; Araújo Neto et al., 2018). Intrudindo os ortognaisses do Complexo Caicó, está o Granito Serra Branca, de composição monzogranítica a quartzó monzonítica que contém quartzo, feldspato potássico, plagioclásio como composição principal, e aegirina-augita, biotita, epidoto e titanita como minerais acessórios. O Granito Serra Negra também intrude o Complexo Caicó e tem composições sienograníticas a monzogranítica leucocráticas, compostas por fenocristais de feldspato potássico e uma matriz inequigranular constituída de microclina, plagioclásio, quartzo, hornblenda, biotita e titanita (Araújo Neto et al., 2018).

A Faixa Seridó compreende uma sequência metavulcanosedimentar, limitada de sul a oeste pelas zonas de cisalhamento transcorrentes Patos e Portalegre, respectivamente. Sua

estratigrafia formal engloba as sequências pertencentes ao Grupo Seridó que compreende os paragneisses, mármores, quartzitos, micaxistos e rochas calciossilicáticas das Formações Jucurutu (base), Equador (centro) e Seridó (topo), possivelmente, depositadas em ambiente de antepaís associado à margem convergente (Jardim de Sá, 1994; Jardim de Sá e Salim, 1980).

Figura 10 - Contexto geológico local que se encontra inserido o Pegmatito Serra Branca.



Fonte: Modificado de Araújo Neto et al. (2018).

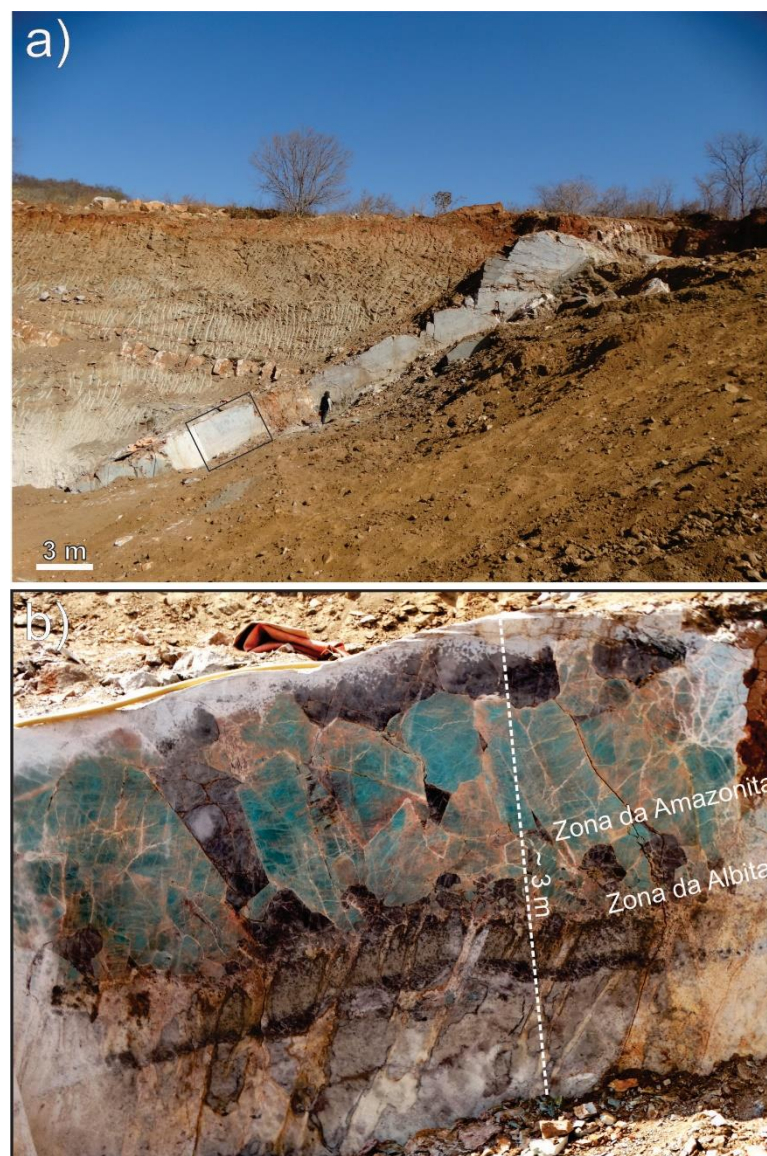
3.2 PEGMATITO SERRA BRANCA

O Pegmatito Serra Branca consiste de um pegmatito do tipo NYF composto por dois corpos similares, onde o principal tem forma tabular de 3 m de espessura e cerca de 800 m de extensão, e encontra-se com direção NE-SW e caimento de 45°NW (Figura 11a). Este pegmatito apresenta duas zonas principais: a zona da amazonita e a zona da albita (Figura 11b). Estas zonas têm uma relação relativamente complexa entre si. A zona da amazonita se concentra principalmente na parte superior do pegmatito e é composta de megacristais subédricos a euédricos de amazonita com comprimento de até 2 m que totalizam cerca de 70% do volume do corpo pegmatítico. Os megacristais encontram-se, por vezes, geminados, intercrescidos graficamente com quartzo e possui grande intensidade de fraturas preenchidas por albita sacaroidal originária da zona da albita. Observa-se também a ocorrência de quartzo enfumaçado maciço, biotita, helvina, porções de sulfeto maciço composto principalmente por galena, ilmenita com auréolas de alteração avermelhada, e algumas cavidades por vezes preenchidas por fluorita, muscovita e fenaquita. O segundo corpo, a SW do corpo principal, apresenta as mesmas feições descritas acima, porém a presença de quartzo se dá em grande quantidade.

Neste corpo ocorre uma sub-intrusão que consiste de grandes cristais euédricos de amazonita e quartzo englobados por clevelandita.

A zona da albita, concentrada principalmente na parte inferior do pegmatito, compõe-se essencialmente de albita que é esbranquiçada e sacaroidal, e de quartzo enfumaçado, além de biotita. Esta zona também pode ser encontrada intercalando-se com a zona da amazonita quebrando e fraturando seus cristais ou podem substituir totalmente os cristais deixando feições escurecidas e com formatos de chamas ou de como estes cristais costumavam se apresentar.

Figura 11 –Pegmatito Serra Branca.



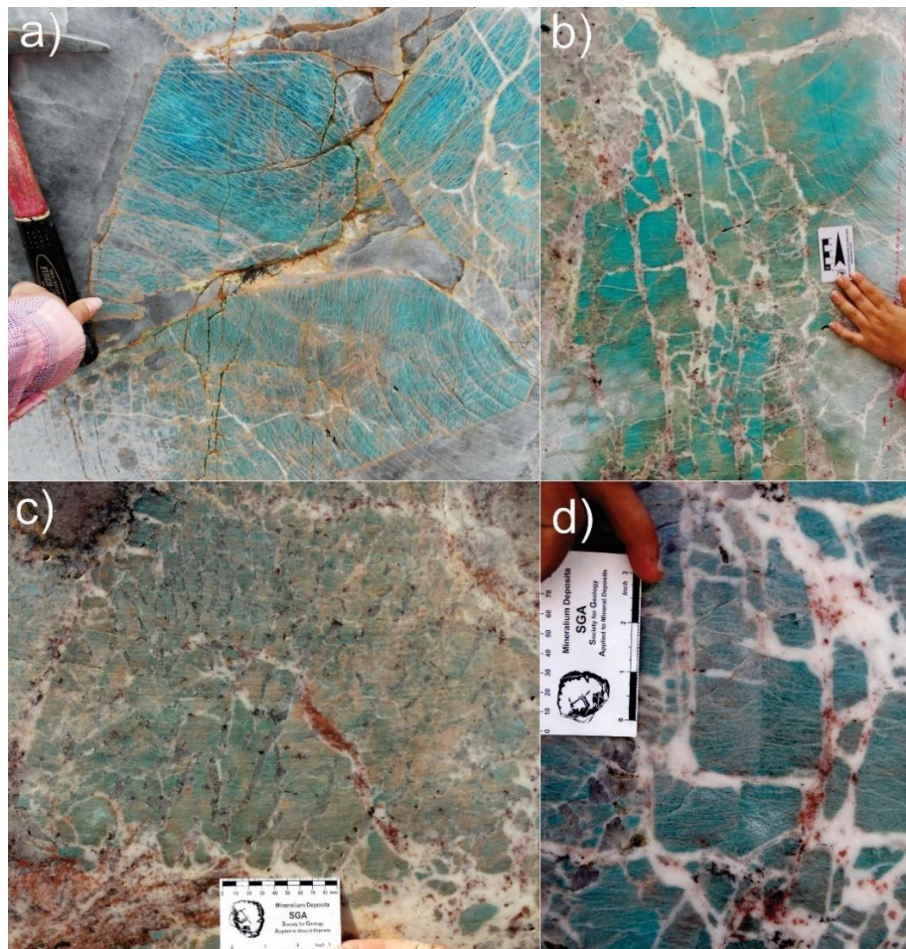
Fonte: A Autora (2019).

- a) Corpo do pegmatítico Serra Branca tabular com cerca de 800 m de comprimento e 3 m de espessura.
b) Detalhe do corpo pegmatítico com enfoque para a disposição da zona da amazonita e da zona da albita com feições de substituição total da amazonita.

4 AMAZONITA DO PEGMATITO SERRA BRANCA

A amazonita do pegmatito Serra Branca ocorre como megacristais de até 2 m de comprimento num hábito prismático sub-eudral (Figura 12a), apresentando-se, em sua maioria, fraturada e com suas fraturas preenchidas por albита branca e quartzo sacaroidais (Figura 12b). Por vezes, a amazonita exibe intercrescimento gráfico com quartzo (Figura 12c) e grandes geminações observadas principalmente pela mudança de cor entre as metades do cristal (Figura 12d), e sempre mostram intercrescimento com albита. A coloração deste feldspato é principalmente verde-azulada intensa com variações de saturação chegando a cristais de coloração verde azulada mais clara.

Figura 12 - Amazonita do Pegmatito Serra Branca.



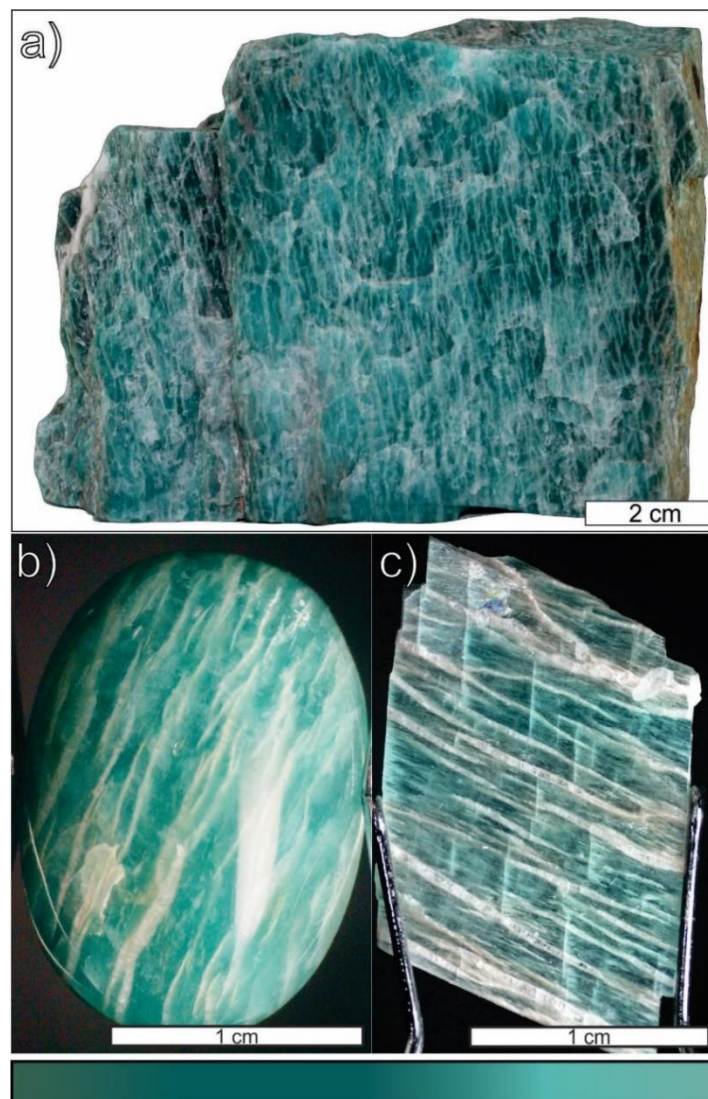
Fonte: A Autora (2019).

a) Grandes cristais subédricos de amazonita com coloração verde azulada intensa associadas a grandes cristais de quartzo enfumado. B) Amazonita fraturada com fraturas preenchidas por albита e quartzo sacaroidais. C) Amazonita apresentando intercrescimento gráfico com quartzo. D) Amazonita apresentando grandes cristais geminados com interstícios preenchidos por albита e quartzo sacaroidais.

4.1 PROPRIEDADES FÍSICAS E GEMOLÓGICAS

A amazonita ocorre como cristais prismáticos subédricos apresentando clivagem perfeita segundo (001) e boa clivagem segundo (010). Apresenta uma cor verde azulada com saturação de intensa a baixa (Figura 13a). Em geral, são cristais opacos a translúcidos, o que não permitiu a visualização dos índices de refração para as peças lapidadas (Figura 13b). Contudo, quando em seções bipolidas, de aproximadamente 1mm de espessura, apresentam-se transparentes (Figura 13c), sendo assim utilizadas para o estudo de índices de refração.

Figura 13 – Amazonitas do Pegmatito Serra Branca utilizadas para propriedades físicas e gemológicas.



Fonte: A Autora (2019).

a) Fragmento de amazonita de ~12 cm de largura, em que a face observada corresponde à face (001). b) Amostra lapidada em cabochão de amazonita de aproximadamente 3 cm. c) Seção bipolida de amazonita utilizada para identificação de índices de refração de espessuras ~1 mm. Abaixo das imagens há uma escala de cor nas saturações que a amazonita se apresenta.

Os índices de refração foram medidos em 15 seções bipolidas apresentando pela estatística, três índices principais: $n_\alpha = 1.521$, $n_\beta = 1.525$ e $n_\gamma = 1.529$. A partir da Tabela 1 observa-se que os índices n_α variam de 1.52 a 1.521, o n_β foi de 1.521 a 1.526 e o n_γ de 1.525 a 1.529. Das peças lapidadas, foi possível obter a densidade relativa de 2,55 g/cm³. A amazonita do pegmatito Serra Branca apresenta um pleocroísmo fraco e com birrefringência entre 0.007-0.008.

Tabela 1 - Índices de refração das seções polidas da amazonita do pegmatito Serra Branca

Amostra	n_α	n_β	n_γ
AM-01	1.521	1.524	1.529
AM-02.1	1.520	1.525	1.528
AM-02.2	1.521	1.525	1.529
AM-03.1	1.521	1.524	1.529
AM-03.2	1.521	1.524	1.528
AM-04	1.520	1.525	1.528
AM-05.1	1.521	1.524	1.529
AM-05.2	1.521	1.525	1.529
AM-06.1	1.521	1.522	1.525
AM-06.2	1.520	1.521	1.525
AM-07.2	1.520	1.521	1.525
AM-08.1	1.521	1.522	1.525
AM-08.2	1.521	1.526	1.529
AM-09	1.521	1.525	1.529
AM-10	1.521	1.525	1.527

Fonte: A Autora (2019).

*Índices de refração obtidos a partir de um refratômetro com comprimento de onda de 589,3 nm.

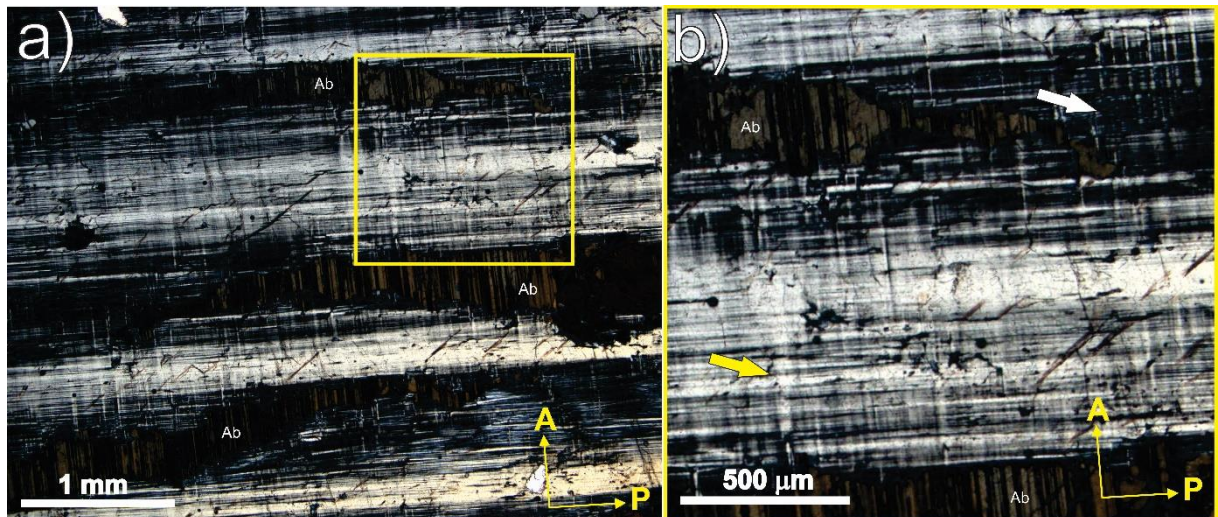
4.2 MICROSCOPIA ÓPTICA COM LUZ POLARIZADA

A partir da microscopia óptica com luz polarizada, utilizando as seções petrográficas da amazonita segundo o plano (001), é possível a identificação da evolução da microclina em termos dos padrões da Lei da Albita e Lei da Periclina baseado em Sánchez-Muñoz et al. (2012). Microtexturas relacionadas aos intercrescimentos de albita são classificadas de acordo com Andersen (1928) e as descrições das feições seguiram Smith e Brown (1984).

4.2.1 Padrões de geminação

Seguindo o esquema proposto por Sánchez-Muñoz et al. (2012) para a evolução dos padrões de geminação, a amazonita do Pegmatito Serra Branca apresenta padrões semelhantes ao esquema que possui um precursor ordenado (Figura 5f a 5j). O mesmo autor retrata que microclinas períticas de pegmatitos são, em sua maioria, organizadas em macrogemações e microgemações, onde as macrogemações se desenvolvem próximas aos veios de albita, enquanto que as microgemações ocorrem em regiões entre estes veios. Esta feição pode ser observada para a amazonita do Pegmatito Serra Branca como demonstrada na Figura 14.

Figura 14 - Microfotografia da amazonita do Pegmatito Serra Branca demonstrando micro- e macrogemações.



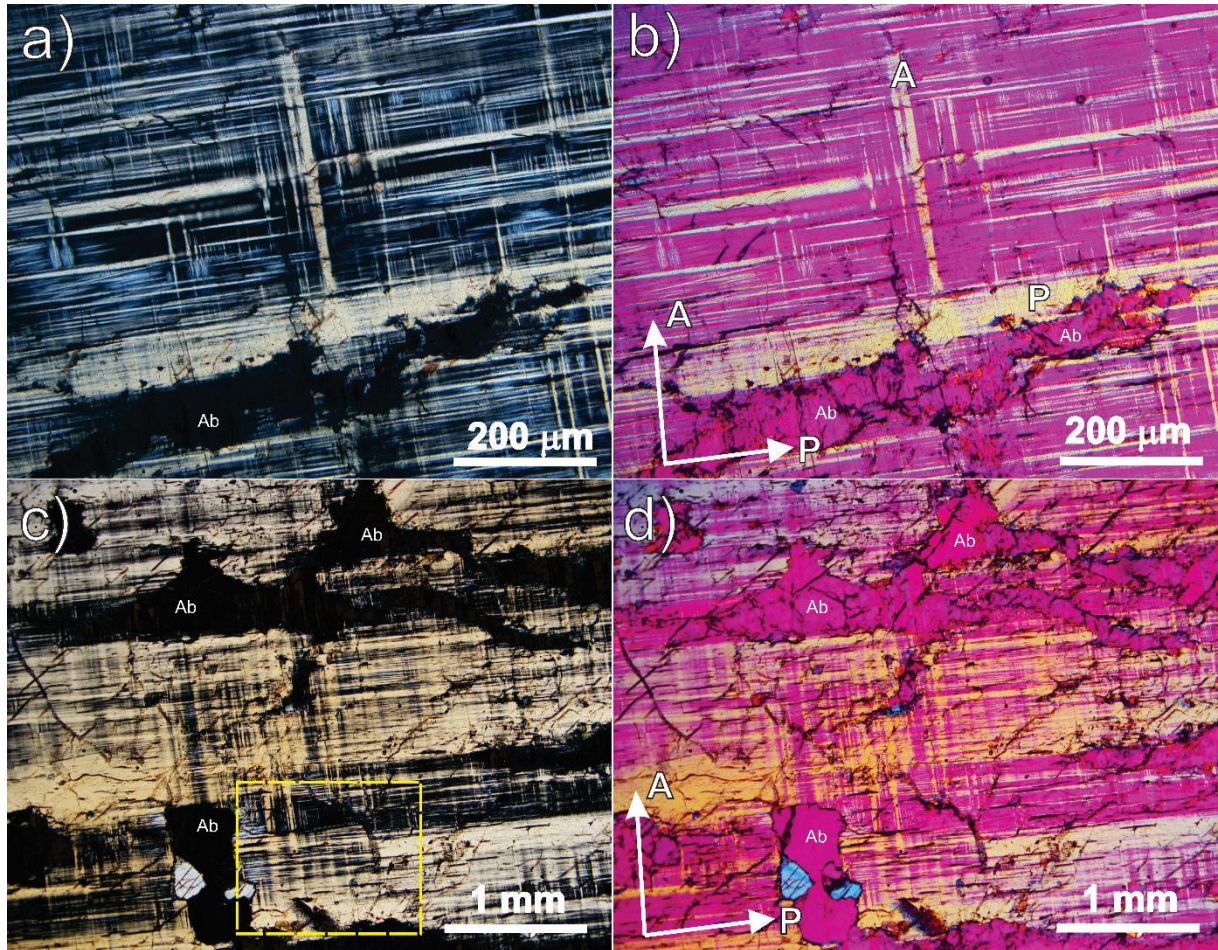
Fonte: A Autora (2019).

*A // a face (010) e P // a face (100). a) Feição geral da amazonita da amostra AM-01 demonstrando micro- e macrogemações. Quadrado amarelo retrata a imagem de detalhe. b) Detalhe das gemações, onde a seta branca aponta para as microgemações próximas ao intercrescimento de albita (faixas finas cruzadas) e a seta amarela aponta para as macrogemações (cruzamento de faixas brancas) distante destes intercrescimentos. Veios de albita apresentam-se com colorações escuras com porções amarelas (Ab).

Em um perfil transversal realizado no pegmatito onde as amostras AM-01, AM-02 e AM-03 estão no topo, centro e base da zona da zona da amazonita, respectivamente, pode-se observar uma relação entre o posicionamento das amostras no perfil com os padrões de geminação. A amazonita AM-01 mostra algumas porções de padrões de geminação cruzada (Figura 15a e 15b). A feição mais abundante consiste do grande desenvolvimento da coalescência dos padrões de geminação das leis da Periclina e Albite. Também se observa

gemações da Lei da Albite mais espessas (Figura 15c e 15d). Pequenas regiões com gemação do tipo *chessboard* também ocorrem.

Figura 15 - Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-01 na seção (001) demonstrando feições do gemação cruzada e de espessamento.

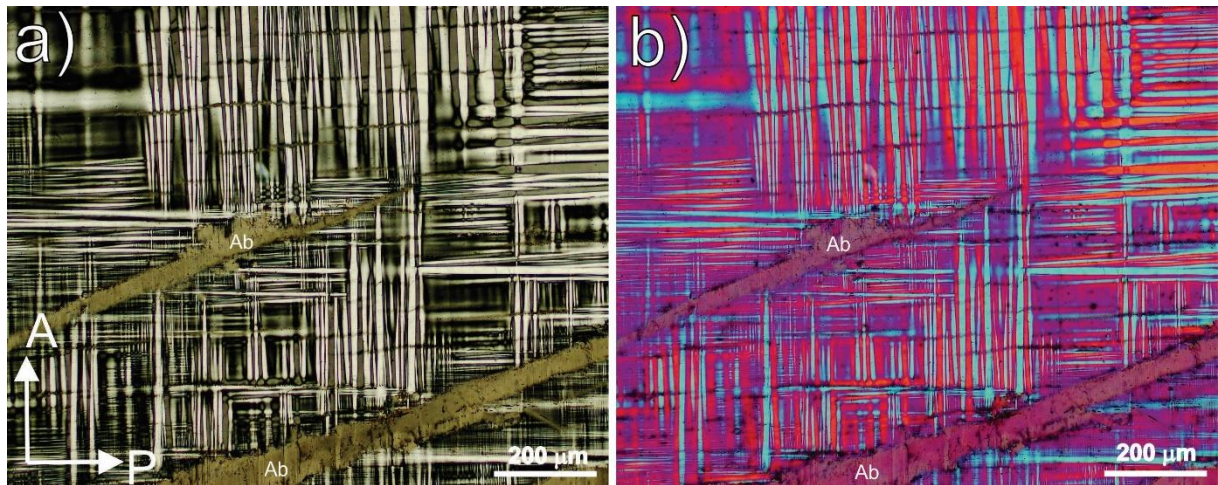


Fonte: A Autora (2019).

*A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando feições de gemação cruzada com desenvolvimento das leis da Albite e Periclina. Veios de albite extintos (Ab). b) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de a), apresentando feições de gemação cruzada com desenvolvimento das leis da Albite e Periclina. Veios de albite em rosa intenso com relevo alto (Ab). c) Coalescência das gemações das leis da Periclina e da Albite bem desenvolvidas e com certo desenvolvimento da Lei da Albite. Quadro amarelo em detalhe para as gemações em *chessboard*. Veios e cristais de albite extintos (Ab). d) Coalescência das gemações da lei Periclina e Albite bem desenvolvidas e certo desenvolvimento da Lei da Albite a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de c). Veios e cristais de albite em rosa intenso com relevo alto (Ab).

A amazonita AM-02 apresenta padrões de gemação *tartan* com janelas de ortoclásio (Figura 16a e 16b). As bandas de gemação da Lei da Albite (A) estão bem desenvolvidas e, em sua maioria são regulares, apresentando espessuras relativamente finas.

Figura 16 - Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-02 na seção (001) com textura *tartan*.

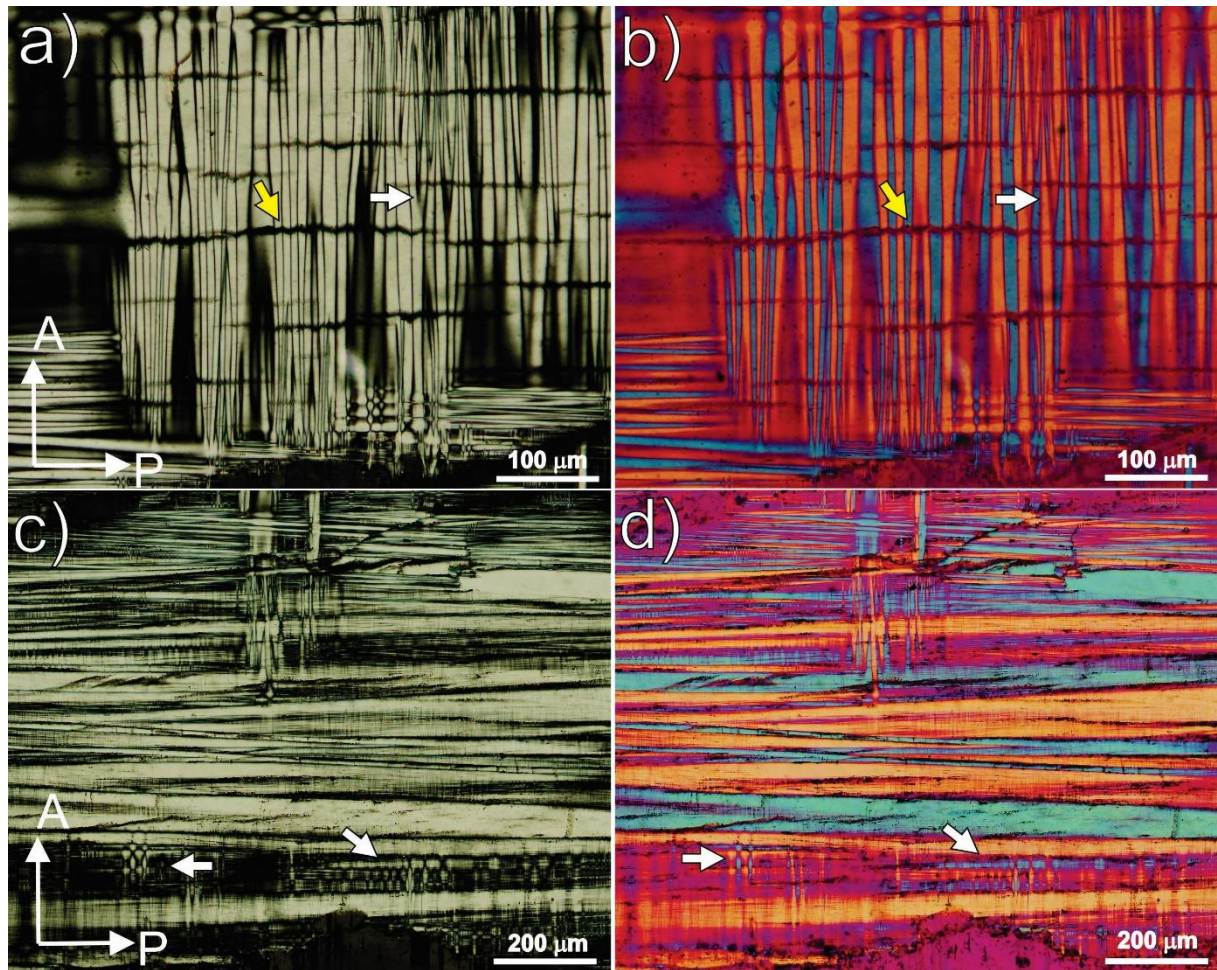


Fonte: A Autora (2019).

*A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando textura *tartan* com janelas de ortoclásio e padrões de geminação de Lei da Albite com espessuras semelhantes. Veios de albite com coloração amarelada (Ab). b) Microclina a polarizadores cruzados e com lâmina auxiliar λ , mesma região de a) demonstrando unidades de A+ e P+ (azul) e A- e P- (rosa). Veios de albite com coloração rósea (Ab).

Na amostra AM-02, ainda se pode observar o espessamento da geminação, onde há um arranjo em zigue-zague de filmes de albite que coincidem com os padrões de geminação da Lei da Albite; alguns destes padrões apresentam-se com geminações mais finas de sinal contrário com “pontas de agulhas” (Figura 17a e 17b). Observa-se, também, que macrogeminações da Lei Periclina que se sobrepõem às microgeminações da Lei da Albite, desenvolvendo grandes geminações orientadas segundo o crescimento de padrões de geminações de Periclina, além de áreas com presença de geminação do tipo *chessboard* (Figura 17c e 17d).

Figura 17 – Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-02 na seção (001) demonstrando feições de espessamento das geminações.

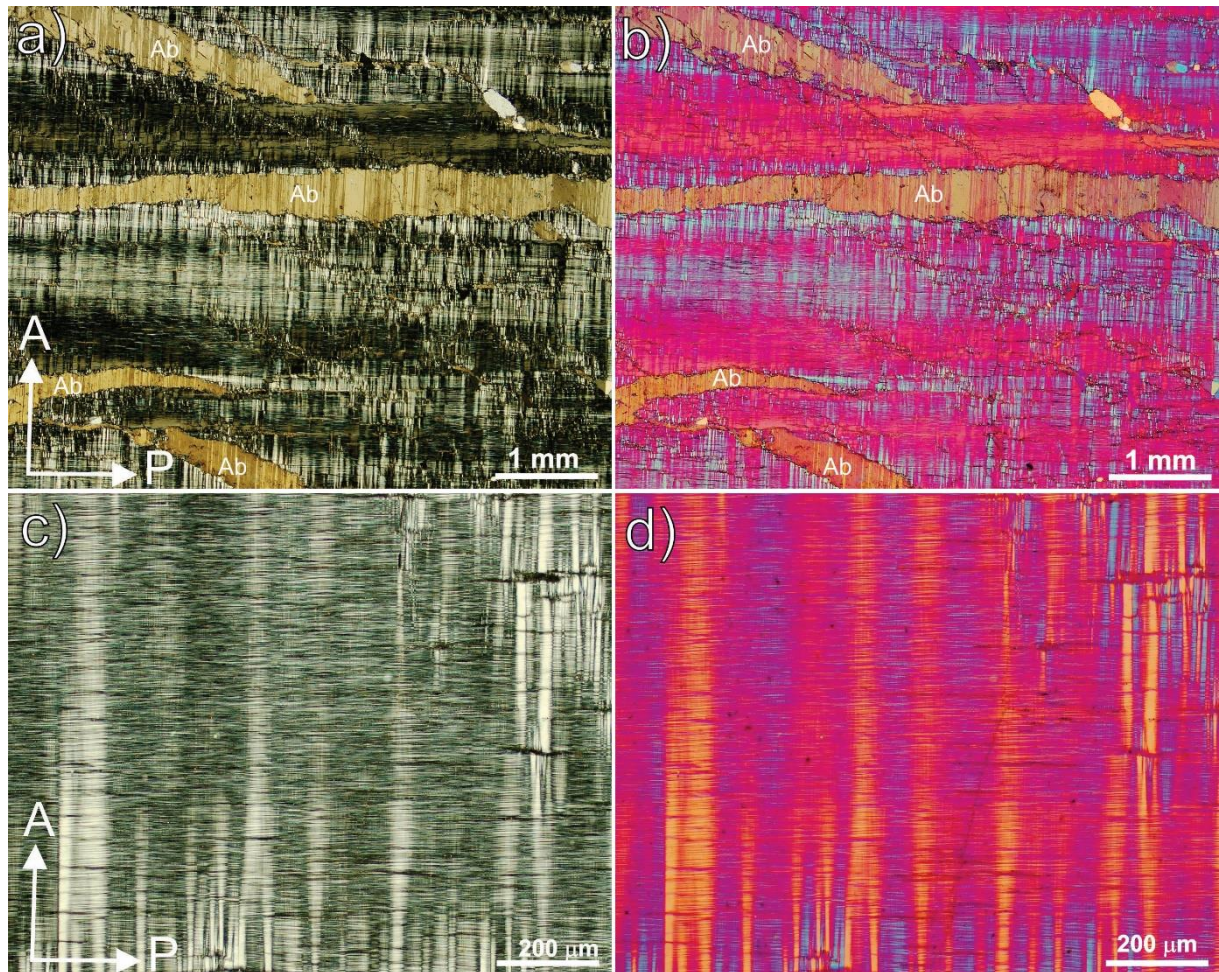


Fonte: A Autora (2019).

* A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando feições de zigue-zague de filmes de albita (seta amarela) e geminações de albitas finas com “pontas de agulha” (seta branca) dentro de geminações mais grossas de albita. b) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de a) apresentando feições de zigue-zague de veios de albita (seta amarela) e geminações de albitas finas com “pontas de agulha” (seta branca) dentro de geminações mais grossas de albita. c) Espessamento das geminações de microclina com polarizadores cruzados apresentando coalescência de geminações de mesma orientação. Também são observadas na parte inferior, geminações do tipo *chessboard* (setas brancas). d) Espessamento das geminações de microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de c), apresentando coalescência de geminações de mesma orientação. Também são observadas na parte inferior, geminações do tipo *chessboard* (setas brancas).

A amazonita AM-03 mostra feições mais desenvolvidas do que a descrição anterior. As geminações da Periclina aparecem com espessura finas e irregulares (Figura 18a e 18b). Em algumas regiões a distinção entre os padrões fica impossibilitada devido à grande coalescência de geminações. Os limites das geminações de albita, por vezes, estão irreconhecíveis, e também se encontram desenvolvidos com espessuras grossas e irregulares (Figura 18c e 18d).

Figura 18 - Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-03 na seção (001) demonstrando feições evoluída das geminações.



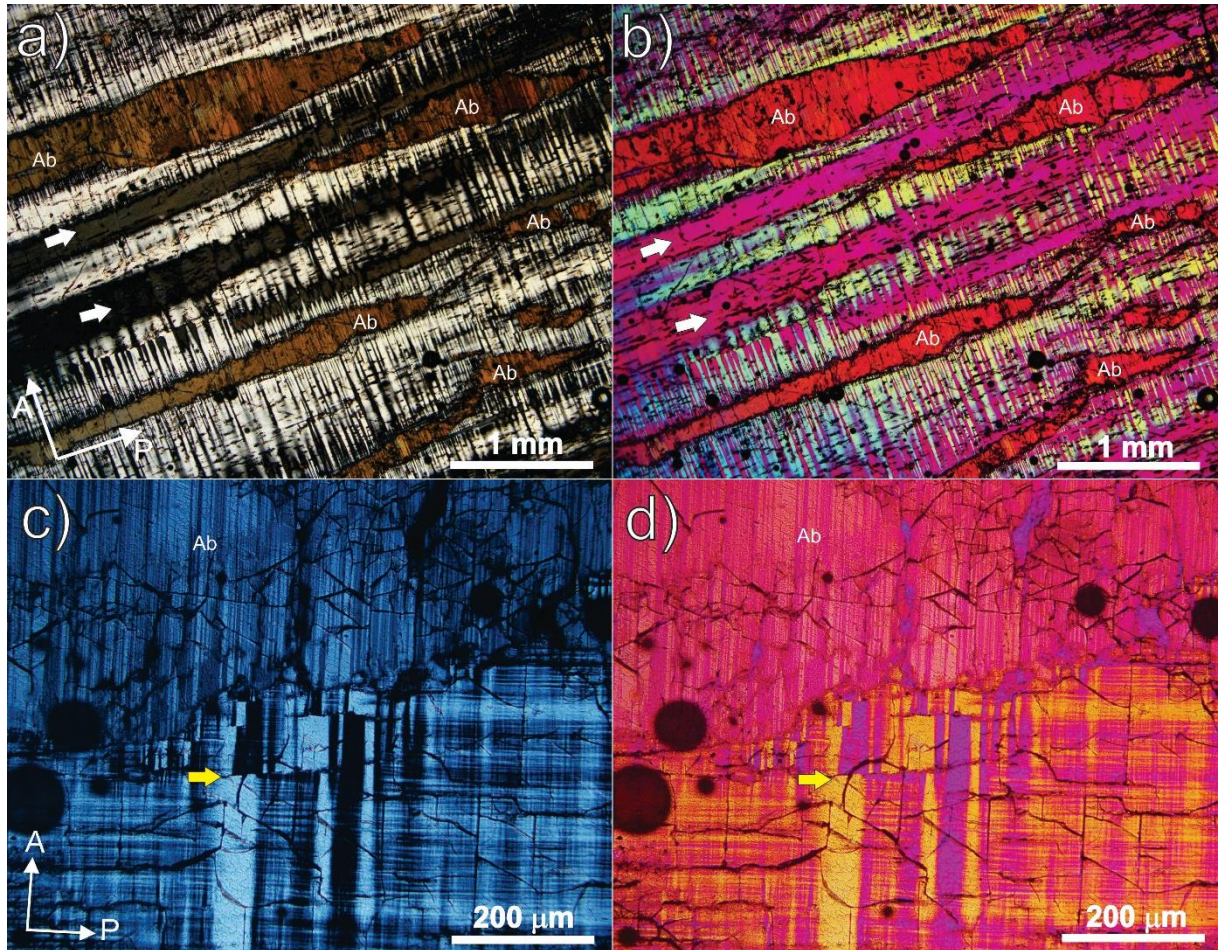
Fonte: A Autora (2019).

*A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando feições bem desenvolvidas da geminação Periclina e geminação da albita finas sem limites definidos. Veios de albita com geminação polissintética com cor amarelada (Ab). b) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de a), apresentando feições bem desenvolvidas da geminação Periclina e geminação da albita finas sem limites definidos. Veios de albita com geminação polissintética com cor amarelada (Ab). c) Grande desenvolvimento das geminações de Albita e Periclina a polarizadores cruzados. d) Grande desenvolvimento das geminações de Albita e Periclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de c).

A amostra AMZ-28D representa a amazonita que se apresenta na sub-intrusão do Pegmatito Serra Branca. Esta amostra demonstra padrões de geminação completamente diferente dos padrões observados nas amostras anteriores. Observa-se as geminações da Lei da Albita bastante desenvolvidas, paralelas, com espessuras variáveis, assim como bandas de intensa coalescências de geminações de mesma orientação (Figura 19a e 19b). Em algumas porções, observa-se uma rotação das bandas de geminação de albita, que são limitadas por

filmes de albita, além de um grande desenvolvimento das bandas da Lei da Periclina (Figura 19c e 19d).

Figura 19 - Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AMZ-28D na seção (001), demonstrando feições evoluída das geminações da Lei da Albita e Lei da Periclina.

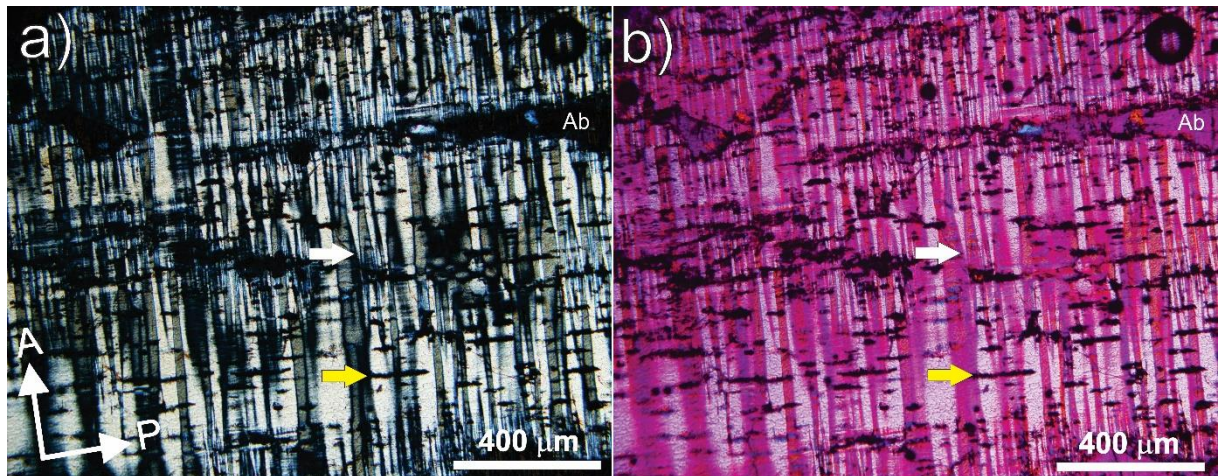


Fonte: A Autora (2019).

* A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando feições bem desenvolvidas da geminação da Lei da Albita, apresentando-se paralelas e com espessuras variáveis. Setas brancas indicam a grande coalescência de geminações de mesma orientação. Veios de albita com geminação polissintética de coloração amarelada (Ab). b) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar γ , mesma região de a), apresentando feições bem desenvolvidas da geminação da Lei da Albita, apresentando-se paralelas e com espessuras variáveis. Setas brancas indicam a grande coalescência de geminações de mesma orientação. Veios de albita com geminação polissintética de coloração alaranjada (Ab). c) Microclina a polarizadores cruzados mostrando deslocamento das geminações da Lei da Albita (seta amarela), limitadas por filmes de albita. Veio de albita com geminação polissintética na parte superior da imagem (Ab). d) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de c), revelando rotação das geminações da Lei da Albita (seta amarela), limitadas por filmes de albita. Veio de albita com geminação polissintética na parte superior da imagem (Ab).

Ainda, na amostra AMZ-28D, ocorre o desenvolvimento de filmes de albitas com espessuras variáveis e terminações do tipo ponta de agulha, coincidentes com os filmes espessos em zigue-zague de albita (Figura 20).

Figura 20 - Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AMZ-28D na seção (001), mostrando feições evoluída das geminações da Lei da Albita e Lei da Periclina.

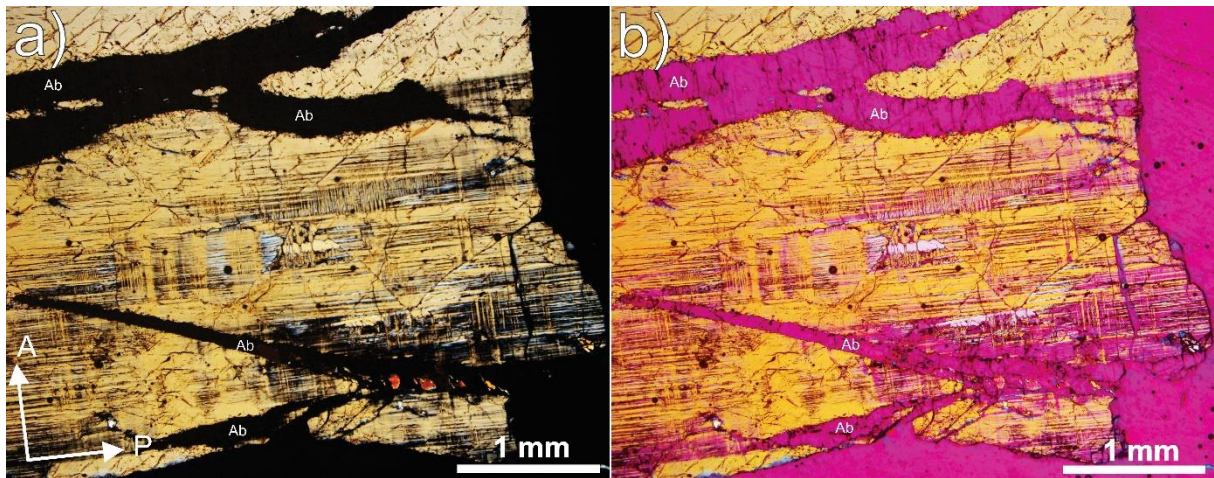


Fonte: A Autora (2019).

*A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando feições de zigue-zague de veios de albita (seta amarela) e geminações de albitas finas com “pontas de agulha” (seta branca) dentro de geminações mais grossas de albita. Veio de albita extinto (Ab). b) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de a), apresentando feições de zigue-zague de veios de albita (seta amarela) e geminações de albitas finas com “pontas de agulha” (seta branca) dentro de geminações mais grossas de albita. Veio de albita róseo (Ab).

Outras amostras com diferentes colorações e intercrescimentos de albita foram analisadas por MOLP. Estas amostras apresentam padrões de geminação variados. A amazonita AM-07 que se apresenta macroscopicamente com uma coloração verde azulada mais clara, e visualmente opaca, apresenta um espessamento e coalescência das geminações (Figura 21) correspondente ao último estágio de desenvolvimento de geminação do esquema de Sánchez-Muñoz et al. (2012; Figura 5f).

Figura 21 - Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AM-07 na seção (001), mostrando feições bastante evoluída das geminações.

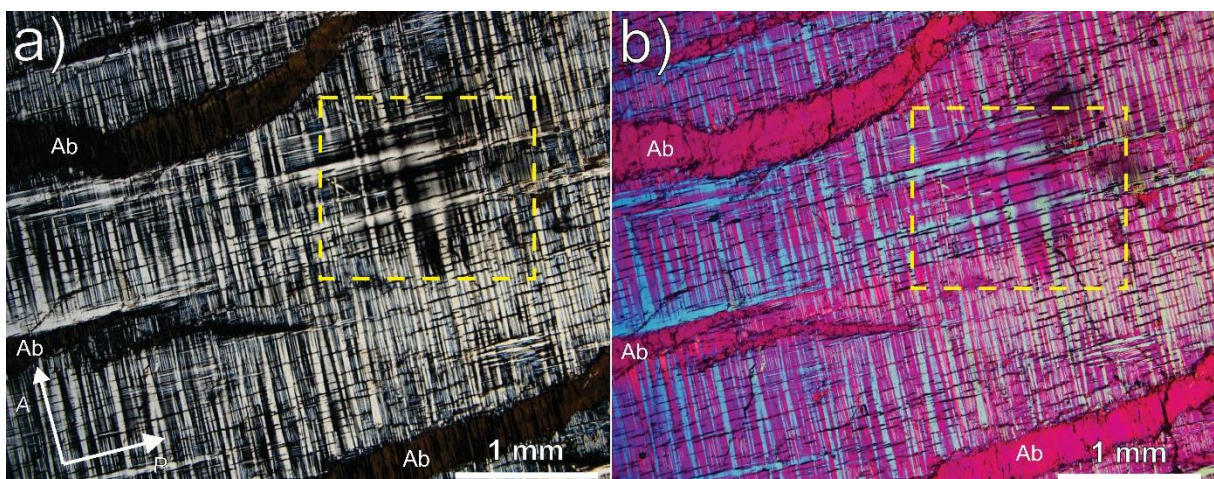


Fonte: A Autora (2019).

* A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando feições bastante desenvolvidas da intensa coalescência das geminações de mesma orientação representada pelas grandes áreas em amarelo. Veios de albita extintos (Ab). b) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de a), apresentando feições bastante desenvolvidas da intensa coalescência das geminações de mesma orientação representada pelas grandes áreas em amarelo. Veios de albita róseos (Ab).

A amostra AM-08 apresenta feições de geminação da albita semelhantes às observadas na amostra AMZ-28D, porém menos evoluídas. Em geral, as bandas de albita estão paralelas, com espessuras variáveis e muitas com terminações em “ponta de agulha”, que coincidem com filmes de albita (Figura 22). Estes filmes aparecem em grande quantidade e relativamente espessos. Em algumas regiões, as bandas da Lei da Periclina se apresentam desenvolvidas.

Figura 22 - Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AM-08 na seção (001) mostrando feições evoluída da geminação de Lei da Albita.

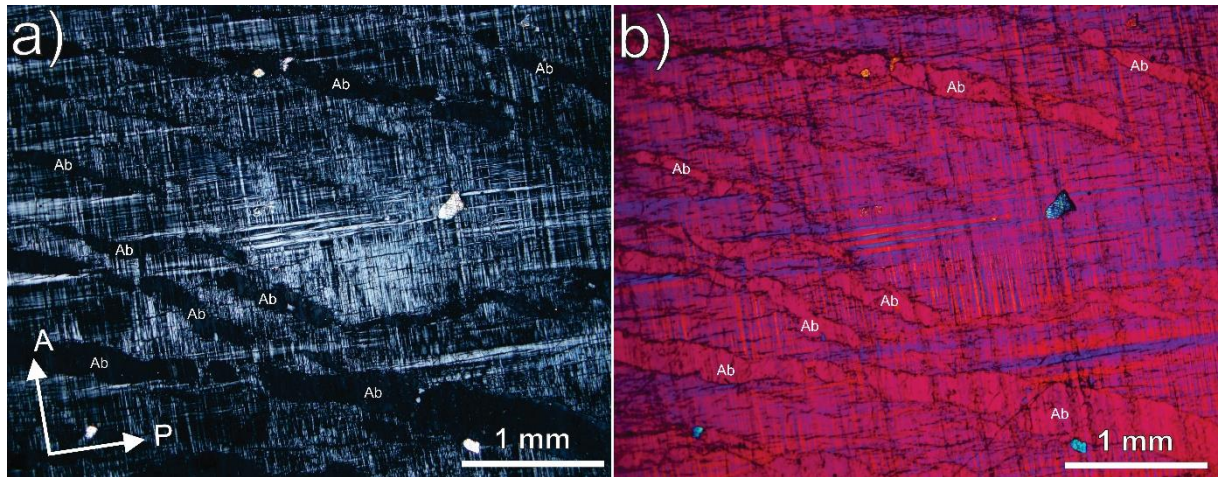


Fonte: A Autora (2019).

* A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando feições bastante desenvolvidas da geminação da Albite. Veios de albita extintos (Ab). Na parte superior à direita (quadrado amarelo) observa-se um padrão de *chessboard*. b) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de a), apresentando feições bastante desenvolvidas da geminação da Albite. Na parte superior à direita (quadrado amarelo) observa-se um padrão de *chessboard*. Veios de albita róseos (Ab).

A amostra AM-11 é caracterizada por grande desenvolvimento de geminações polissintéticas finas da Lei da Albite e por menores desenvolvimentos da geminação da Lei da Periclina (Figura 23).

Figura 23 - Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AM-11 na seção (001) mostrando feições evoluída da geminação polissintética fina da Lei da Albite.



Fonte: A Autora (2019).

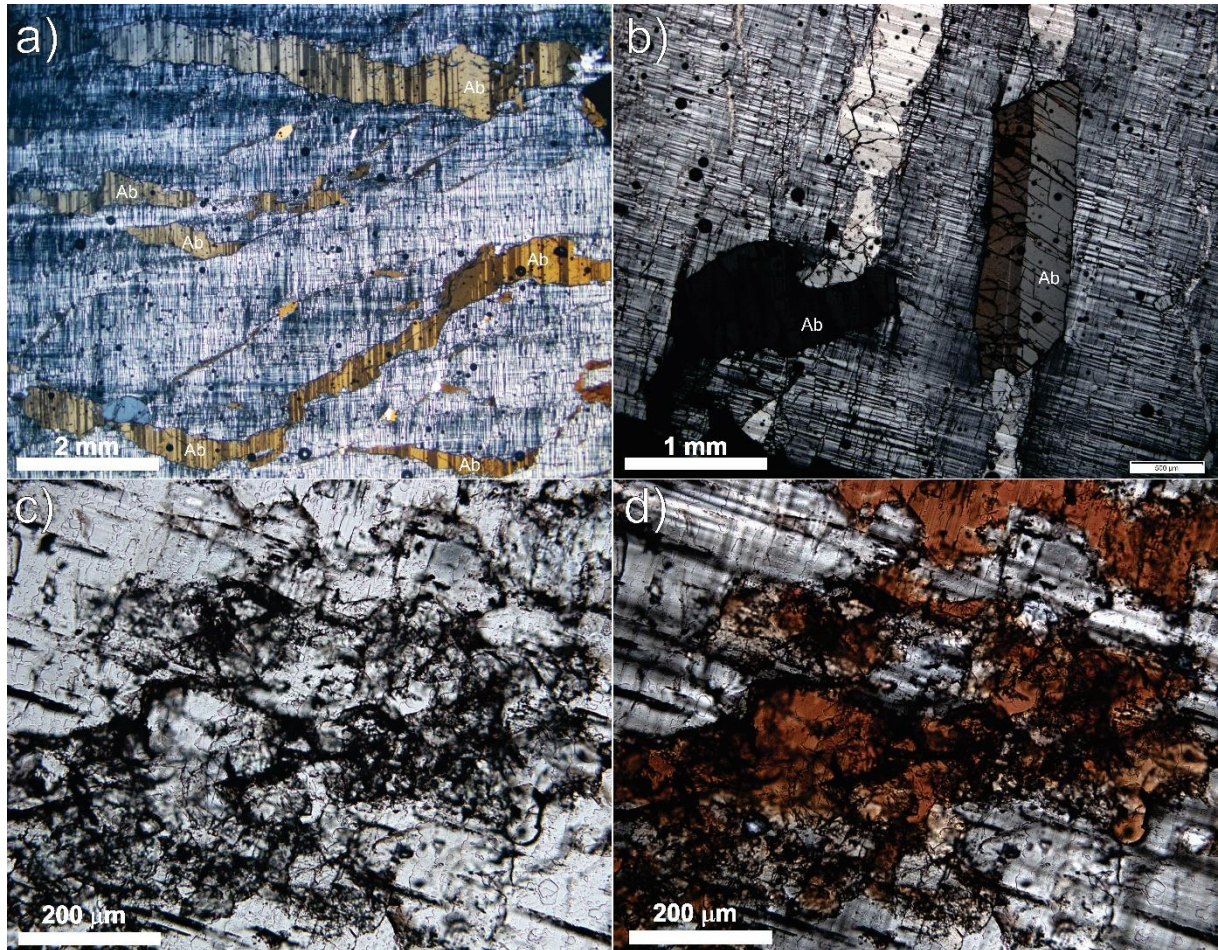
* A // a face (010) e P // a face (100). a) Microclina a polarizadores cruzados apresentando feições bastante desenvolvidas da geminação fina de albita com algum desenvolvimento da geminação da Lei da Periclina. Na parte superior à direita observa-se um padrão de geminação cruzada. Veios de albita extintos (Ab). b) Microclina a polarizadores cruzados com lâmina auxiliar λ , mesma região de a), apresentando feições bastante desenvolvidas da geminação polissintética fina Albite com algum desenvolvimento da geminação da Lei da Periclina. Na parte superior à direita observa-se um padrão de geminação cruzada. Veios de albita róseos (Ab).

4.2.2 Microtexturas de exsolução de albita

A amazonita de Serra Branca apresenta exsoluções de albitas em veios, que são observadas à vista desarmada e, em seções delgadas se classificam como macropertitas. Estas pertitas apresentam geminações polissintéticas da Lei da Albite e espessuras entre 0,7 e 7,6 mm, e comprimento de 0,25 a 16,25 mm (Figura 24a). Também são observados cristais subédricos a euédricos de albita também apresentando diferentes elongações e orientações, estes apresentam tamanhos de 0,27x0,11 mm a 2,13x0,62 mm (Figura 24b). A polarizadores

paralelos observou-se turbidez relacionada a microporosidades, associada, por vezes, a exsoluções de albita (Figura 24c e 24d).

Figura 24 – Microfotografias de feições de exsolução de albita intercrescida na amazonita de Serra Branca.

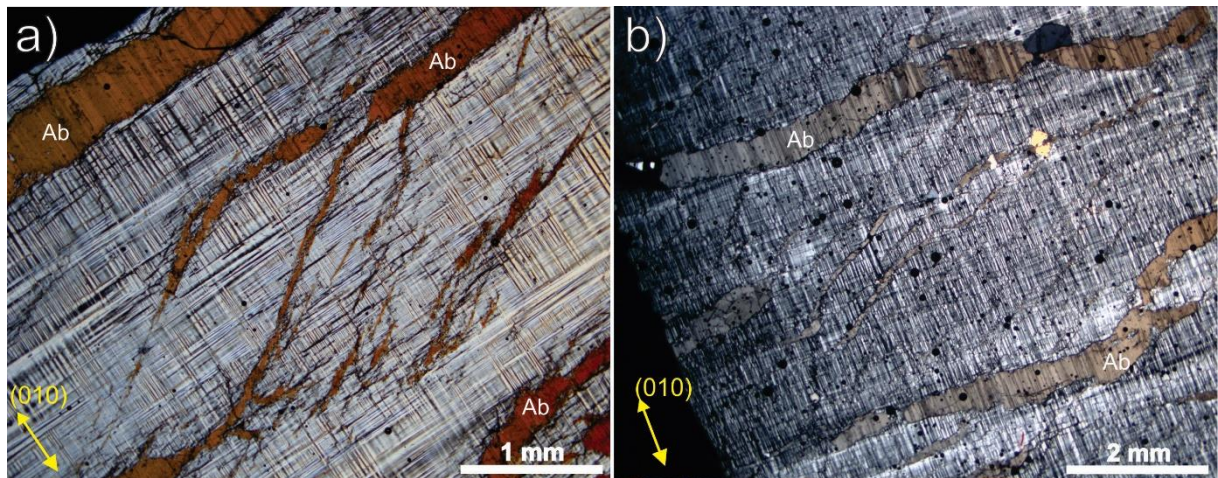


Fonte: A Autora (2019).

a) Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AM-03 mostrando veios de albita de coloração amarelada (Ab), com geminação polissintética da Lei da Albita com contatos irregulares. b) Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita da AM-03 demonstrando cristais euédricos a subédricos de albita com geminação polissintética da Lei da Albita (Ab). Também apresenta veios de albita c) Microfotografia a polarizadores paralelos da amazonita AM-01 apresentando turbidez representada pela parte escura. d) Microfotografia a polarizadores cruzados na mesma região de c) da amazonita AM-01 apresentando turbidez relacionada à exsolução de albita de coloração amarelada.

As amostras dispostas no perfil transversal ao corpo pegmatítico, de topo a base da zona da amazonita apresentaram, em geral, veios mais espessos que estão orientados próximos a face (100) com limites bastante irregulares. São observadas, nas amostras AM-02 e AM-03, exsoluções em (110), que se apresentam entre filmes e veios com espessuras entre 0,36 a 90,38 μm , com feições sigmoidais, interligando esses grandes veios (Figura 25a e 25b).

Figura 25 – Microfotografia à polarizadores cruzados da amazonita AM-02 e AM-03 de Serra Branca demonstrando feições de veios e filmes de albита.

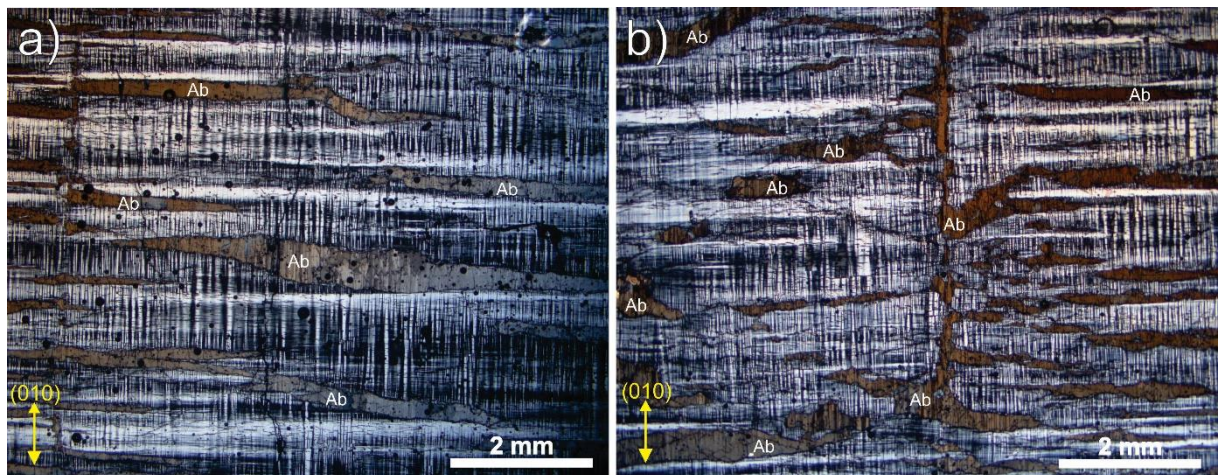


Fonte: A Autora (2019).

- a) Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AM-02 demonstrando veios de albита na direção $\sim (100)$ e de veios e filmes de albита no plano (110) ambos de coloração amarela alaranjada (Ab).
 b) Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AM-03 demonstrando veios de albита na direção $\sim (100)$ e de veios e filmes de albита no plano (110) ambos de coloração amarelada (Ab).

A amostra de amazonita referente à sub-intrusão (AMZ-28D) apresenta veios de albита orientados paralelos à face (100) com espessuras entre 0,17 a 0,66 mm e comprimento entre 3 a 14,8 mm, mostrando contato irregular e geminação polissintética da Lei da Albита com lamelas irregulares (Figura 26a). São observados veios orientados próximo à face (010) de espessura entre 140,78 a 312,85 mm e comprimento entre 0,76 a 7,5 mm com contatos e lamelas da geminação polissintética da Lei da Albита irregulares (Figura 27b).

Figura 26 - Microfotografia a polarizadores cruzados da amazonita AM-28D de Serra Branca demonstrando feições de veios de albита orientados às faces (100) e (010).



Fonte: A Autora (2019).

a) Veios de albita amarelados orientados à face (100), com geminação polissintética da Lei da Albita irregular. b) Veios de albita amarelados orientados à face (010) com geminação polissintética da Lei da Albita irregular.

4.3 IDENTIFICAÇÃO MINERALÓGICA E ASPECTOS ESTRUTURAIS

A identificação mineralógica foi realizada a partir das técnicas de difração de raios-X e espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho. A partir da difração de raios-X, é possível identificar os planos (131) e ($\bar{1}\bar{3}1$) que permitem a descrição da triclinicidade.

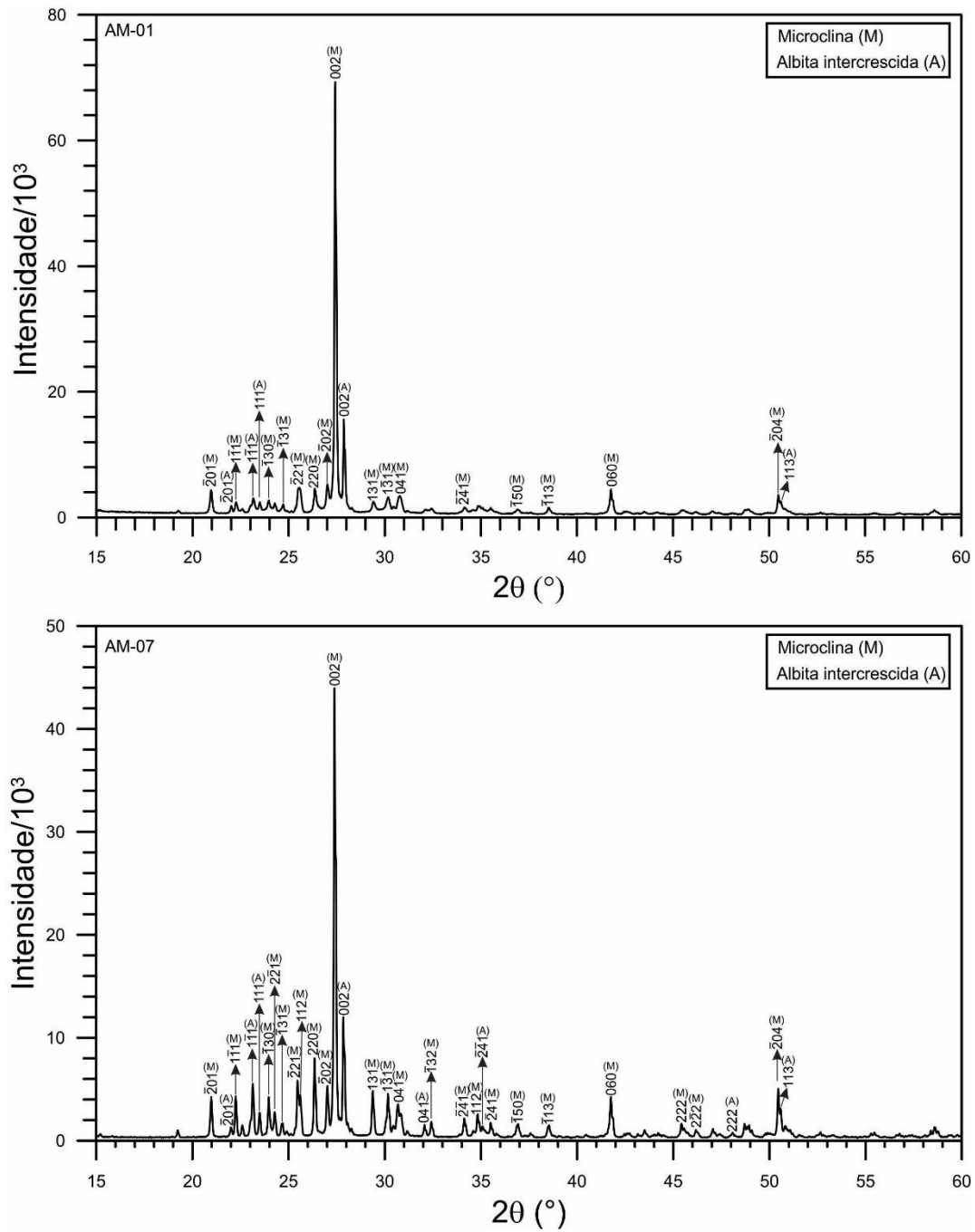
4.3.1 Difração de raios-X

Os difratogramas de raios-X da amazonita foram indexados segundo Wright e Stewart (1968), onde foram identificadas fases minerais de microclina e albita. Na Figura 27, é possível observar dois difratogramas de amostras representativas da amazonita, onde há a predominância dos picos de microclina (M) e, em menor abundância dos picos de albita (A), que representam a albita intercrescida na amazonita.

Na região de {131}, onde 2θ varia de 29° a 32° , foram identificados os picos ($\bar{1}\bar{1}3$) da albita intercrescida e os picos (041), ($\bar{2}22$), ($\bar{1}\bar{3}1$), (131) da amazonita (microclina; Figura 28). Goldsmith e Laves (1954) determinaram a triclinicidade de feldspatos potássicos, sendo que esta é expressada como o quanto os ângulos da estrutura cristalina α e γ se distanciam de 90° .

A triclinicidade pode ser medida pelas distâncias entre os picos 131 e $\bar{1}\bar{3}1$, já que esta distância está correlacionada com o ordenamento de Si e Al na estrutura cristalina do feldspato potássico. Sendo assim, utiliza-se a equação $\Delta = 12,5 \times d(131) - d(\bar{1}\bar{3}1)$, onde Δ é a triclinicidade que varia de 0 (totalmente desordenada, ortoclásio) a 1 (altamente ordenada, microclina) e d é a distância interplanar correspondente aos índices 131 e $\bar{1}\bar{3}1$, respectivamente. Os difratogramas da região {131} da amazonita do Pegmatito Serra Branca apresentam uma triclinicidade variando de 0,92 a 0,97, representando microclinas altamente ordenadas.

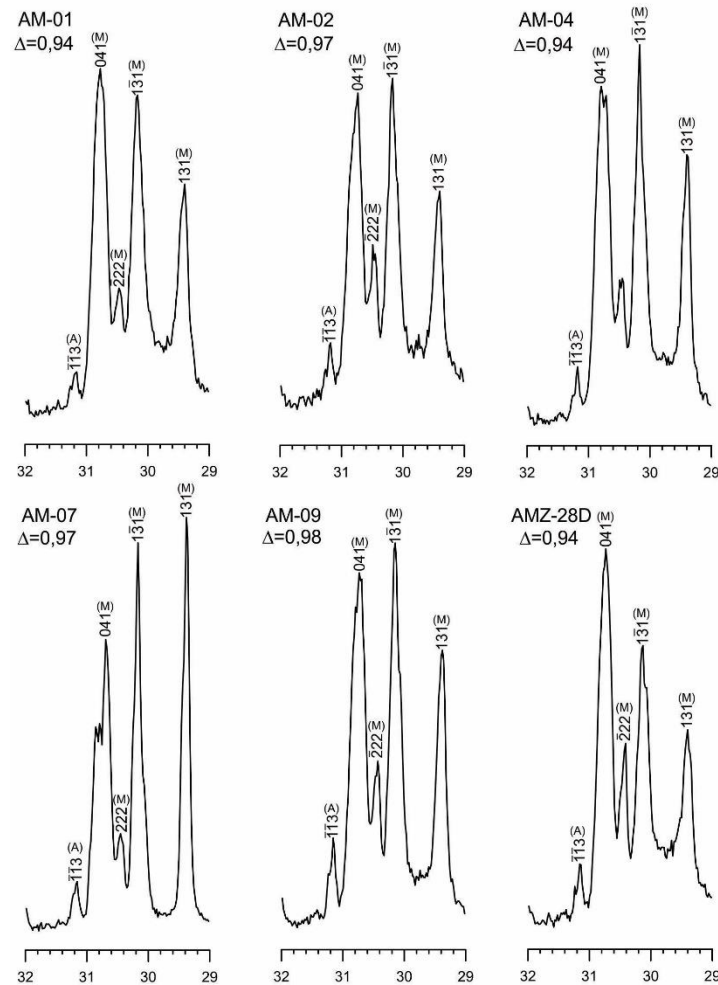
Figura 27 - Difratoograma indexado para a amazonita do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

* Difratoograma de uma amostra representativa de amazonita. Os picos foram nomeados de acordo com a indexação demonstrada para a “maximum microcline” e “albite in perthitic intergrowth” de Wright e Stewart (1968). (M) = microclina para a amazonita; (A) = albite intercrescida na amazonita. Os nomes das amostras estão no topo direito das imagens. Para mais informações das indexações, ver Anexo B.

Figura 28 - Difratograma da região {131} da amazonita do Pegmatito Serra Branca.



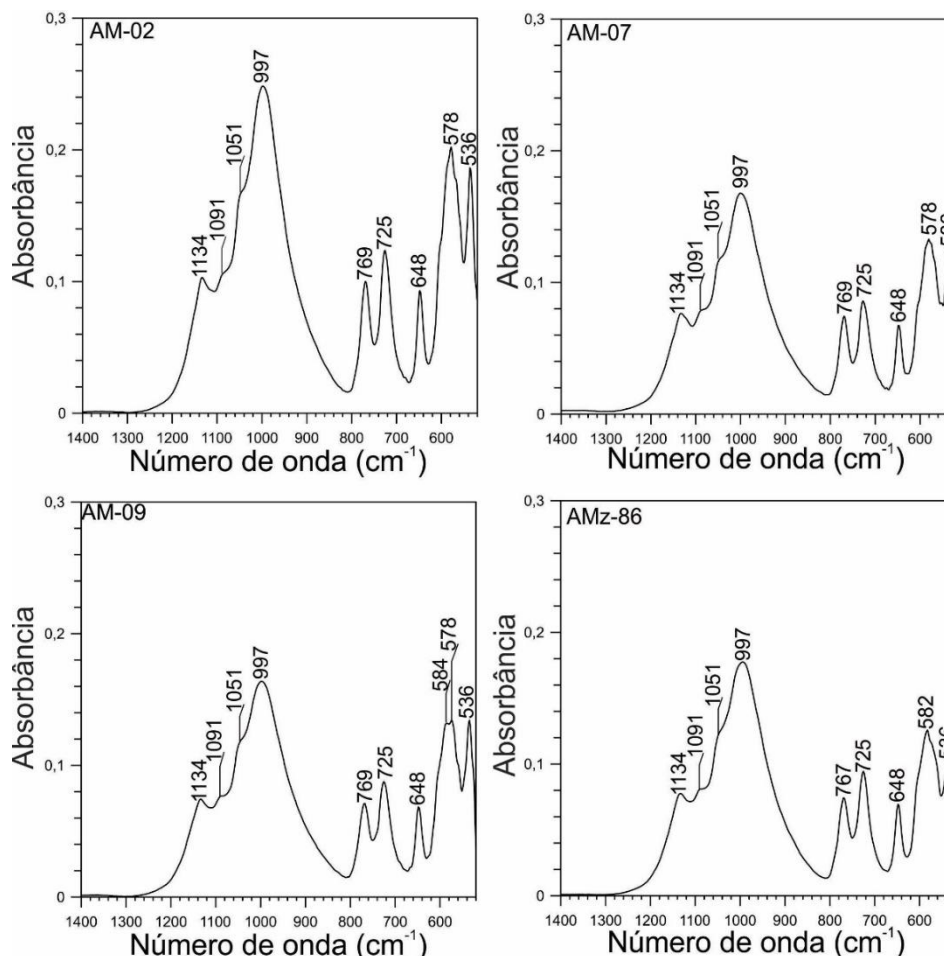
Fonte: A Autora (2019).

* Foram escolhidas alguns difratogramas da amazonita para representar os picos 131 e $\bar{1}31$ que mostram a triclinicidade deste feldspato. Os nomes das amostras e os respectivos valores de triclinicidade estão no topo esquerdo das imagens. Os picos foram nomeados de acordo com a indexação demonstrada para a “maximum microcline” de Wright e Stewart (1968). (M) = microclina para a amazonita; (A) = albita intercrescida na amazonita.

4.3.2 Espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho

A partir do espectro de reflexão total atenuada, é possível identificar bandas de absorção que permitem a comparação com espectros de referência. Espectros de referência da microclina (*e.g.* Vahur et al., 2016) apresentam bandas de absorção em 536, 576, 647, 725, 769, 994, 1088 e 1130 cm^{-1} . Para a amazonita do Pegmatito Serra Branca, foram identificadas as bandas 578, 582, 584, 648, 725, 767, 769, 997, 1051, 1091 e 1134 cm^{-1} (Figura 29). Tais bandas de absorção apresentam uma grande aproximação com os picos de referência, demonstrando que os espectros de amazonita podem ser identificados como microclina.

Figura 29 - Espectros de IV-ATR representativos da amazonita do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

* Espectros com picos identificados em 536, 578, 582, 584, 648, 725, 767, 769, 997, 1051, 1091 e 1134 cm⁻¹. Os nomes das amostras constam no topo esquerdo das imagens.

4.4 QUÍMICA DA AMAZONITA DO PEGMATITO SERRA BRANCA

As composições dos elementos maiores, menores e traços, além das composições modais da amazonita de Serra Branca estão mostradas nas tabelas 2 a 4. Foram utilizados dois métodos analíticos para a determinação de elementos maiores e menores para a amazonita estudada, EPMA e FRX. Uma grande diferença nos elementos maiores foi observada entre as duas análises, principalmente relacionada a grande presença de albita intercrescida neste feldspato amazonítico. O conteúdo de K₂O nas análises por EPMA foi de 15,65 a 14,15 % em peso e de Na₂O varia de 1,17 a 0,49 % em peso com consequente composição modal de Or_{95,32}-93,03Ab_{6,96-4,58}An_{0,18-0,02} (Tabela 2). As análises por FRX, por sua vez, mostram valores de 13,04

a 12,28 % em peso K_2O e de 2,95 a 2,66 % em peso Na_2O , com composição modal de $Or_{76,26-73,24}Ab_{26,61-23,64}An_{0,20-0,05}$ (Tabela 3).

Tabela 2 - Composição química média por EPMA da amazonita do Pegmatito Serra Branca.

	AM-01	AM-02	AM-03	AMZ-28D	AMZ-86	AMZ-87	AMZ-88
n	11	11	12	12	8	12	12
SiO ₂ , % peso	64,96	66,39	65,52	64,42	67,26	64,44	66,67
TiO ₂	0,02	0,04	0,04	0,01	0,05	0,05	0,07
Al ₂ O ₃	16,84	16,69	16,59	16,76	18,31	16,86	17,17
FeO	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07	0,08
CaO	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01
Na ₂ O	0,68	0,76	0,55	0,49	0,62	0,49	0,52
K ₂ O	14,91	15,47	15,45	15,37	14,15	15,65	15,41
BaO	0,02	0,05	0,03	0,02	0,07	0,07	0,05
P ₂ O ₅	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02
MgO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
PbO	0,11	0,12	0,14	0,10	0,07	0,13	0,12
CuO	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Cr ₂ O ₃	0,01	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01
MnO	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02
NiO	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
V ₂ O ₃	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Cs ₂ O	0,06	0,10	0,04	0,07	0,05	0,04	0,12
Rb ₂ O	1,16	0,77	1,10	0,61	0,69	0,79	0,81
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Total	98,96	100,58	99,67	98,11	101,49	98,72	101,14
Sítio T							
Si (apuf)	3,05	3,06	3,06	3,05	3,04	3,04	3,05
Al	0,93	0,91	0,91	0,93	0,98	0,94	0,93
Total	3,98	3,97	3,97	3,98	4,02	3,98	3,98
Sítio M							
K (apuf)	0,84	0,87	0,92	0,93	0,78	0,94	0,9
Na	0,12	0,1	0,05	0,04	0,09	0,05	0,05
Rb	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	0,99	0,99	1	0,99	0,89	1,01	0,97
Or, mol. %	93,43	93,03	94,76	95,24	93,73	95,32	95,09
Ab	6,5	6,96	5,16	4,59	6,2	4,58	4,85
An	0,08	0,02	0,07	0,18	0,07	0,1	0,06

Fonte: A Autora (2019).

n – Número de análises. apuf = átomos por unidade de fórmula. Para a análise completa por EPMA incluindo desvio padrão e todos os pontos realizados. (ver Anexo C).

Tabela 3 - Composição química média por FRX da amazonita do Pegmatito Serra Branca.

	AM-04	AM-05	AM-06	AM-07	AM-08	AM-09	AM-10	AMZ-11
SiO ₂ , % peso	63,47	63,48	61,74	63,39	63,83	63,43	62,13	63,7
Al ₂ O ₃	17,75	17,84	17,2	17,77	17,9	17,77	17,4	17,81
TiO ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01
Fe ₂ O _{3t}	0,41	0,17	0,11	0,22	0,23	0,35	0,36	0,13
MgO	0,04	0,01	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
K ₂ O	12,28	12,58	12,36	13,04	12,5	12,34	12,56	12,6
Na ₂ O	2,87	2,84	2,67	2,66	2,88	2,95	2,95	2,88
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
P.F	1,77	1,12	2,07	1,41	1,42	1,71	1,39	1,14
Total	98,65	98,07	96,17	98,55	98,87	98,59	96,83	98,32
Ba, ppm	492	565	356	525	393	803	858	318
Rb	4554	4631	6722	4388	6524	417	4094	7102
Sr	369	368	335	298	345	351	329	348
Zr	20	18	14	13	15	17	15	15
Y	626	638	947	610	916	577	558	996
Nb	4	5	7	5	4	6	5	5
Sítio T								
Si (apuf)	2,99	2,99	3	2,99	2,99	3	2,99	3
Al	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Total	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,99	3,98	3,99
Sítio M								
K (apuf)	0,74	0,76	0,77	0,79	0,75	0,74	0,77	0,76
Na	0,26	0,26	0,25	0,24	0,26	0,27	0,27	0,26
Rb	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0	0,01	0,02
Total	1,02	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	1,05	1,04
Or, mol. %	73,64	74,38	75,24	76,26	73,99	73,24	73,62	74,14
Ab	26,16	25,52	24,7	23,64	25,91	26,61	26,28	25,76
An	0,2	0,1	0,05	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1

Fonte: A Autora (2019).

* P.F. – Perda ao fogo. apuf = átomos por unidade de fórmula.

Os elementos traços foram analisados por *LA-ICP-MS*, e em ordem de abundância são Rb, Pb, Fe, Sr, Cs, Ba, Tl, Ga, Ge, P, Li, Eu, La e Ce (Tabela 4). Os elementos que apresentam valores elevados neste feldspato são Rb, Pb, Sr, Ba, Cs, Fe e Ga. A amazonita se caracteriza por valores de Pb entre 1228,75 a 933,25 ppm e valores altíssimos de Rb, entre 7574,7 a 4838,7 ppm, e de Fe variando de 633,5 a 417,2 ppm.

Tabela 4 - Média dos elementos traços por *LA-ICP-MS* da amazonita do Pegmatito Serra Branca.

		AM-01	AM-02	AM-03	AMZ-28D	AMZ-86	AMZ-87	AMZ-88
LD								
0,1	Li, ppm	2,65	2,90	2,90	11,65	1,75	3,30	2,20
0,05	Ge	10,85	9,75	6,35	9,35	6,50	7,10	6,65
0,01	Rb	7574,70	7167,35	4940,80	5083,35	4838,70	5113,95	4926,70
2,9	Sr	310,45	417,30	390,05	79,00	380,05	360,50	439,90
0	Cs	434,90	413,40	180,40	182,50	131,05	140,25	151,45
0,28	Ba	260,95	263,75	430,60	10,70	829,65	585,70	690,75
0	Tl	107,90	101,85	70,05	52,50	57,25	62,85	58,70
0,45	Pb	933,25	869,80	1123,75	1028,15	978,45	1221,10	1228,75
2,3	P	14,25	12,60	14,95	12,00	16,75	17,85	16,30
2,8	Fe	633,50	594,25	549,00	417,20	492,65	524,80	523,45
0,02	Ga	84,75	77,80	59,60	93,65	58,40	61,95	61,60
0	Y	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01
0,01	La	0,09	0,08	0,16	0,54	0,19	0,18	0,22
0	Ce	0,07	0,06	0,1	0,13	0,12	0,12	0,15
0	Eu	0,15	0,18	0,26	0,24	0,23	0,2	0,27
	Total (%peso)	1,04	0,99	0,78	0,70	0,78	0,81	0,81

Fonte: A Autora (2019).

* Foi obtida uma média de 2 análises para as amostras. Para análise completa de *LA-ICP-MS*, incluindo desvio padrão e todos os pontos realizados, ver anexo D. LD = limite de detecção.

A albita intercrescida na amazonita, analisada por EPMA, apresentou valores de Na₂O entre 11,78 a 11,26 % em peso e de K₂O variando de 0,25 a 0,06 % em peso. Sua composição modal é de Or_{1,38-0,33}Ab_{99,50-98,48}An_{0,47-0,08}. Os mesmos elementos traços determinados na amazonita foram analisados para a albita. Notam-se valores elevados de Fe, Pb, Sr e Ga apresentando concentrações de 719,23 a 500,42 ppm de Fe, 151,37 a 35,89 ppm de Pb, 161,54 a 76,15 ppm de Sr e 77,86 a 50,08 ppm de Ga.

Tabela 5 - Composição das albitas intercrescidas na amazonita por EPMA do Pegmatito Serra Branca.

	AM-01	AM-02	AM-03	AMZ-28D	AMZ-87	AMZ-88
SiO ₂ , % peso	68,46	69,01	69,86	68,60	68,65	71,72
TiO ₂	0,07	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	17,85	17,90	17,72	17,39	17,98	18,26
FeO	0,07	0,15	0,09	0,06	0,11	0,11
CaO	0,04	0,09	0,04	0,10	0,03	0,02
Na ₂ O	11,78	11,69	11,68	11,26	11,51	11,44
K ₂ O	0,06	0,10	0,06	0,10	0,25	0,13
BaO	0,11	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
PbO	0,19	0,00	0,06	0,00	0,00	0,08
CuO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03
MnO	0,05	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
NiO	0,01	0,00	0,06	0,00	0,00	0,05
V ₂ O ₃	0,00	0,00	0,03	0,06	0,02	0,01
Cs ₂ O	0,13	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Rb ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Total	98,86	99,14	99,72	97,61	98,64	101,85
Sítio T						
Si (apfu)	3,04	3,04	3,06	3,04	3,07	3,06
Al	0,93	0,93	0,91	0,94	0,92	0,92
Total	3,97	3,97	3,97	3,98	3,99	3,98
Sítio M						
K (apfu)	0	0,01	0	0,01	0,01	0,01
Na	1,01	1	0,99	0,99	0,95	0,98
Rb	0	0	0	0	0	0
Total	1,01	1,01	0,99	1	0,96	0,99
Or, mol. %	0,33	0,54	0,33	1,38	0,75	0,56
Ab	99,48	99,07	99,5	98,48	99,17	98,98
An	0,18	0,4	0,18	0,14	0,08	0,47

Fonte: A Autora (2019).

* apuf = átomos por unidade de fórmula. Para a análise completa por EPMA, incluindo desvio padrão e todos os pontos realizados ver, Anexo C.

Tabela 6 - Média dos elementos traços da albita intercrescida na amazonita por LA-ICP-MS do Pegmatito Serra Branca.

		AM-01	AM-02	AM-03	AMZ-28D	AMZ-88
LOD						
0,1	Li, ppm	0,09	0,33	0,14	0,54	0,37
0,05	Ge	10,86	9,54	5,62	5,54	6,04
0,01	Rb	0,86	0,92	0,61	40,50	12,62
2,9	Sr	161,54	108,94	76,15	117,51	113,23
0	Cs	0,39	0,49	0,06	0,77	0,59
0,28	Ba	3,45	1,48	1,01	10,68	5,29
0	Tl	0,20	0,05	0,05	0,33	0,13
0,45	Pb	151,37	79,95	92,89	35,89	104,64
2,3	P	9,04	9,84	12,11	12,91	14,77
2,8	Fe	686,75	719,23	548,98	500,42	567,67
0,02	Ga	72,67	77,86	50,08	65,19	62,38
0	Y	0,06	0,00	0,00	0,14	0,01
0,01	La	0,06	0,01	0,02	0,04	0,03
0	Ce	0,07	0,01	0,01	0,03	0,03
0	Eu	0,09	0,04	0,03	0,03	0,04
	Total (%peso)	0,11	0,10	0,08	0,08	0,09

Fonte: A Autora (2019).

* Foi obtida uma média de 2 análises para as amostras. LD = limite de detecção.

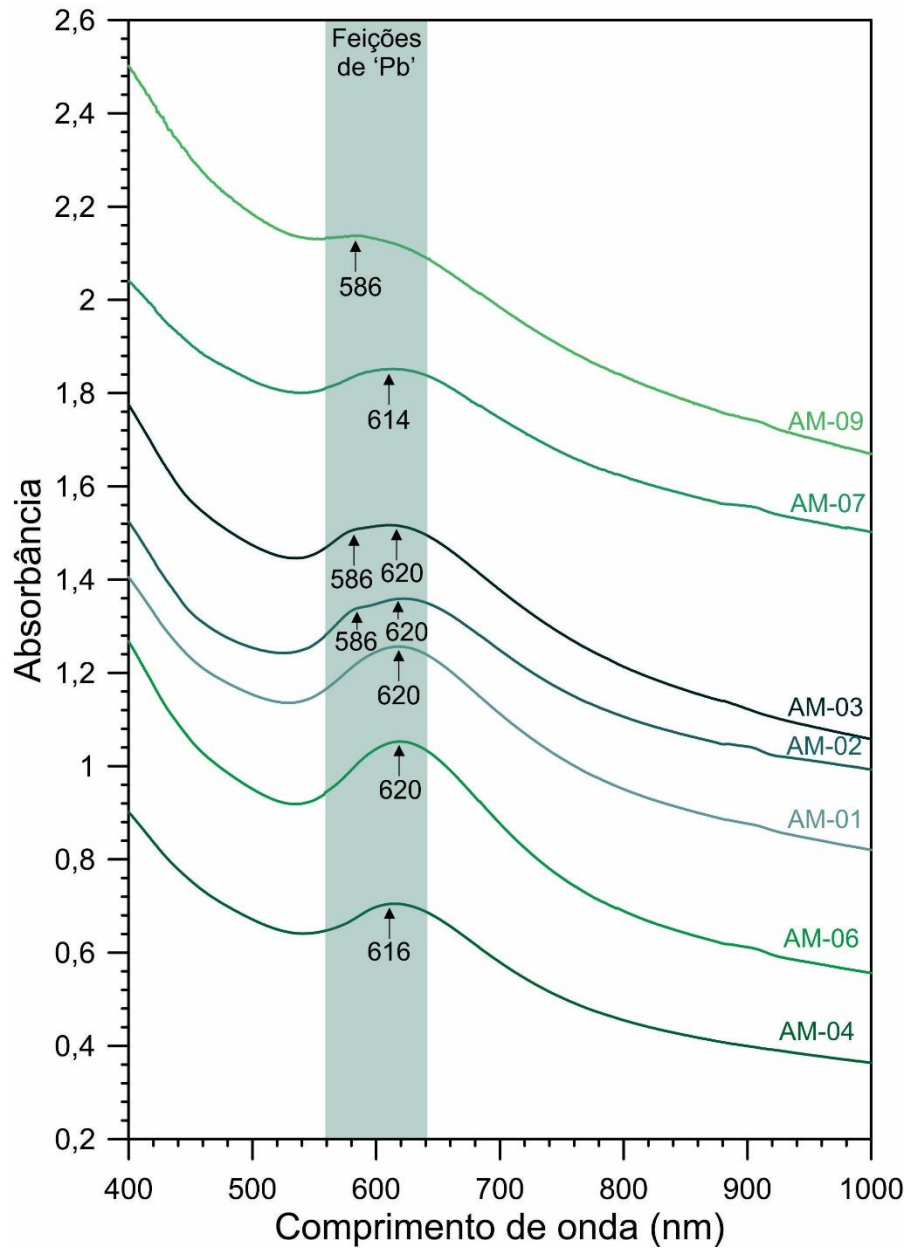
4.5 ESPECTROSCOPIA

As espectroscopias de absorção no VIS e IV, e de reflectância revelam feições de absorção responsáveis pela presença de absorções do Fe, Pb e vibrações moleculares de H₂O.

4.5.1 Espectroscopia de absorção no VIS

A principal feição de absorção observada para as amazonitas do Pegmatito Serra Branca ocorre no visível (Figura 30). Esta feição caracteriza-se pela *banda de amazonita*, relacionada à presença de Pb e centraliza-se, em sua maioria, em 620 nm, porém, algumas amostras mostram uma segunda feição e deslocamento do pico de absorção para 586 nm. Estas bandas podem ser atribuídas à banda II descritas por Ostrooumov (2016). As amostras que centralizam as bandas em 620 nm são macroscopicamente verdes azuladas com alta saturação; já a amostra que apresenta banda de absorção em 586 nm tem coloração verde azulada, porém com saturação menos intensa.

Figura 30 - Espectros de absorção no VIS da amazonita do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

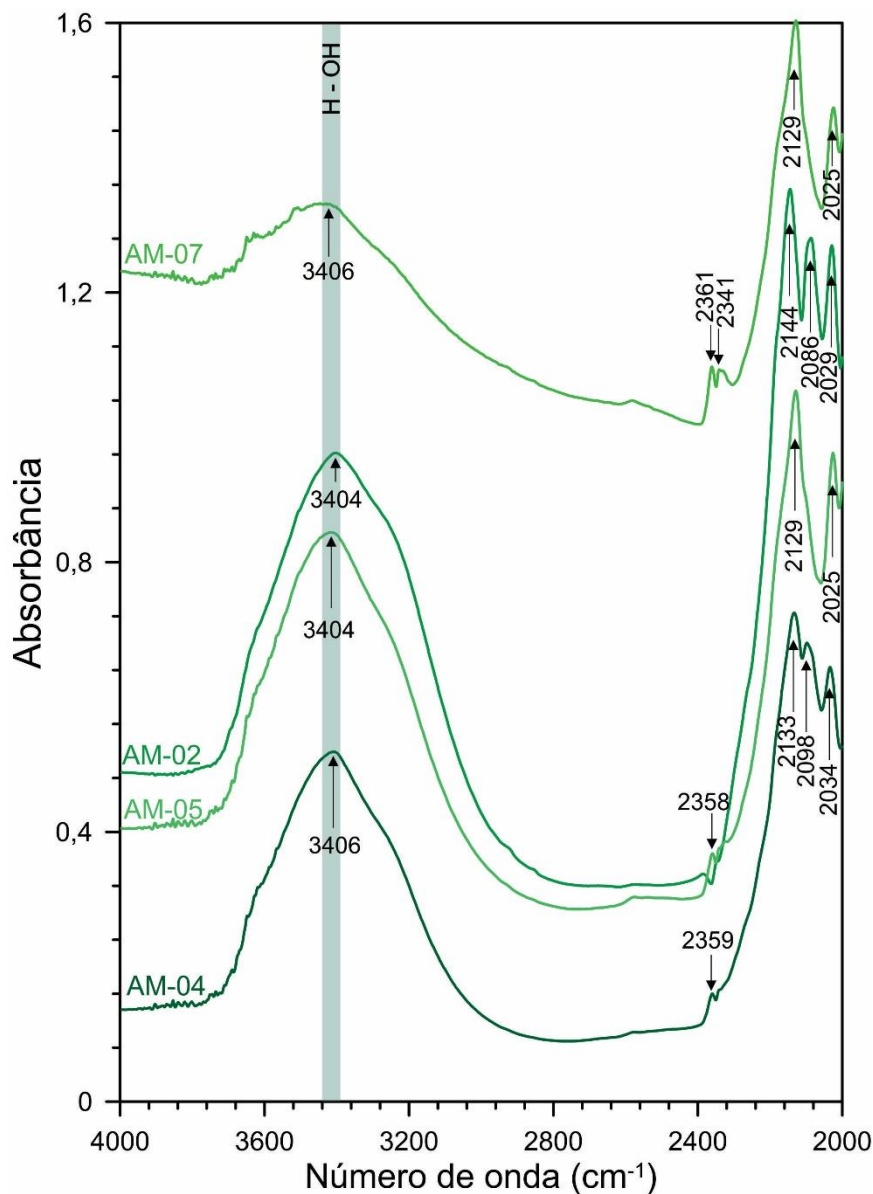
* Os espectros da amazonita do Pegmatito Serra Branca apresentam uma banda de absorção principal próximo a 620 nm. As espessuras das amostras são: AM-01 e AM-02 = ~0,8 mm; AM-07 e AM-09 = ~0,7 mm; AM-03 = ~1,1mm; AM-04 = ~0,5mm; AM-06 = ~0,9mm.

4.5.2 Espectroscopia de absorção no IV

As principais bandas de absorção observadas foram entre 2025 e 2144 cm^{-1} , também ao entorno de aproximadamente 2360 cm^{-1} , além da banda principal entre 3404-3046 cm^{-1} (Figura 31). Nota-se que as bandas entre 2025 e 2144 cm^{-1} variam de duas a três absorções dependendo da amostra. Bandas de absorção entre 3400 e 3420 cm^{-1} foram registradas para

amazonitas estudadas por Hofmeister e Rossman (1985) e Ostrooumov (2016), sendo que estas feições foram correlacionadas a vibração da ligação molecular entre H e OH.

Figura 31 - Espectroscopia de absorção de FTIR da amazonita do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

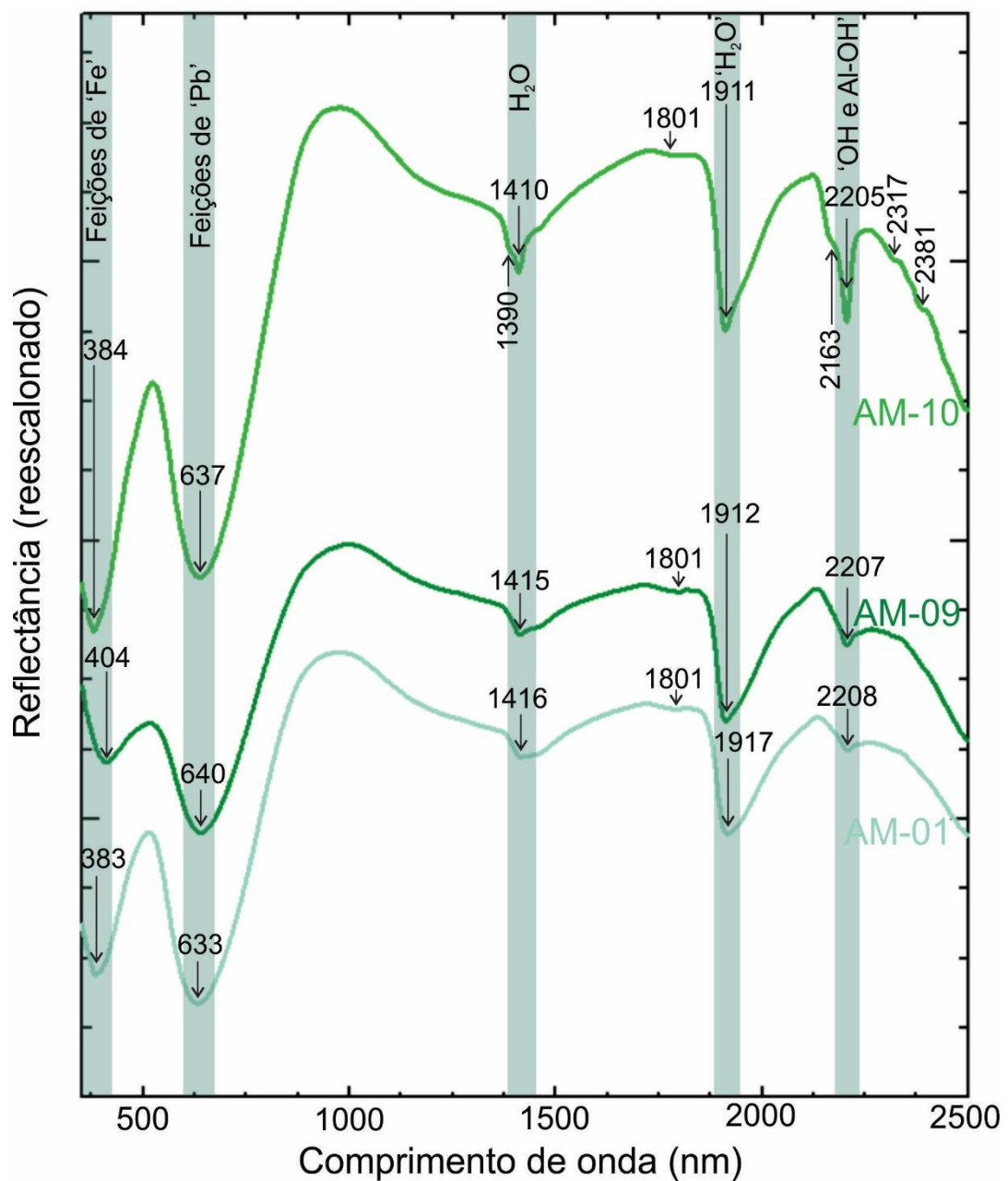
* Os espectros da amazonita do Pegmatito Serra Branca apresentam uma banda de absorção principal próximo a 3404-3406 cm^{-1} , além de absorções entre 2025 – 2144 cm^{-1} . As espessuras das amostras são: AM-02 e AM-05 = $\sim 0,8$ mm; AM-04 = $\sim 0,5$ mm; AM-07 = $\sim 0,7$ mm.

4.5.3 Espectroscopia de refletância

O espectro da amazonita de Serra Branca com as bandas de absorção identificadas no espectro do visível ao infravermelho de ondas curtas está demonstrado na Figura 32. Na região no VNIR, a amazonita do Pegmatito Serra Branca apresenta feições de absorção sutis entre 383-

404 nm relacionada ao Fe da banda I descrita por Ostrooumov (2016). A segunda feição de 633-640 nm é similar àquela demonstrada pela amazonita de Serra Branca na espectroscopia visível, correlacionada ao Pb. As feições na região do infravermelho de ondas curtas (SWIR) são sutis entre 1390-1416 nm e 1801-2208 nm. Feições entre 1400-1900 nm são relacionadas à presença de H₂O, aquelas próximas a 2200 nm relacionam-se com a combinação da vibração de deformação axial de OH e à vibração de deformação angular de Al-OH (Hunt, 1977).

Figura 32 - Espectroscopia de reflectância da amazonita do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

Média de três análises para cada amostra.

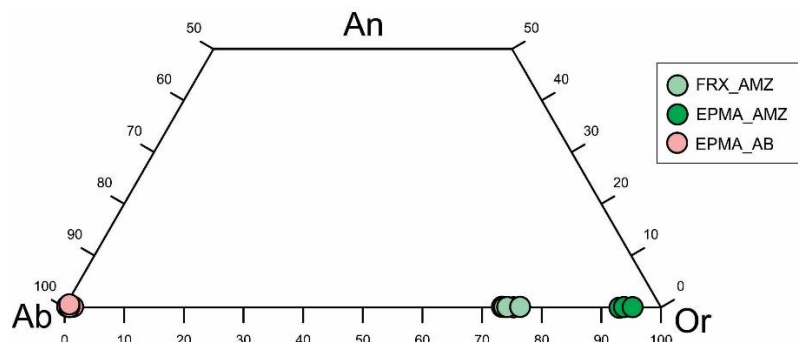
5 DISCUSSÃO

A partir dos resultados expostos sobre a amazonita do Pegmatito Serra Branca foi possível a discussão dos dados com relação à sua química de elementos maiores, a distribuição dos elementos traços entre as fases potássica (amazonita) e sódica (exsolução de albита) da amazonita de Serra Branca, os seus padrões de geminação e reflexo sobre a formação do Pegmatito Serra Branca, a origem e evolução das exsoluções de albита, o ordenamento de Si e Al neste feldspato potássico amazonítico, além das contribuições espectroscópicas e na identificação da *banda da amazonita*.

5.1 QUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES

Duas análises químicas de elementos maiores foram efetuadas neste trabalho, onde a análise por EPMA revelou valores pontuais tanto para a fase potássica (amazonita) quanto para a fase sódica (albита), e a espectrometria por FRX apresentou valores totais da amazonita pertítica, onde há a contribuição tanto da fase potássica quanto da fase sódica. Quando dispostos em um diagrama ternário de Or-Ab-An (Figura 33), percebe-se que os dados da amazonita por EPMA correspondem a valores com maiores contribuições da fase potássica, enquanto que os dados por FRX demonstram em torno de 20% de contribuição da fase sódica ($Ab_{EPMA} - Ab_{FRX} = 19\%Ab$). Esta contribuição da fase sódica é justificada pela presença da albита em intercrescida observada tanto por MOLP quanto por DRX.

Figura 33 - Diagrama ternário de Or-Ab-An da amazonita e albита intercrescida do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

* Or = ortoclásio; An = anortita; Ab = albита. FRX_AMZ = amazonita analisada por FRX, EPMA_AMZ = amazonita analisada por EPMA e EPMA_AB = albита intercrescida analisada por EPMA.

A união de distintas técnicas utilizadas neste trabalho, mostrou-se eficaz na caracterização da amazonita, principalmente em termos da participação de forma quantitativa dos intercrescimentos de albita na composição química da amazonita.

5.2 DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS TRAÇOS ENTRE AS FASES POTÁSSICA E SÓDICA DA AMAZONITA E EXSOLUÇÃO DE ALBITA DO PEGMATITO SERRA BRANCA

O enriquecimento da amazonita do Pegmatito Serra Branca em Rb, Pb, Sr, Ba, Cs, Fe e Ga mostra o caráter evoluído deste pegmatito. Os padrões de distribuição dos elementos traços entre a amazonita e as exsoluções de albita variam de acordo com o raio iônico e carga dos íons devido à sua compatibilidade com a rede cristalina. Examinando esta distribuição para as amazonitas do corpo principal, observa-se que o Rb, Cs, Sr, Ba, Tl e Pb particionaram fortemente para a fase potássica (Quadro 2 e Quadro 3), enquanto que a amazonita da sub-intrusão mostra o mesmo padrão de partição para a fase potássica, exceto para Sr e Ba (Quadro 2 e Quadro 3).

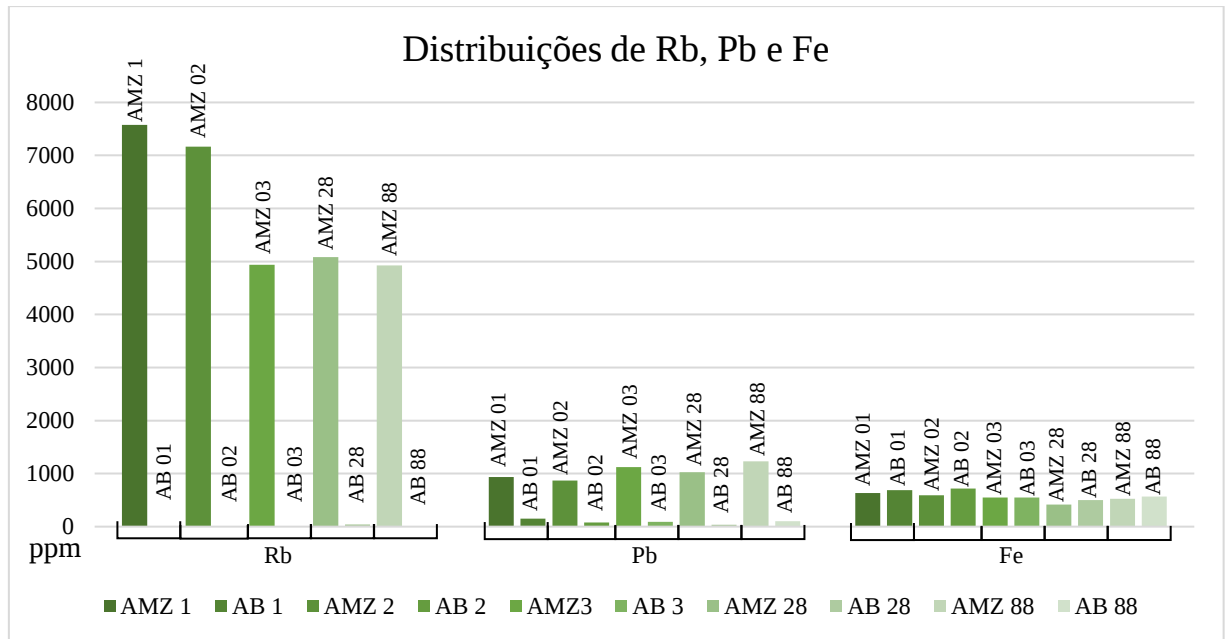
O rubídio, elemento indicativo de alto grau de fracionamento de magmas graníticos (Černý et al., 1985), está presente em quantidades extremamente elevadas, com concentrações acima de 4800 ppm neste pegmatito. Tal valor, quando comparado à outras ocorrências de amazonita, como as estudadas por Sokolov (2006) e a amazonita com um dos mais altos valores de Rb, a amazonita do Batólito de Pikes Peak, contendo de 950 a 5300 ppm de Rb (Foord & Martin 1979), mostra que a amazonita do Pegmatito Serra Branca se caracteriza por um alto valor de Rb. Césio segue um padrão semelhante ao do Rb, porém em menor concentração. Valores, aproximadamente, entre 131 e 435 ppm de Cs são encontrados na amazonita estudada, e estes são próximos a amazonita de West Keivy (Sokolov, 2006). O Tl apresenta raio similar ao Rb demonstrando coerência geoquímica próximas (Heier, 1962) e, em pegmatitos, este elemento tende a entrar em estruturas potássicas enriquecidas em Rb (Černý et al., 1985). Neste sentido, o Tl, com teores entre 57 a 108 ppm, apresenta-se enriquecido na amazonita de Serra Branca quando comparado às amazonitas estudadas por Sokolov (2006), onde o maior valor registrado foi de 83 ppm para a amazonita de West Keivy. O Pb da amazonita de Serra Branca apresenta-se em concentrações relativamente elevadas, variando entre 933 a 1229 ppm. Este valor aparenta estar correlacionado ao alto grau de fracionamento do magma; o enriquecimento de Pb, além de interligar-se com o grau de fracionamento, pode estar associado a processos metassomáticos. Este último caso, ocorre para uma fase “plumbiana” da amazonita de West

Keivy que apresenta altos valores de enriquecimento de Pb, como 13984 ppm (Sokolov, 2006). O Sr e Ba mostram uma relação próxima em feldspatos potássicos (Heier e Taylor, 1959) e são esperados em baixas quantidades em pegmatitos evoluídos (Černý et al., 1985 e referências nele contidas). A amazonita da sub-intrusão apresenta coerência com esta afirmação, apresentando baixos valores para estes elementos (79 ppm para Sr e 11 ppm para Ba), demonstrando um comportamento evoluído desta sub-intrusão em relação a tendências evolutivos observados em pegmatitos. Entretanto, os altos valores destes elementos para a amazonita do corpo principal (310-440 ppm de Sr e 261-830 ppm de Ba), principalmente, quando comparados com os teores das amazonitas estudadas por Sokolov (2006), contradizem o esperado.

Lítio e fósforo também particionam para a fase potássica do feldspato amazonítico, porém em menores quantidades (Quadro 4). O lítio geralmente se apresenta empobrecido em pegmatitos do tipo NYF, comparado à pegmatitos do tipo LCT (enriquecidos em Li, Cs e Ta). Observa-se, nesta dissertação, uma concentração baixa, entre 1,75 a 3,3 ppm de Li na amazonita do corpo principal, enquanto que a amazonita da sub-intrusão é marcada por valores de 11,7 ppm de Li. Espera-se que o Li particione para a fase sódica da pertita, tendo em vista que possui um pequeno raio iônico; contudo, observa-se o contrário para as amazonitas de Serra Branca. Tal contradição também foi observada nas amazonitas de West Keivy, Saint-Ludger-de-Milot, Lac Sairs e Morefield (Sokolov, 2006), explicada pela autora como uma distorção no sítio *M*, devido à entrada de grandes íons como Rb^+ , Cs^+ , Tl^+ e Pb^{2+} que permite a presença dos íons de Li^+ . O fósforo atua como elemento substitucional no sítio *T* em ambas as fases sódica e potássica, mas favorece o último. Alguns elementos apresentaram partições semelhantes para ambas as fases como o Ga, Ge que participam de substituições no sítio *M*, e Y, La, Ce e Eu que substituem íons do sítio *M* (Quadro 3 e Quadro 4).

O ferro é um elemento não retratado na literatura como um elemento fracionado para feldspatos potássicos. Quando no estado de oxidação férrico, o Fe^{3+} , tende a substituir íons do sítio *T*. Na amazonita de Serra Branca, este elemento apresenta-se em alta concentração (417 ppm na sub-intrusão e 633 ppm no corpo principal). Entretanto, estes valores são ainda mais elevados para as exsoluções de albita (500 ppm para a sub-intrusão, 719 ppm para o corpo principal), demonstrando um fracionamento deste elemento para a fase sódica (Quadro 2).

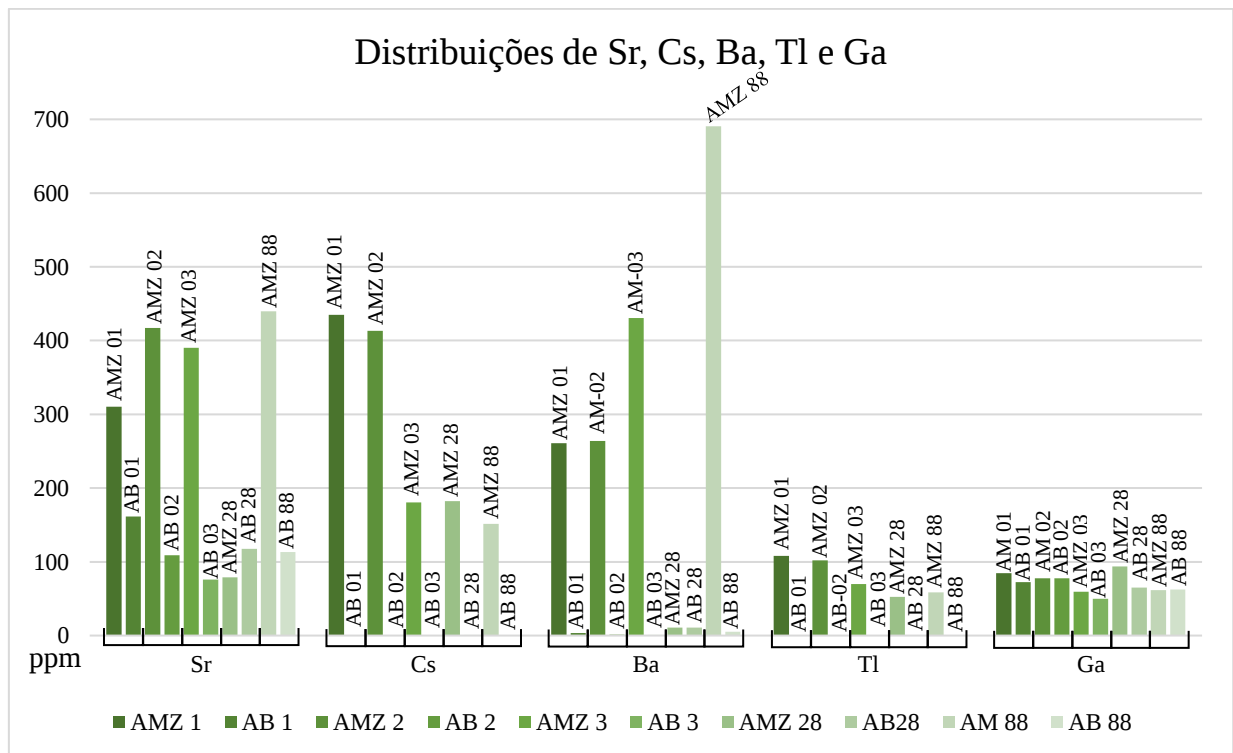
Quadro 2 - Distribuição dos elementos Rb, Pb e Fe entre a amazonita e a exsolução de albita do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

* AMZ 1, 2, 3, 28 e 88 = amazonitas AM-01, AM-02, AM-03, AMZ-28D e AMZ-88. AB 1, 2, 3, 28 e 88 = exsoluções de albita da amazonita AM-01, AM-02, AM-03, AMZ-28D e AMZ-88.

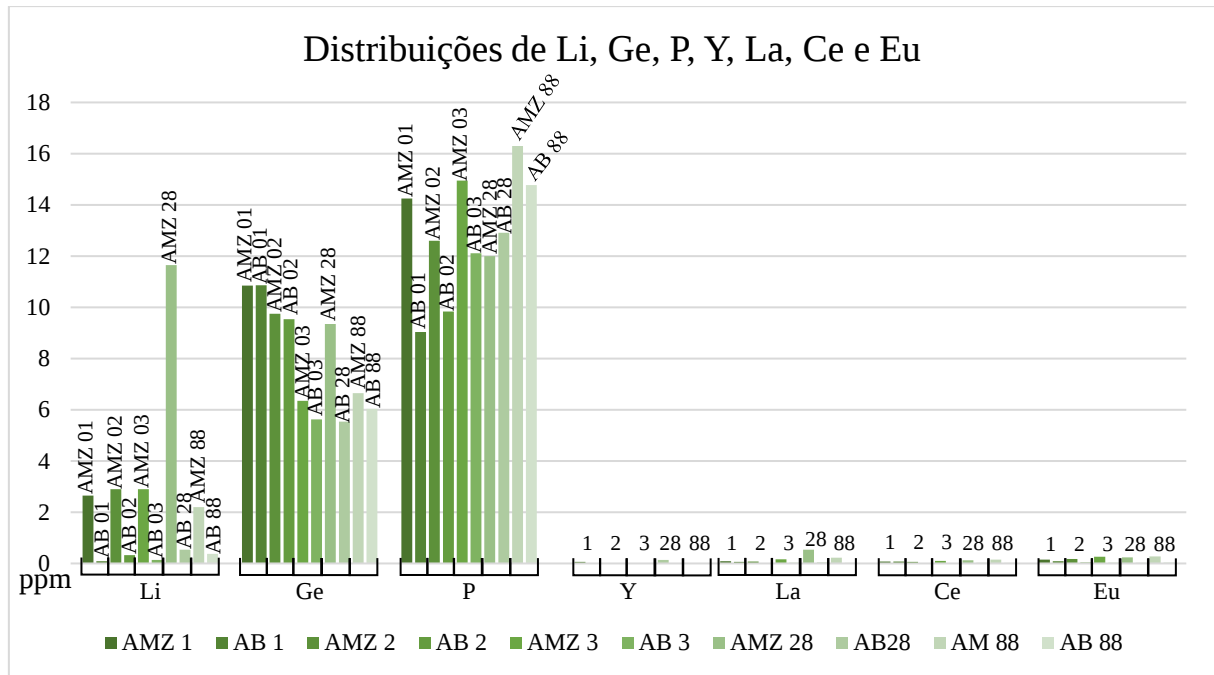
Quadro 3 - Distribuição dos elementos Sr, Cs, Ba, Tl e Ga entre a amazonita e a exsolução de albita do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

* AMZ 1, 2, 3, 28 e 88 = amazonitas AM-01, AM-02, AM-03, AMZ-28D e AMZ-88. AB 1, 2, 3, 28 e 88 = exsoluções de albita da amazonita AM-01, AM-02, AM-03, AMZ-28D e AMZ-88.

Quadro 4 - Distribuição dos elementos Li, Ge, P, Y, La, Ce e Eu entre a amazonita e a exsolução de albita do Pegmatito Serra Branca.



Fonte: A Autora (2019).

* AMZ 1, 2, 3, 28 e 88 = amazonitas AM-01, AM-02, AM-03, AMZ-28D e AMZ-88. AB 1, 2, 3, 28 e 88 = exsoluções de albita da amazonita AM-01, AM-02, AM-03, AMZ-28D e AMZ-88. 1 = AMZ 1, AB 1; 2= AMZ 2, AB 2; 3= AMZ 3, AB 3; 28= AMZ 28, AB 28, 88= AMZ 88, AB 88.

5.3 PADRÕES DE GEMINAÇÃO DA AMAZONITA DO PEGMATITO SERRA BRANCA

O estudo de padrões de geminação em feldspato potássico vem sendo utilizado para explicar, de forma sistemática, processos geológicos em uma perspectiva histórica (Fitz Gerald e McLaren, 1982; Parsons e Lee, 2005; Sánchez-Muñoz et al. 2012). Nesta dissertação, este estudo foi realizado a partir de MOLP, seguindo os padrões de geminação propostos por Sánchez-Muñoz et al. (2012). Neste sentido, observou-se que a amazonita provém de um precursor ordenado, em que se observa difratogramas de raios-X com características triclinicas e feições de geminações cruzadas em microscopia óptica, ambos presentes na amazonita de Serra Branca. Quando o modelo evolutivo proposto por Sánchez-Muñoz et al. (2012) é colocado em perspectiva ao perfil transversal realizado de topo à base da zona da amazonita, pode-se observar algumas relações.

No topo da zona da amazonita, em contato com a rocha encaixante, a amazonita apresentou padrões de geminação cruzada e por vezes geminação do tipo *chessboard*, além da coalescência de padrões de mesma orientação em algumas porções, assinalando uma amazonita com feições da primeira geração em um estágio mais evoluído. No centro da zona da amazonita,

são observados padrões de primeira geração com a presença de geminação *tartan* e o desenvolvimento de espessamento das geminações da Lei da Albite, que geram terminações em ponta de agulha e filmes de albite em zigue-zague, representando padrões típicos da primeira geração em um estágio intermediário dentro da evolução. A amazonita da base da zona, principalmente, em contato com a zona da albite, apresenta feições distintas das observadas nas amostras anteriores, bem mais evoluídas características de padrões de geminação entre a primeira e segunda geração. Esta apresenta filmes de albite espessos e grandes bandas de coalescência de geminações de mesma orientação.

A amazonita da sub-intrusão apresenta feições distintas e evoluídas das observadas no perfil do corpo principal. Um grande desenvolvimento da geminação da Lei da Albite em pontas de agulha e com espessamento de filmes de albite é observado. Além disso, uma grande coalescência de geminações de mesma orientação segue na orientação da geminação da Lei da Periclina. Esta amazonita apresenta padrões de geminação entre a primeira e segunda geração, contudo não se observa uma coerência com as descrições realizadas para a amazonita do corpo principal, o que pode indicar um diferente pulso magmático (?) para esta sub-intrusão.

5.4 ORIGEM E EVOLUÇÃO DE PROCESSOS DE INTERCRESCIMENTO DE ALBITE

Os fatores que estão relacionados à formação de intercrecimentos de albite pode ser resultado de vários processos, onde cada padrão textural corresponde a um processo genético (Andersen, 1928). A origem para os veios de albite é discutida por diversos autores, entretanto, a sugestão de Andersen (1928) é, ainda, a mais aceita, onde há uma substituição em pertitas (formadas por processos de exsolução; Smith e Brown, 1988) em baixa temperatura, a partir de soluções que podem ou não ser do próprio cristal. Esta substituição também pode ser intensificada pela presença de fluidos que espessam e causam maiores substituições. No caso da amazonita de Serra Branca, os veios de albite aparentam ser introduzidos por fluxos externos, tendo em vista sua composição relativamente pura (Ab_{~99}), que não é esperada em condições somente de processos de exsolução. Além disso, pode-se observar processos de intensificação destes veios, principalmente em sua espessura, já que os veios de albite da amazonita de Serra Branca são extremamente largos, alcançando ~8 mm de espessura, e estes orientados aproximadamente perpendicular a face (010). Exceto pela espessura, essa microtextura apresentada pela amazonita pertítica se assemelha com observações em feldspatos potássicos de pegmatitos da Noruega (Andersen, 1928).

São observados padrões anastomosados, onde há presença de filmes e veios de albita com aproximadamente 60° à face (010), nas amostras de amazonita do corpo principal. Na amazonita da sub-intrusão ocorre, também, veios perpendiculares a face (010). Estes padrões podem estar interligados com processo de infiltração dentro de redes de fraturas de contração, de mesma orientação, governadas pela clivagem em {110} (Andersen, 1928), estas redes também são encontradas em feldspatos pegmatíticos de Keystone (Lee e Parsons, 2015). Tais feições, relacionadas à processos de infiltração de fluidos, ocorrem, principalmente, nas amostras AM-02 e AM-03, próximas ao contato com o grande volume de zona da albita. A amazonita do centro da zona da amazonita (AM-02) mostra influências de um fluido externo na modificação de texturas de intercrescimento, mas estas influências não participaram nos processos de padrões de geminação.

Albitas substitucionais associadas à turbidez são encontradas em feldspatos de Shap Granite que possuem subgrãos com limites bem definidos desenvolvidos em {110} (Parsons et al., 2015). Apesar de porções de turbidez serem encontradas na amazonita de Serra Branca, veios com subgrãos de albita e/ou microclina não são desenvolvidos nestes feldspatos.

5.5 ORDENAMENTO DA AMAZONITA

Como retratado nesta dissertação, a transformação difusiva da fase monoclinica para a triclinica resulta em um ordenamento na distribuição de Si e Al nos tetraedros T , onde a microclina ordenada tem os átomos de Al concentrados nos tetraedros T_10 (Kroll, 1983). Como a determinação do quanto um feldspato potássico é ordenado em termos de sua topologia em Si e Al não consiste de um processo simples, várias metodologias foram desenvolvidas para tentar quantificar este ordenamento, como: a triclinicidade por DRX (Δ , Goldsmith e Laves, 1954), ordenamento por espectroscopia de IV-ATR (Hofmeister e Rossman, 1985; Ostrooumov, 2016), parâmetro ∇ por espectroscopia de micro Raman (Sánchez-Muñoz et al., 2008).

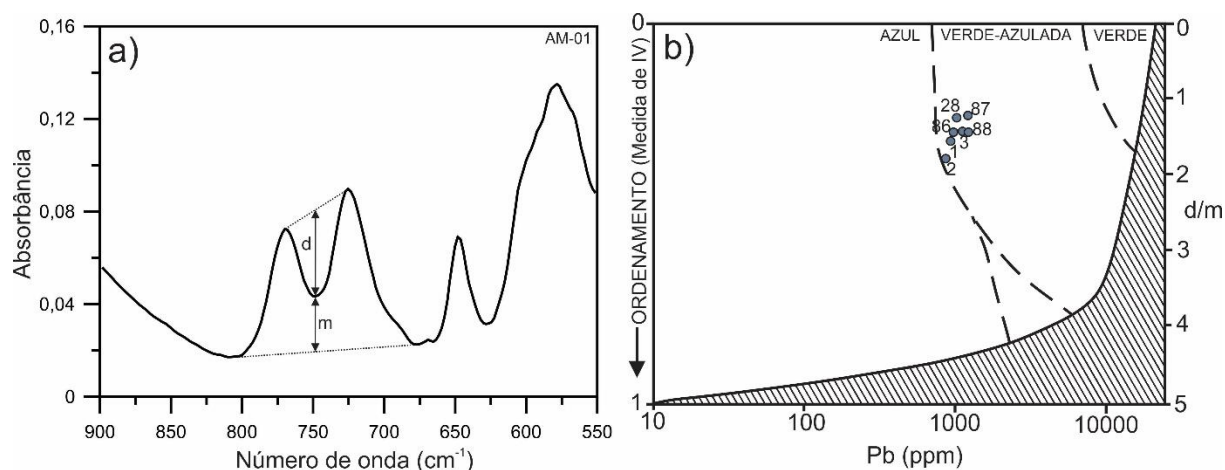
A triclinicidade consiste da primeira tentativa de quantificação do grau de ordenamento de Si e Al. Considerando a natureza triclinica de uma microclina como um desvio dos ângulos da rede α e γ (ou α^* e γ^* no espaço recíproco) de 90° , a triclinicidade é determinada como a quantidade deste desvio, desenvolvendo-se através da equação $\Delta = 12,5 \times d(131) - d(\bar{1}\bar{3}1)$, cujas distâncias interplanares $d(131)$ e $d(\bar{1}\bar{3}1)$ são identificados pela indexação na região onde o 2θ está entre 29° e 30° (Goldsmith e Laves, 1954). Assim, a microclina será altamente

ordenada ou desordenada quando Δ for igual a 1 ou 0, respectivamente. Contudo, sabendo-se que a microclina consiste de uma mistura heterogênea de espécies minerais e com uma grande variedade de microestruturas (Sánchez-Muñoz et al., 2012), uma análise que se baseia num pó deste mineral, não necessariamente retratará o grau de ordenamento de Si-Al (Enggleton e Buseck, 1980), ou seja, representará somente de forma qualitativa o ordenamento deste mineral. Neste sentido, a amazonita de Serra Branca apresenta valores de triclinicidade entre 0,92 a 0,97, demonstrando, qualitativamente, uma amazonita altamente ordenada.

O ordenamento através da espectroscopia de reflexão total atenuada no infravermelho também deve ser levado em conta na discussão acima, sobre a determinação de um grau de ordenamento através do método de pó. Entretanto, Ostrooumov (2016) mostra que algumas bandas de absorção refletem o grau de ordem de feldspatos alcalinos, estas estão entre 640-650 cm^{-1} (ν_1) e 540-550 cm^{-1} (ν_2) e entre 720-730 e 760-780 cm^{-1} . O mesmo autor destaca que as bandas ν_1 e ν_2 são causadas pela vibração simétrica dos tetraedros de sílica e refletem a mudança na constante de rigidez das ligações entre O, Si e Al nos tetraedros T_2 (ν_2) e T_2 (ν_1). Sendo assim, o valor de $\Delta = \nu_1 - \nu_2$ corresponde ao grau de ordem de feldspatos alcalinos que varia de 90 cm^{-1} (sanidina desordenada) a 100 cm^{-1} (microclina altamente ordenada). A fórmula empírica $\Theta = 0,05 \times (\Delta\nu - 90)$ pode ser aplicada para o valor de ordem do infravermelho. Contudo, as bandas retratadas por este autor não ocorrem nos espectros de IV-ATR da amazonita de Serra Branca, e em tentativas de identificação, Θ apresenta valores de superiores a 100 cm^{-1} .

Hofmeister e Rossman (1985) retratam que o grau de Si/Al pode ser determinado através de RTA-IV pela separação de duas bandas próximas à 768 e 728 cm^{-1} , e como medida dessa separação se utiliza a intensidade entre as duas bandas, acima (d) e abaixo (m) do ponto de inflexão, entre os picos resultando numa medida “d/m”. Esta medida pode ser relacionada à concentração de chumbo na amostra e, conseqüentemente, ao grau de ordenamento, onde a amazonita de Serra Branca apresenta um baixo valor de ordenamento e se encaixa no campo das amazonitas verde azulada (Figura 34). Porém, pode-se observar que este resultado não condiz com as observações realizadas para o ordenamento pelo método da triclinicidade, em que a amazonita estudada apresenta padrões de alto ordenamento de Si e Al. Além disso, a amazonita de Serra Branca apresenta espectros de absorção no visível que a classifica como tipo B (azul, absorção em 620 nm), contradizendo o tipo D (verde azulada, absorção em 620 e 730 nm) observada na Figura 33, segundo definido pelos autores.

Figura 34 - Medida de ordenamento de Si/Al a partir de IV-ATR da amazonita de Serra Branca.



Fonte: a) A Autora (2019). b) Modificado de Hofmeister e Rossman (1985).

a) Espectro de reflexão total atenuada no infravermelho da amazonita de Serra Branca (AM-01) exemplificando a identificação dos parâmetros d e m. b) Parâmetro d/m utilizado como uma função do conteúdo de Pb na amostra. Linhas pontilhadas demonstram os limites dos tipos de amazonita determinadas por Hofmeister e Rossman (1985).

5.6 ESPECTROSCOPIA E CENTROS DE COR DA AMAZONITA

O espectro de absorção no visível revela uma banda de absorção na faixa entre 586 a 620 nm, característica da *banda de amazonita* da amazonita de Serra Branca. Esta banda é observada para a amazonita do tipo B de Hofmeister e Rossman (1985) e para a amazonita azul de Ostrooumov (2016), que as correlacionam como responsável pela coloração da amazonita. Esta banda associa-se às feições interligadas com a presença de Pb que são explicadas em duas teorias, discutidas neste trabalho. A teoria de Hofmeister e Rossman (1985), retrata a presença de Pb^{+} no sítio M, gerada a partir da oxidação de Pb pelo radical $(OH)^0$, demonstrando o papel catalisador da água para a formação deste centro de cor. A segunda teoria, de Ostrooumov (2016), relaciona a presença do centro eletrônico Pb^{+} ou possíveis complexos de troca conjunta que resultam no centro: $Pb^{+}-(O, OH)-Fe^{3+}$ como responsáveis pela coloração de amazonitas. Em ambos os casos, a presença de Pb^{+} é relacionada à coloração da amazonita, e para as amazonitas de Serra Branca, sugere-se a presença de Pb^{+} como centro de cor da amazonita. Entretanto, ambas referências retratam que esta banda ocorre em microclina pertítica de coloração azul e com baixa concentração de Pb, o que não é o caso da amazonita de Serra Branca que contém cor verde azulada e concentrações relativamente altas de Pb.

A espectroscopia IV mostra a presença de várias bandas de absorção no infravermelho médio. A banda de 3404 a 3406 cm^{-1} pode ser correlacionada à vibração da ligação de H-OH e à presença de água estrutural em microclinas (Hofmeister e Rossman, 1985; Ostrooumov,

2016). Esta banda revela a presença da água estrutural na amazonita, que se interliga de forma indireta com a coloração, tendo em vista sua necessidade como papel catalisador para a formação do centro de cor de Pb^{+} .

O espectro de reflectância vem embasar e complementar as feições observadas nos espectros de absorção. Este espectro demonstra uma banda entre 383 e 404 nm que pode ser atribuída às feições de absorção do ferro. Tal banda se relaciona a banda I descrita por Ostrooumov (2016) que retrata a presença de óxidos e hidróxidos de Fe finamente dispersos na estrutura, por centro Al-buraco ($Al-O^{-}-Al$) e centros estruturais de $^{IV}Fe^{3+}$. As bandas entre 633 e 640 nm relacionam-se a *banda de amazonita* da amazonita de Serra Branca descritas acima. Além disso, feições entre 1410-1917 nm referem-se à presença de H_2O e, bandas entre 2205 e 2208 nm podem ser atribuídas à combinação da vibração de deformação axial de OH e a vibração de deformação angular de Al-OH (Hunt, 1977).

6 CONCLUSÃO

A amazonita do Pegmatito Serra Branca caracteriza-se por uma microclina pertítica de coloração verde azulada com diferentes saturações. Ocorre no Pegmatito Serra Branca, na zona da amazonita, como megacristais subédricos de até 2 m de comprimento, apresentando grandes geminações simples, intercrescimento gráfico e exsoluções de albita. Também ocorre em sub-intrusões do corpo principal, como grandes cristais euédricos de ~15 cm com exsoluções de albita. Apresenta uma bela coloração e compõe cerca de 70% do volume do corpo pegmatítico de Serra Branca, caracterizando-o como uma rara ocorrência, que o tornou fonte de exploração da empresa Granistone S/A como rocha ornamental e exportação para adornos mineral e para joalheria. A amazonita estudada traz novos conhecimentos sobre os feldspatos amazoníticos, raramente encontrado como principal mineral constituinte da quase totalidade de um corpo pegmatítico. Além de sua importância econômica como rocha ornamental e adornos, a amazonita do Pegmatito Serra Branca caracteriza a ocorrência de um primeiro distrito pegmatítico do tipo NYF no Nordeste do Brasil, o Distrito Pegmatítico Vieirópolis (PB)-Tenente Ananias (RN)-Malta (PB).

Microscopicamente, apresenta padrões de geminações em *tartan*, cruzada e *chessboard*, feições de espessamento com a presença de geminação de Lei da Albita com terminação em ponta de agulha, filmes de albita e grandes porções de coalescência de geminação. Quando em perspectiva de um perfil transversal ao corpo principal, do topo em contato com a rocha encaixante e partes da zona da albita, a base em contato com a zona da albita na zona da amazonita, os padrões de geminação são marcados por padrões de primeira geração com transições para a segunda geração. A amazonita da sub-intrusão mostra padrões de geminação totalmente distintos dos observados no corpo principal, e que podem ser descritos como originados de um pulso magmático (?) distinto ao corpo principal.

Os intercrescimentos de albita apresentaram-se, principalmente, em grandes veios com geminação polissintética da Lei da Albita. Estes veios estão orientados perpendiculares à face (010) e mostram contatos irregulares. Filmes e veios de albita também são observados orientados paralelos à face {110}, apresentando feições anastomosadas com os veios paralelos a (100) na amazonita do corpo principal, enquanto que veios perpendiculares à face (010) são observados na amazonita da sub-intrusão.

A partir de análises de DRX e IV-ATR, a amazonita de Serra Branca foi caracterizada por fases minerais de microclina, qualitativamente, com alto ordenamento, triclinicidade de 0,92 a 0,97 e albitas intercrescidas. A partir da análise química pontual, a fase microclina e a

fase da albita intercrescida apresentam uma composição modal de $\text{Or}_{95,32-93,03}\text{Ab}_{6,96-4,58}\text{An}_{0,18-0,02}$ e $\text{Or}_{1,38-0,33}\text{Ab}_{99,50-98,48}\text{An}_{0,47-0,08}$, respectivamente. Quando a amazonita é analisada como um todo, apresentam composição modal de $\text{Or}_{76,26-73,24}\text{Ab}_{26,61-23,64}\text{An}_{0,20-0,05}$, demonstrando que o intercrescimento de albita (Ab) fica em torno dos 19%.

A distribuição dos elementos traços entre a amazonita e as exsoluções de albita mostram elevados valores de Rb, Pb, Sr, Ba, Cs, Fe e Ga para o mineral estudado. Entretanto, os principais elementos particionados para a fase potássica do corpo principal são Rb, Cs, Sr, Ba, Tl e Pb, e em menor quantidade Li e P; enquanto que para a sub-intrusão, fracionaram-se Rb, Cs, Tl, Pb e em menor quantidade o Ga. O Fe, apesar de estar em grande concentração na fase potássica, ainda fraciona para a fase sódica realizando substituições no sítio *T*.

A espectroscopia demonstra a *banda de amazonita* entre 586 e 640 nm correlacionadas com presença de chumbo, responsável pela cor da amazonita, além disso bandas entre 383-404 nm, 1410-1917 nm e 2205-2208 nm são relacionadas a presença de ferro, água e caulinita, respectivamente.

Futuros estudos envolvendo espectroscopia de ressonância paramagnética eletrônica, irradiação associada à espectroscopia de absorção no ultravioleta, propriedades luminescentes por termoluminescência podem revelar maiores informações sobre o centro de cor da amazonita e defeitos associados a este mineral. A espectroscopia micro Raman, associada ao estudo micropetrográfico utilizando, o parâmetro de ordenamento ∇ , e o refinamento de difratogramas de DRX pelo método Rietveld, poderão resultar em uma análise qualitativa acerca do ordenamento de Si e Al.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M.; HASHUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Sciences Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.
- ANDERSEN, O. The genesis of some types of feldspar from granite pegmatites. **Norsk Geologisk Tidsskrift**, v. 10, p. 116-207, 1928.
- ANGELIM, L.A.A. (Ed). **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM/FAPER: 2006. 1 mapa, colorido. Escala 1:500.000.
- ARAÚJO NETO, J.F.; LIRA SANTOS, G.; SOUZA, I.M.B.A.; BARRETO, S.B.B.; SANTOS, L.C.M.L.; BEZERRA, J.B.S.; CARRINO, T.A. Integration of remote sensing and airborne geophysical data applied to geological mapping: a case study of the Vieirópolis region (Paraíba), Rio Grande do Norte Subprovince, Borborema Province. **Série Científica USP**, v. 18, n. 3, p. 89-103, 2018.
- BARRETO, S.B. **Caracterização químico-mineralógica dos berilos de Tenente Ananias – RN**. 1991. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 1991.
- BARRETO, S.B.; MULLER, A.; ARAUJO NETO, J.F.; BEZERRA, J.P.S.; SOUZA, I.M.B.A.; FRANÇA, R.H.M.; SANTOS, L.C.M.L. Vieirópolis Pegmatite Field, Northwest of Paraíba State, Brazil: New Occurrences of Amazonite Pegmatites. *In*: Jacobson, M. I. (ed.), **Second Eugene E. Foord Pegmatite Symposium**: abstracts, short papers, posters and program. Denver: Friends of Mineralogy, Colorado Chapter, 2016, p. 24-26.
- BEURLIN, H.; BARRETO, S.; MARTIN, R.; MELGAREJO, J.; DA SILVA, M.R.R.; SOUZA NETO, J.A. The Borborema Pegmatite Province, NE-Brazil revisited. **Estudos Geológicos**, v. 19, n. 2, p. 62-66, 2009.
- BRITO NEVES, B.B.; SANTOS, E.J.; VAN SCHMUS, W.R. Tectonic History of the Borborema Province. *In*: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; TOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (eds.). **Tectonic Evolution of South America**. Presented at the 31st International Geological Congress. Rio de Janeiro, 2000. p. 151-182.
- BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PIMENTEL, M.M. The Brasiliano collage in South America: a review. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 3, p. 493-518, 2014.
- BROWN, W.L.; SMITH, J.V. **Feldspar Minerals**. 2 ed. Germany: Springer-Verlag, 1988, 809p.
- ČERNÝ, P.; MEINTZER, R.E.; ANDERSON, A.J. Extreme fractionation in rare-element granitic pegmatites: selected examples of data and mechanisms. **Canadian Mineralogist**, v. 23, p. 381-421, 1985.
- CLARK, R.N. Spectroscopy of rocks and minerals, and principles of spectroscopy. *In*: RENCZ, A.N. (ed.). **Manual of remote sensing**: remote sensing for the earth science. New York: John Wiley and Sons, 1999. v. 3, p. 3-58.

CLARK, R.N.; ROUSH, T.L. Reflectance spectroscopy: quantitative analysis techniques for remote sensing applications. **Journal of Geophysical Research**, v. 89, ed. B7, p. 6329-6340, 1984.

DANTAS, E.L.; SOUZA, Z.S.; WERNICK, E.; HACKSPACHER, P.C.; MARTIN, H.; XIAODONG, D.; LI, J.W. Crustal growth in the 3.4-2.7 Ga São José de Campestre Massif, Borborema Province, NE Brazil. **Precambrian Research**, v. 227, p. 120-156, 2013.

EGGLETON, R.E.; BUSECK, P.R. The Orthoclase-Microcline Inversion: A High-Resolution Transmission Electron Microscope Study and Strain Analysis. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 74, p. 123-133, 1980.

FETTER, A. H.; VAN SCHMUS, W. R.; SANTOS, T. J.S.; NOGUEIRA NETO, J. A.; ARTHAUD, M. H. U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic Supercontinent "Atlantica". **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, p. 102-106, 2000.

FITZ GERALD, J.D.; MCLAREN, A.C. The microstructures of microcline from some granitic rocks and pegmatites. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 80, p. 219-229, 1982.

FOORD, E.E.; MARTIN, R.F. Amazonite from the Pikes Peak Batholith. **The Mineralogical Record**, v. 10, n. 6, p.373-384, 1979.

GOLDSMITHJ, R.; LAVES, F. The microcline sanidine stability relations. **Geochimica et Cosmochima Acta**, v. 5, p. 1-19, 1954.

HEIER, K.S. Spectrometric uranium and thorium determinations on some high-grade metamorphic rocks on Langöy, Northern Norway. **Norsk Geologisk Tidsskrift**. v. 42, p.143-156, 1962.

HEIER, K.S.; TAYLOR, S.R. Distribution of Ca, Sr and Ba in southern Norwegian pre-Cambrian alkali feldspars. **Geochimica et Cosmochima Acta**. Vol. 17, p. 286-304, 1959.

HOFMEISTER, A.M.; ROSSMAN, G.R. Color in feldspars. In: RH. Ribbe (ed.) **Feldspar Mineralogy**. 2 ed. Washington: Mineralogical Society of America, 1983. v. 2, cap. 11, p. 271-280. (Reviews in Mineralogy).

HOFMEISTER, A.M.; ROSSMAN, G.R. A spectroscopic study of irradiation coloring of amazonite: structurally hydrous, Pb-bearing feldspar. **American Mineralogist**, v. 70, p. 794-804, 1985.

HUNT, G. R. Spectral signatures of particulate minerals in the visible and near infrared. **Geophysics**, v. 42, p. 501-513, 1977.

JARDIM DE SÁ, E.F. **A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana**. 1994. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1994.

JARDIM DE SÁ, E.F., SALIM, J. Reavaliação dos conceitos estratigráficos na região do Seridó (RN-PB). **Mineração e Metalurgia**, v. 417, p.16-28, 1980.

JOCHUM, K.P.; WEIS, U.; STOLL, B.; KUZMIN, D.; YANG, Q.; RACZEK, I.; JACOB, D.E.; STRACKE, A.; BIRBAUM, K.; FRICK, D.A.; GÜNTHER, D.; ENZWEILER, J. Determination of reference values for NIST SRM 610-617 glasses following ISO guidelines. **Geostandards and Geoanalytical Research**, v. 35, p. 397–429, 2011.

JORDT-EVANGELISTA, H.; CÉSAR-MENDES, J.; LIMA, A.L.C. Amazonitização em granito resultante da intrusão de pegmatitos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4, p. 693-698, 2000.

KROLL, H. Determination of Al,Si distribution in alkali feldspars from X-ray powder data. **Neues Jahrbuch für Mineralogie – Monatshefte**, v. 2, p. 91–94, 1971.

KROLL, H. Lattice parameters and determinative methods for plagioclase and ternary feldspars. In RIBBE, P.H. (ed). *In: RIBBE, R.H. (ed.) Feldspar Mineralogy*. 2 ed. Washington: Mineralogical. Society of America, 1983. v. 2, p. 101-119. (Review in Mineralogy).

LEE, M.R.; PARSONS, I. Diffusion-controlled and replacement microtextures in alkali feldspars from two pegmatites: Perth, Ontario and Keystone, South Dakota. **Mineralogical Magazine**, v. 79, n.7, p. 1711-1735, 2015.

LIRA SANTOS, G.; WATANABE, E.T.F.; ARAÚJO NETO, J.F.; SOUZA, I.M.B.A.; BARRETO, S.B. Mineralogical characterization of amazonites from Serra do Pinheiro Pluton, Sertânia (PE), Brazil. **Estudos Geológicos**, v. 27, n .1, p. 95-107, 2017.

MALVERN PANALYTICAL. **FieldSpec 4 Standard-Res Spectroradiometer**. Disponível em: <https://www.asdi.com/products-and-services/fieldspec-spectroradiometers/fieldspec-4-standard-res/>. Acesso em: 19 jul. 2018.

MARTIN, G.R.; DE VITO, C.; PEZZOTA, F. Why is amazonitic K-feldspar an earmark of NYF-type granitic pegmatites? Clues from hybrid pegmatites in Madagascar. **American Mineralogist**, v. 93, p. 263-269, 2008.

MCGREGOR, C.R. **Characterization of granitic and pegmatitic K-feldspars from Lac du Bonnet, Southeastern Manitoba and Dryden, Northwestern Ontario by rapid X-ray diffraction and chemical methods**. 1984. Dissertação (Mestrado). Manitoba University, Winnipeg, Manitoba, 1984.

MEDEIROS, V. C. (org.). **Geologia e Recursos Minerais da Folha Sousa SB.24-Z-A**. Escala 1:250.000. Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2008. Relatório Técnico, 312p.

OSTROOUMOV, M. **Amazonite. Mineralogy, Crystal Chemistry and Typomorphism**. 1 ed. Elsevier. 2016, 228p.

OSTROOUMOV, M.; BANERJEE, A. Typomorphic features of amazonitic K-feldspar

from the Keivy granitic pegmatite (Kola Peninsula, Russia). **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen**, v. 85, p. 89-102, 2005.

PAPIKE, J.J.; CAMERON, M. Crystal chemistry of silicate minerals of geophysical interest. **Reviews in Geophysics and Space Physics**, v. 14, n. 1, p. 55-86, 1976.

PETROV, I.; MINEEVA, R.M.; BERSHOV, L.V.; AGEL, A. EPR of $^{1}\text{Pb-PbP}^{+}$ mixed valence pairs in amazonite-type microcline. **American Mineralogist**, v. 78, p. 500-510, 1993.

PARSONS, I.; LEE, M.R. Minerals are not just chemical compounds. **Canadian Mineralogist**, v. 43, p. 1959-1992, 2005.

PARSONS, I.; FITZ GERALD, J.D.; LEE, M.R. Routine characterization and interpretation of complex alkali feldspar intergrowths: Review. **American Mineralogist**, v. 100, p. 1277-1303, 2015.

PETROV, I.; MINEEVA, R.M.; BERSHOV, L.V.; AGEL, A. EPR of $[\text{Pb-Pb}]^{3+}$ mixed valence pairs in amazonite-type microcline. **American Mineralogist**, v. 78, p. 500-510, 1993.

PRADO, F. S.; OLIVEIRA, A.A.; LEITE, E.A.; GOMES, F.E.; SILVA, F.P.; COLARES, J.Q.S. **Projeto Lavras da Mangabeira: Mapa geológico integrado (escala 1:200.000)**. Fortaleza: DNPM/CPRM, 1980.

PUTNIS, A.; MCCONNELL, J.D.C. **Principles of mineral behavior**. New York: Elsevier. 1980, 257 p.

RIBBE, P.H. **Feldspar Mineralogy**, 2 ed. Washington, DC.: Mineralogical Society of America, 1983, 362p. (Reviews in Mineralogy).

SÁ, M.J.; SOUSA, L.C.; LEGRAND, J.M.; GALLINDO, A.C.; MAIA, H.N.; FILLIPPI, R.R. U-Pb and Sm-Nd data of the Rhyacian and Statherian Orthogneisses from Rio Piranhas-Seridó and Jaguaribeano Terranes, Borborema Province, Northeast of Brazil. **Geologia-USP. Série Científica**, v. 14, ed. 3, p. 97-110, 2014.

SÁNCHEZ-MUÑOZ, L.; GARCÍA-GUINEA, J.; ZAGORSKY, V.Y.; JUWONO, T.; MODRESKI, P.J.; CREMADES, A.; VAN TENDELOO, G.; MOURA, O.J.M. The evolution of twin patterns in perthitic K-feldspar from granitic pegmatites. **Canadian Mineralogist**, v. 50, p. 989-1024, 2012.

SANTOS, E.J.; SOUZA NETO, J.A.; SILVA, M.R.R.; BEURLIN, H.; CAVALCANTI, J.A.D.; SILVA, M.G.; DIAS, V.M.; COSTA, A.F.; SANTOS, L.C.M.L.; SANTOS, R.B. Metalogênese das porções norte e central da Província Borborema. In: SILVA, M.G.; ROCHA NETO, M.B.; JOST, H.; KUYUMIJAN, R.M. **Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras**. Belo Horizonte: CPRM, 2014. p. 343-388.

SOKOLOV, M. **Characterization of Pb and selected trace elements in amazonitic K-feldspar**. 2008. Tese (Doutorado). McGill University, Montreal, Québec, 2008.

STEVENSON, R.K; MARTIN, R.F. Implications of the presence of amazonite in the Broken Hill and Geco metamorphosed sulfide deposits. **Canadian Mineralogist**, v. 24, p. 729-745, 1986.

SMITH, J.V.; BROWN, W.L. **Feldspar Minerals: crystal structures, physical, chemical, and microtextural properties**, ed. 2. Berlim: Springer Science & Business Media, 1984, 828p.

TAYLOR, W.H. The structure of sanidine and other feldspar. **Zeitschrift für Kristallographie**, v. 85, p. 425-442, 1933.

VAHUR, S.; TEEARU, A.; LEITO, I. ATR-FT-IR spectroscopy in the region of 550-230 cm⁻¹ for identification of inorganic pigments. **Spectrochimica Acta Part A Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 75, ed. 3, p.1061-1072, 2010.

VAN SCHMUS, W.R.; OLIVEIRA, E.P.; SILVA FILHO, A.F.; TOTEU, S.F.; PENAYE, J.; GUIMARÃES, I.P. Proterozoic links between the Borborema Province, NE Brazil and the Central African Fold Belt. **Geological Society Special Publications**, v. 294, p. 69-99, 2008.

VAN SCHMUS, W.R.; KOZUCH, M.; BRITO NEVES, B.B. Precambrian history of the Zona Transversal of the Borborema Province, NE Brazil: Insights from Sm-Nd and U-Pb geochronology. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 31, p. 277-252, 2011.

WISE, M.A. Characterization and classification of NYF-type pegmatites. **Canadian Mineralogist**, v. 37, p. 802-803, 1999.

WRIGHT, T.L.; STEWART, D.B. X-ray and optical study of alkali feldspars. I. Determination of composition and structural state from refined unit-cell parameters and 2V. **American Mineralogist**, v. 53. P. 38-87, 1968.

ANEXO A – TABELA DE AMOSTRAS UTILIZADAS

AMOSTRA	DESCRIÇÃO	PREPARAÇÃO	ANÁLISE
AM-01	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 300 mm e de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , seção bipolarida de ~ 0,82 mm de espessura.	EPMA; LA-ICP-MS; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-02	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 300 mm e de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , duas seções bipolaridas de ~ 0,81 mm e ~0,90 mm de espessura.	EPMA; LA-ICP-MS; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-03	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 300 mm e de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , duas seções bipolaridas de ~ 0,98 mm e ~1,08 mm de espessura.	EPMA; LA-ICP-MS; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-04	Amazonita verde azulada translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , seção bipolarida de ~ 0,55 mm de espessura, peça lapidada em cabochão.	FRX; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; DENSIDADE; REFRACTOMETRIA;
AM-05	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 30 mm, pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , duas seções bipolaridas de ~ 0,79 mm e ~0,83 mm de espessura.	FRX; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA

AM-06	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 30 mm, pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , duas seções bipolidas de ~ 0,85 mm e ~0,89 mm de espessura, três peças lapidadas onde duas são em cabochão e uma com base quadrada.	FRX; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-07	Amazonita verde azulada pouco translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , seção bipolida de ~ 0,72 mm de espessura.	FRX; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-08	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , duas seções bipolidas de ~ 0,86 mm e ~1,00 mm de espessura.	FRX; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-09	Amazonita verde azulada pouco translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 30 mm, pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , seção bipolida de ~ 0,7 mm de espessura.	FRX; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-10	Amazonita verde azulada pouco translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , seção bipolida de ~ 0,72 mm de espessura.	FRX; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-11	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i> , seção bipolida de ~ 0,7 mm de espessura.	FRX; IV-ATR; DRX; VIS; FTIR; ER; MOLP; REFRACTOMETRIA
AM-13	Amazonita verde azulada com bastante intercrescimento gráfico de albita. Albita por vezes apresentando espessamento	Duas peças lapidadas, uma em cabochão e uma em base quadrada.	DENSIDADE

AM-14	Amazonita verde azulada com bastante intercrescimento de albita	Duas peças lapidadas, uma em cabochão e uma em base quadrada.	DENSIDADE
AM-15	Amazonita verde azulada clara com bastante intercrescimento de albita. Albitas por vezes apresentando espessamento	Três peças lapidadas, um com base quadrada e duas cabochão.	DENSIDADE
AM-16	Amazonita verde azulada forte com pouco intercrescimento de albita	Oito peças lapidadas, quatro com base quadradas e quatro com base oval.	DENSIDADE
AMZ-28D	Amazonita verde azulada translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 300 mm e de 30 mm em (001), pó de 200 e 400 <i>mesh</i>	EMPA; LA-ICP-MS; IV-ATR; DRX; MOLP
AMZ-43	Amazonita verde azulada, com tons de verde mais forte e apresentando bastante intercrescimento de albita. Albita por vezes apresentando espessamento	Duas peças lapidadas em cabochão.	DENSIDADE
AMZ-48	Amazonita verde azulada, com tons de verde mais forte e apresentando bastante intercrescimento de albita. Albita por vezes apresentando espessamento	Duas peças lapidadas, uma com base quadrada e uma com base retangular.	DENSIDADE
AMZ-86	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 300 mm e de 30 mm, pó de 200 e 400 <i>mesh</i>	EMPA; LA-ICP-MS; IV-ATR; DRX; MOLP

AMZ-87	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 300 mm e de 30 mm, pó de 200 e 400 <i>mesh</i>	EMPA; LA-ICP-MS; IV-ATR; DRX; MOLP
--------	--	---	------------------------------------

AMZ-88	Amazonita verde azulada intensa translúcida com intercrescimento de albita	Lâminas petrográficas de 300 mm e de 30 mm, pó de 200 e 400 <i>mesh</i>	EMPA; LA-ICP-MS; IV-ATR; DRX; MOLP
--------	--	---	------------------------------------

ANEXO B – INDEXAÇÃO DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X DA AMAZONITA

AM-01				AM-02				AM-03			
ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d
021, $\bar{0}\bar{2}1$	19,245	1085	4060835	$\bar{2}01$	20,99	5226	4,22892	$\bar{2}01$	20,98	4556	4,23089
$\bar{2}01$	20,96	4352	4,23493	111	22,264	2705	3,98968	111	22,273	2218	3,98822
$\bar{1}\bar{1}1$	22,592	1374	3,93254	$\bar{1}\bar{1}1$	22,607	1752	3,92997	$\bar{1}\bar{1}1$	22,596	1295	3,93195
130	23,16	3070	3,83731	130	23,172	3873	3,83544	130	23,16	3271	3,8373
$\bar{1}30$	23,969	2724	3,70969	$\bar{1}30$	23,98	3648	3,70797	$\bar{1}30$	23,969	3184	3,70967
$\bar{1}\bar{3}1$	24,271	2251	3,66411	$\bar{1}\bar{3}1$	24,284	2746	3,6623	$\bar{1}\bar{3}1$	24,292	2766	3,66108
$\bar{2}\bar{2}1$	24,716	2089	3,59922	$\bar{2}\bar{2}1$	24,73	7155	3,59714	$\bar{2}\bar{2}1$	24,735	3271	3,59653
$\bar{1}31$	24,897	1097	3,57347	$\bar{1}31$	24,935	1511	3,56806	$\bar{1}31$	24,917	1123	3,57056
$\bar{1}\bar{1}2$	25,564	4744	3,48168	$\bar{1}\bar{1}2$	25,54	4681	3,48946	$\bar{2}21$	25,625	3983	3,47351
$\bar{2}21$	25,604	4502	3,47638	220	26,368	6009	3,37731	220	26,372	4791	3,37681
220	26,352	4582	3,37941	$\bar{2}02$	23,031	8075	3,29602	$\bar{2}02$	27,018	5776	3,29759
$\bar{2}02$	27,018	5240	3,29757	002	27,428	405998	3,24912	002	24,434	151769	3,24845
002	27,417	69251	3,25041	131	29,404	3188	3,03537	131	29,4	2488	3,03554
131	29,401	2529	3,03547	$\bar{1}31$	30,187	3864	2,95816	$\bar{1}31$	30,168	3365	2,96002
$\bar{1}31$	30,168	3228	2,96	041	30,728	3955	2,90738	$\bar{2}22$	30,733	3258	2,90688
041	30,774	3431	2,90312	$\bar{2}02$	30,791	4257	2,90156	$\bar{3}11$	32,369	1195	2,76355
$\bar{1}32$	32,086	1258	2,78735	$\bar{1}32$	32,432	1958	2,75835	$\bar{1}32$	32,429	1373	2,75864
$\bar{1}32$	32,432	1440	2,75839	$\bar{2}41$	34,158	2087	2,62284	$\bar{2}41$	34,156	1586	2,62301
$\bar{2}41$	34,143	1602	2,62395	$\bar{3}12$	34,628	1670	2,5883	112	34,851	1870	2,57227
112	34,852	1853	2,57221	112	34,95	2162	2,5652	$\bar{2}\bar{2}1$	35,114	1401	2,55355
$\bar{2}\bar{2}1$	35,093	1565	2,55507	$\bar{2}\bar{2}1$	35,093	1900	2,55509	$\bar{2}41$	35,519	1633	2,52538
$\bar{2}41$	35,518	1513	2,52548	$\bar{2}41$	35,517	1982	2,5255	$\bar{1}50$	36,951	1326	2,43072
$\bar{1}50$	26,91	1273	2,43333	$\bar{1}50$	36,972	1710	2,42939	$\bar{1}13$	38,568	1503	2,33246
$\bar{1}13$	38,547	1556	2,33368	$\bar{1}13$	36,528	2013	2,33482	060	41,778	4907	2,16037
060	41,778	4501	2,16037	060	41,781	14462	2,16023	$\bar{2}04$	50,481	3429	1,80645
$\bar{2}04$	50,481	3580	1,80645	$\bar{2}04$	50,469	3550	1,80685				

d = distância interplanar.

AM-04				AM-05				AM-06			
ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d
201	20,96	4190	4,23485	201	20,96	3497	4,2349	201	20,94	3801	4,23897
111	22,252	2520	3,99192	111	22,255	2412	3,99134	111	22,232	2438	3,99543
111	22,578	1277	3,935	111	22,575	1209	3,93547	111	22,575	1209	3,93549
130	23,137	3276	3,84117	130	23,141	3247	3,84055	130	23,12	3692	3,84386
130	23,944	3041	3,71343	130	23,949	2845	3,71268	130	23,948	3479	3,71282
131	24,269	2100	3,66444	131	24,917	819	3,57059	131	24,271	2406	3,66415
221	24,714	1996	3,59951	221	24,695	1936	3,60215	221	24,698	1708	3,60175
112	25,541	4452	3,48485	112	25,482	4504	3,49269	112	25,543	4577	3,48449
221	25,592	4434	3,47789	221	25,604	4068	3,47634	220	26,331	5351	3,38198
220	26,354	5560	3,37905	220	26,371	6073	3,37696	202	26,997	4883	3,30001
202	26,998	5036	3,29999	202	27,018	4466	3,29759	002	27,401	55682	3,25229
002	27,401	74607	3,25231	002	27,421	79473	3,24998	131	29,38	2883	3,03757
131	29,399	2710	3,03564	131	29,42	2662	3,03357	131	30,167	3744	2,96008
131	30,168	3615	2,96006	131	30,168	3560	2,96006	041	30,731	3346	2,90868
041	30,713	3204	2,90874	041	30,733	3537	2,90687	132	32,409	1320	2,76029
222	30,793	3280	2,90132	132	32,429	1260	2,75862	241	32,226	1149	2,61777
311	32,41	1231	2,7602	241	34,166	1675	2,62227	112	34,832	1960	2,57359
132	34,145	1566	2,62379	112	34,873	1831	2,5707	241	35,498	1610	2,52681
241	34,832	2059	2,57358	221	35,054	1358	2,55805	150	36,911	1262	2,43327
112	35,074	1359	2,55639	241	35,516	1532	2,52559	113	38,527	1466	2,33487
221	35,498	1461	2,52684	150	36,892	1225	2,43449	060	41,758	5215	2,16137
241	36,911	1204	2,43325	060	41,778	4440	2,16039	204	50,461	3654	1,80712
150	38,629	1008	2,32892	204	50,48	3413	1,80646				
113	41,758	5250	2,16138								
060	50,461	3639	1,80712								

AM-07				AM-08				AM-09			
ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d
$\bar{1}\bar{1}1$	14,902	1118	5,94011	$\bar{1}\bar{1}1$	14,882	830	5,94796	021, 0 $\bar{2}$ 1	19,243	801	4,60871
$\bar{1}11$	15,205	651	5,82243	$\bar{1}11$	15,205	619	5,82237	$\bar{2}01$	20,939	3847	4,23909
021, 0 $\bar{2}$ 1	19,243	1012	4,60866	021, 0 $\bar{2}$ 1	19,244	794	4,60855	111	22,232	2525	3,99543
$\bar{2}01$	20,98	4259	4,23095	$\bar{2}01$	20,959	3743	4,23506	$\bar{1}\bar{1}1$	22,575	1299	3,93545
111	22,252	4322	3,99185	111	22,252	2465	3,99184	130	23,141	3511	3,84053
$\bar{1}\bar{1}1$	22,595	1498	3,932	130	23,14	3113	3,84057	$\bar{1}30$	23,948	3076	3,71282
130	23,14	5525	3,84058	$\bar{1}30$	23,948	2818	3,71288	$\bar{1}\bar{3}1$	24,251	2381	3,6671
$\bar{1}30$	23,969	4224	3,70972	$\bar{1}\bar{3}1$	24,272	2213	3,66409	$\bar{2}\bar{2}1$	24,965	1856	3,60219
$\bar{2}\bar{2}1$	24,696	1670	3,60215	$\bar{2}\bar{2}1$	24,695	1961	3,60218	$\bar{1}\bar{1}2$	25,463	4575	3,49528
$\bar{1}31$	24,918	906	3,57052	$\bar{1}\bar{1}2$	25,482	4714	3,49266	$\bar{2}21$	25,605	4105	3,47628
$\bar{2}21$	25,604	4460	3,47641	$\bar{2}21$	25,604	4157	3,47637	220	26,351	4984	3,37948
$\bar{2}02$	27,017	5299	3,29762	002	26,351	5493	3,3795	$\bar{2}02$	26,997	4965	3,30008
002	27,381	44214	3,25464	131	26,997	4969	3,30002	002	27,401	74402	3,2523
131	29,38	4875	3,0376	$\bar{1}\bar{3}1$	24,401	76962	3,25228	131	29,381	2784	3,03754
$\bar{1}\bar{3}1$	30,168	4566	2,96006	002	29,38	2565	3,03762	$\bar{1}\bar{3}1$	30,148	3668	2,96196
041	30,793	2633	2,90134	131	30,167	3690	2,9601	041	30,733	3406	2,90689
$\bar{1}32$	32,429	1837	2,75863	$\bar{2}22$	30,753	3604	2,90503	$\bar{2}41$	34,125	1457	2,62528
$\bar{2}\bar{4}1$	34,226	1495	2,61778	$\bar{1}32$	32,146	1052	2,78224	$\bar{3}12$	34,59	923	2,59109
$\bar{3}12$	34,61	973	2,58963	$\bar{1}\bar{3}2$	32,409	1268	2,76026	112	34,933	1812	2,5664
112	34,913	1831	2,56785	$\bar{2}41$	34,126	1492	2,62525	$\bar{2}41$	35,498	1472	2,52685
$\bar{2}41$	35,498	1756	2,5268	112	34,832	1995	2,57363	$\bar{2}40$	36,892	1278	2,43452
$\bar{1}50$	36,932	1635	2,43196	$\bar{2}41$	35,478	1261	2,52821	060	41,758	4303	2,16138
$\bar{1}13$	38,546	1494	2,33373	$\bar{3}10$	35,882	651	2,50066	$\bar{2}04$	50,46	3862	1,80713
060	41,758	4241	2,16137	$\bar{1}50$	36,911	1186	2,43325				
$\bar{2}04$	50,46	5072	1,80713	060	41,758	5418	2,16137				
				$\bar{2}04$	50,461	3570	1,80712				

AM-10				AM-11				AMZ-28D			
ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d
021, 0 $\bar{2}$ 1	19,224	808	4,61335	$\bar{2}$ 01	20,94	4060	4,23889	$\bar{1}$ 10	14,923	805	5,93184
$\bar{2}$ 01	20,94	3981	4,2389	111	22,252	2548	3,99182	021, 0 $\bar{2}$ 1	19,263	675	4,6039
111	22,252	2276	3,99185	130	23,141	3643	3,84053	$\bar{2}$ 01	20,959	4042	4,23503
1 $\bar{1}$ 1	22,575	1249	3,9355	$\bar{1}$ 30	23,949	3321	3,71279	111	22,252	2101	3,99181
130	23,141	3016	3,84055	$\bar{2}$ 21	24,175	4440	3,59929	130	23,161	2544	3,83722
$\bar{1}$ 30	23,928	2535	3,71591	$\bar{2}$ 21	25,604	4005	3,47641	$\bar{1}$ 30	23,948	2634	3,71283
$\bar{1}$ 31	24,251	2383	3,66714	$\bar{1}$ 12	25,522	4299	3,48731	$\bar{1}$ 31	24,251	2390	3,66714
$\bar{2}$ 21	24,695	2059	3,60215	$\bar{2}$ 02	26,997	6028	3,30001	$\bar{2}$ 21	24,696	2778	3,60214
$\bar{1}$ 12	25,542	4861	3,48469	002	27,401	248708	3,25228	$\bar{1}$ 31	24,898	852	3,57333
220	26,351	4201	3,37496	131	29,38	2967	3,03764	$\bar{1}$ 12	25,524	4748	3,48713
$\bar{2}$ 02	26,997	4987	3,3001	1 $\bar{3}$ 1	30,168	3998	2,96007	220	26,352	4590	3,37941
002	27,401	74018	3,2523	$\bar{2}$ 22	30,758	3673	2,90457	$\bar{2}$ 02	26,997	5588	3,30001
131	29,4	2267	3,03556	$\bar{1}$ 32	32,429	1502	2,75864	002	27,401	135744	3,25235
1 $\bar{3}$ 1	30,147	3197	2,96202	$\bar{2}$ 41	34,226	1332	2,61777	131	29,4	2132	3,03555
041	30,173	3452	2,90871	112	34,953	1785	2,56495	1 $\bar{3}$ 1	30,128	2823	2,96388
$\bar{2}$ 41	34,114	1369	2,62384	$\bar{2}$ 41	35,498	1616	2,52684	041	30,733	3634	2,90687
$\bar{3}$ 12	34,57	985	2,59249	$\bar{1}$ 13	38,528	1461	2,3348	$\bar{1}$ 32	32,105	1072	2,7857
112	34,852	1737	2,57218	060	41,778	7277	2,16038	$\bar{1}$ 32	32,389	1173	2,76202
$\bar{2}$ 41	35,499	1316	2,52679	$\bar{2}$ 04	50,481	3209	1,80644	$\bar{2}$ 41	34,145	1285	2,62377
$\bar{1}$ 50	36,932	1137	2,43196					$\bar{2}$ 41	35,458	1341	2,52959
$\bar{1}$ 13	38,527	1537	2,33486					$\bar{1}$ 50	36,982	1125	2,43453
060	41,758	4794	2,16138					$\bar{1}$ 13	38,507	1528	2,33602
$\bar{2}$ 04	3582	3582	1,80712					060	41,757	5457	2,16142
								$\bar{2}$ 04	3281	3281	1,80712

AMZ-86				AMZ-87				AMZ-88			
ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d	ÍNDICE DE MILLER	2 θ OBSERVADO	CONTAGEM	d
021, 0 $\bar{2}$ 1	19,243	832	4,60869	$\bar{1}$ 11	14,902	836	5,94003	$\bar{1}$ 11	14,963	1033	5,91604
$\bar{2}$ 01	20,92	3484	4,24302	$\bar{1}$ 11	15,245	631	5,80703	$\bar{1}$ 11	15,227	865	5,81415
111	22,252	2276	3,99192	021, 0 $\bar{2}$ 1	20,981	792	4,60384	021, 0 $\bar{2}$ 1	19,284	780	4,599
$\bar{1}$ 11	22,575	1188	3,9354	$\bar{2}$ 01	22,292	3138	4,23081	$\bar{2}$ 01	21,02	4094	4,22297
130	23,12	3871	3,84395	111	22,633	2082	3,98478	111	22,313	2197	3,98108
$\bar{1}$ 30	23,928	3215	3,71599	$\bar{1}$ 11	23,2	1183	3,92548	$\bar{1}$ 11	22,636	1012	3,92505
$\bar{2}$ 21	24,695	3553	3,60217	130	23,289	2696	3,83084	130	23,202	4393	3,83057
$\bar{1}$ 12	25,503	3743	3,48989	$\bar{1}$ 30	24,756	2236	3,7066	$\bar{1}$ 30	24,009	3267	3,70353
$\bar{2}$ 21	25,585	3593	3,47894	$\bar{2}$ 21	24,939	2392	3,59342	$\bar{1}$ 31	24,393	1829	3,64617
220	26,331	5171	3,38201	$\bar{1}$ 31	25,525	906	3,56748	$\bar{2}$ 21	24,775	6760	3,59083
$\bar{2}$ 02	26,997	5369	3,30244	$\bar{1}$ 12	26,413	3667	3,48696	$\bar{1}$ 31	24,94	983	3,56737
002	27,401	176218	3,25227	220	27,039	5741	3,37167	$\bar{1}$ 12	25,532	3926	3,48722
131	29,4	2247	3,03557	$\bar{2}$ 02	27,442	4566	3,29501	$\bar{2}$ 21	25,663	3044	3,46848
$\bar{1}$ 31	30,146	2958	2,96213	002	29,442	116866	3,2476	$\bar{2}$ 02	27,081	7872	3,29007
041	30,733	3301	2,90688	131	29,44	2070	3,0315	002	27,462	371300	3,24519
$\bar{1}$ 32	32,127	978	2,78388	$\bar{1}$ 31	30,188	2866	2,9581	131	29,442	2549	3,0313
$\bar{1}$ 32	32,411	1261	2,76007	041	30,732	3239	2,90699	$\bar{1}$ 31	30,228	3438	2,95429
$\bar{2}$ 41	32,227	1137	2,61769	$\bar{1}$ 32	32,126	1008	2,78393	041	30,774	3099	2,90313
$\bar{2}$ 41	35,497	1545	2,52688	$\bar{1}$ 32	32,448	1075	2,75702	$\bar{1}$ 32	32,186	1354	2,77889
$\bar{3}$ 10	35,882	654	2,50067	$\bar{2}$ 41	34,186	1303	2,62073	$\bar{1}$ 32	32,492	1182	2,75343
$\bar{1}$ 50	36,912	1209	2,43325	$\bar{3}$ 12	34,61	1029	2,58962	$\bar{2}$ 41	34,186	1459	2,62073
060	41,758	8078	2,16138	112	34,892	1648	2,5693	112	34,872	1550	2,57074
$\bar{2}$ 04	50,461	3510	1,80712	$\bar{3}$ 10	35,114	1187	2,55356	$\bar{2}$ 41	35,56	1415	2,52256
				$\bar{2}$ 41	35,519	1199	2,52539	060	41,837	16690	2,15749
				$\bar{1}$ 13	38,567	1183	2,33251	$\bar{2}$ 04	50,522	3138	1,80507
				060	41,778	6223	2,16037				
				$\bar{2}$ 04	50,521	4251	1,80511				

ANEXO C – ANÁLISE DA AMAZONITA POR EPMA

AMOSTRA	AM-01												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Média	DP
SiO ₂	64,432	64,825	63,349	64,888	65,793	65,209	64,298	64,670	65,984	65,969	65,113	64,957	0,792
TiO ₂	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,111	0,000	0,000	0,073	0,000	0,018	0,038
Al ₂ O ₃	16,533	16,741	16,602	16,668	17,175	17,133	16,850	16,736	16,728	16,946	17,146	16,842	0,227
FeO	0,049	0,095	0,147	0,075	0,053	0,089	0,083	0,054	0,043	0,059	0,028	0,070	0,033
CaO	0,000	0,021	0,016	0,033	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000	0,011	0,058	0,014	0,018
Na ₂ O	0,496	0,490	0,498	0,470	2,350	0,602	0,505	0,422	0,531	0,489	0,652	0,682	0,557
K ₂ O	15,313	14,956	15,283	15,094	12,950	15,217	15,010	15,600	15,419	15,160	13,970	14,907	0,772
BaO	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,044	0,028	0,000	0,000	0,079	0,067	0,024	0,030
P ₂ O ₅	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,002	0,004	0,000	0,004	0,008
MgO	0,000	0,000	0,013	0,006	0,015	0,010	0,022	0,000	0,008	0,000	0,004	0,007	0,007
PbO	0,050	0,000	0,170	0,092	0,121	0,131	0,084	0,061	0,000	0,109	0,436	0,114	0,119
CuO	0,000	0,105	0,000	0,005	0,000	0,000	0,055	0,049	0,000	0,000	0,074	0,026	0,038
Cr ₂ O ₃	0,000	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	0,009	0,025
MnO	0,018	0,000	0,002	0,019	0,038	0,062	0,000	0,000	0,107	0,000	0,064	0,028	0,036
NiO	0,054	0,003	0,100	0,051	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,033	0,024	0,033
V ₂ O ₃	0,000	0,027	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,042	0,000	0,001	0,008	0,015
Cs ₂ O	0,102	0,254	0,000	0,000	0,067	0,000	0,000	0,000	0,184	0,000	0,100	0,064	0,088
Rb ₂ O	1,453	1,251	1,183	1,285	1,150	1,001	1,263	1,291	1,057	0,953	0,861	1,159	0,175
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,014	0,007	0,011	0,003	0,000	0,009	0,005	0,001	0,014	0,003	0,000	0,006	0,005
Total	98,586	98,856	97,408	98,689	99,712	99,507	98,322	98,946	100,119	99,855	98,607	98,964	
Si	3,051	3,055	3,037	3,056	3,043	3,043	3,041	3,047	3,064	3,058	3,054	3,050	0,008
Ti	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001	0,001
Al	0,922	0,930	0,938	0,925	0,936	0,942	0,939	0,929	0,915	0,926	0,948	0,932	0,010
Fe ²⁺	0,002	0,004	0,006	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,001
Ca	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,003	0,001	0,001
Na	0,046	0,045	0,046	0,043	0,211	0,054	0,046	0,039	0,048	0,044	0,059	0,062	0,050
K	0,925	0,899	0,935	0,907	0,764	0,906	0,906	0,938	0,913	0,896	0,836	0,893	0,051
Pb	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,006	0,001	0,002
Rb	0,044	0,040	0,036	0,039	0,034	0,030	0,038	0,039	0,032	0,028	0,026	0,035	0,006

DP = Desvio Padrão

AMOSTRA	AM-02												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Média	DP
SiO ₂	66,539	66,089	66,664	66,705	66,370	65,721	66,181	66,635	66,406	66,539	66,461	66,392	0,294
TiO ₂	0,005	0,000	0,060	0,117	0,003	0,041	0,145	0,000	0,000	0,000	0,094	0,042	0,054
Al ₂ O ₃	16,688	16,902	16,711	17,042	16,496	16,550	16,618	16,458	16,785	16,349	16,944	16,686	0,218
FeO	0,044	0,056	0,028	0,067	0,093	0,038	0,048	0,019	0,026	0,071	0,078	0,052	0,024
CaO	0,002	0,010	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006	0,001	0,000	0,000	0,008	0,003	0,004
Na ₂ O	0,580	1,008	0,587	2,365	0,498	0,441	0,508	0,674	0,569	0,561	0,586	0,762	0,552
K ₂ O	15,656	15,317	15,822	13,539	15,528	15,686	15,796	15,876	15,608	15,642	15,750	15,475	0,660
BaO	0,148	0,000	0,000	0,093	0,046	0,000	0,042	0,158	0,000	0,021	0,070	0,053	0,059
P ₂ O ₅	0,000	0,000	0,013	0,033	0,000	0,009	0,000	0,042	0,000	0,003	0,000	0,009	0,015
MgO	0,002	0,000	0,012	0,022	0,000	0,000	0,000	0,006	0,002	0,000	0,000	0,004	0,007
PbO	0,240	0,019	0,134	0,183	0,083	0,197	0,116	0,242	0,003	0,024	0,107	0,123	0,086
CuO	0,036	0,030	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,006	0,036	0,083	0,000	0,019	0,026
Cr ₂ O ₃	0,000	0,067	0,000	0,010	0,013	0,011	0,046	0,000	0,000	0,079	0,000	0,021	0,029
MnO	0,000	0,000	0,061	0,000	0,046	0,000	0,000	0,000	0,059	0,069	0,000	0,021	0,030
NiO	0,000	0,129	0,007	0,059	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,101	0,000	0,031	0,047
V ₂ O ₃	0,025	0,000	0,011	0,077	0,016	0,013	0,000	0,072	0,000	0,000	0,000	0,019	0,028
Cs ₂ O	0,278	0,115	0,196	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,146	0,049	0,292	0,101	0,113
Rb ₂ O	0,694	0,841	0,791	0,671	0,592	0,665	0,883	0,867	0,752	0,820	0,850	0,766	0,097
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,019	0,000	0,007	0,000	0,002	0,005	0,010	0,011	0,003	0,000	0,002	0,005	0,006
Total	100,956	100,583	101,104	101,016	99,826	99,406	100,399	101,067	100,395	100,411	101,242	100,582	
Si	3,068	3,054	3,066	3,049	3,076	3,066	3,062	3,071	3,066	3,080	3,055	3,065	0,009
Ti	0,000	0,000	0,002	0,004	0,000	0,001	0,005	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,002
Al	0,907	0,920	0,906	0,918	0,901	0,910	0,906	0,894	0,913	0,892	0,918	0,908	0,009
Fe ²⁺	0,002	0,002	0,001	0,003	0,004	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,002	0,001
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,052	0,090	0,052	0,210	0,045	0,040	0,046	0,060	0,051	0,050	0,052	0,068	0,049
K	0,921	0,903	0,928	0,789	0,918	0,933	0,932	0,933	0,919	0,924	0,924	0,911	0,041
Pb	0,003	0,000	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001
Rb	0,021	0,025	0,023	0,020	0,018	0,020	0,026	0,026	0,022	0,024	0,025	0,023	0,003

AMOSTRA	AM-03													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Média	DP
SiO ₂	63,631	65,680	64,670	65,621	65,848	65,485	65,542	66,341	65,852	66,209	65,921	65,499	65,525	0,730
TiO ₂	0,083	0,000	0,048	0,000	0,180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082	0,048	0,000	0,037	0,056
Al ₂ O ₃	15,917	16,601	16,325	16,645	17,003	16,506	16,727	16,740	16,496	16,766	16,703	16,630	16,588	0,270
FeO	0,059	0,054	0,109	0,089	0,047	0,035	0,064	0,106	0,050	0,059	0,033	0,069	0,065	0,025
CaO	0,022	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,021	0,018	0,025	0,042	0,022	0,000	0,014	0,014
Na ₂ O	0,504	0,478	0,507	0,365	0,346	0,549	0,623	0,477	0,463	0,824	0,958	0,554	0,554	0,177
K ₂ O	15,339	15,684	15,483	15,386	15,821	15,733	15,080	15,639	15,558	15,055	14,851	15,792	15,452	0,317
BaO	0,000	0,102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,007	0,052	0,181	0,000	0,000	0,033	0,057
P ₂ O ₅	0,002	0,006	0,024	0,012	0,064	0,000	0,021	0,000	0,000	0,037	0,056	0,002	0,019	0,023
MgO	0,017	0,008	0,011	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,005	0,006
PbO	0,336	0,148	0,000	0,000	0,150	0,190	0,079	0,102	0,265	0,273	0,000	0,165	0,142	0,112
CuO	0,055	0,006	0,000	0,019	0,006	0,000	0,024	0,000	0,066	0,000	0,072	0,102	0,029	0,035
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,091	0,080	0,056	0,000	0,019	0,035
MnO	0,030	0,039	0,013	0,064	0,068	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,018	0,026
NiO	0,000	0,067	0,049	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,011	0,023
V ₂ O ₃	0,035	0,024	0,017	0,050	0,025	0,000	0,032	0,000	0,009	0,020	0,019	0,043	0,023	0,016
Cs ₂ O	0,000	0,255	0,000	0,102	0,000	0,000	0,000	0,066	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,077
Rb ₂ O	1,172	1,293	1,189	1,300	1,176	0,809	1,089	0,678	1,227	0,992	1,163	1,126	1,101	0,189
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,000	0,000	0,000	0,011	0,005	0,009	0,013	0,002	0,000	0,004	0,021	0,003	0,006	0,007
Total	97,202	100,445	98,445	99,677	100,755	99,316	99,364	100,176	100,154	100,633	99,923	100,001	99,674	
Si	3,060	3,060	3,059	3,064	3,046	3,063	3,060	3,067	3,067	3,059	3,061	3,056	3,060	0,006
Ti	0,003	0,000	0,002	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,001	0,002
Al	0,902	0,911	0,910	0,916	0,927	0,910	0,920	0,912	0,905	0,913	0,914	0,914	0,914	0,006
Fe ²⁺	0,002	0,002	0,004	0,003	0,002	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001
Ca	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001
Na	0,047	0,043	0,046	0,033	0,031	0,050	0,056	0,043	0,042	0,074	0,086	0,050	0,050	0,017
K	0,941	0,932	0,934	0,916	0,933	0,939	0,898	0,922	0,924	0,887	0,880	0,940	0,919	0,021
Pb	0,004	0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,000	0,002	0,002	0,001
Rb	0,036	0,039	0,036	0,039	0,035	0,024	0,033	0,020	0,037	0,029	0,035	0,034	0,033	0,006

AMOSTRA	AMZ-28D												Média	DP
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
SiO ₂	65,300	66,597	64,393	65,016	65,455	63,679	64,446	63,123	63,165	65,236	63,855	62,789	64,421	1,144
TiO ₂	0,000	0,000	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,133	0,000	0,015	0,039
Al ₂ O ₃	16,967	17,027	16,607	16,890	16,718	16,683	16,911	16,524	16,706	16,870	16,531	16,646	16,757	0,171
FeO	0,052	0,041	0,038	0,067	0,045	0,057	0,014	0,062	0,048	0,077	0,005	0,113	0,052	0,028
CaO	0,000	0,004	0,008	0,374	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,009	0,034	0,107
Na ₂ O	0,514	0,526	0,447	0,605	0,728	0,485	0,447	0,481	0,350	0,475	0,431	0,356	0,487	0,103
K ₂ O	15,508	15,174	15,564	15,300	14,944	15,631	15,795	15,478	15,368	15,314	15,132	15,257	15,372	0,236
BaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,111	0,000	0,000	0,056	0,074	0,000	0,034	0,024	0,037
P ₂ O ₅	0,031	0,000	0,000	0,006	0,028	0,000	0,041	0,017	0,034	0,035	0,038	0,018	0,021	0,016
MgO	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,009	0,000	0,000	0,002	0,003
PbO	0,097	0,139	0,132	0,167	0,000	0,037	0,183	0,205	0,000	0,175	0,000	0,112	0,104	0,077
CuO	0,000	0,011	0,000	0,028	0,040	0,012	0,000	0,000	0,105	0,000	0,105	0,140	0,037	0,051
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,097	0,087	0,000	0,110	0,000	0,120	0,038	0,050
MnO	0,079	0,000	0,031	0,051	0,052	0,000	0,075	0,043	0,000	0,000	0,088	0,033	0,038	0,033
NiO	0,085	0,000	0,000	0,005	0,000	0,029	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,063	0,017	0,029
V ₂ O ₃	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,007	0,032	0,009	0,007	0,008	0,013
Cs ₂ O	0,016	0,000	0,208	0,016	0,287	0,000	0,016	0,000	0,000	0,255	0,096	0,000	0,075	0,110
Rb ₂ O	0,569	0,883	0,455	0,425	0,422	0,573	0,524	0,475	0,535	0,818	0,899	0,750	0,611	0,178
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,009	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,006	0,010	0,000	0,003	0,004
Total	99,234	100,403	97,940	98,950	98,737	97,346	98,604	96,502	96,382	99,494	97,332	96,447	98,114	
Si	3,051	3,065	3,052	3,044	3,064	3,040	3,041	3,041	3,039	3,053	3,050	3,036	3,048	0,010
Ti	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	0,001
Al	0,934	0,923	0,928	0,932	0,922	0,939	0,940	0,938	0,947	0,930	0,930	0,948	0,934	0,008
Fe ²⁺	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,000	0,005	0,002	0,001
Ca	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,005
Na	0,047	0,047	0,041	0,055	0,066	0,045	0,041	0,045	0,033	0,043	0,040	0,033	0,045	0,009
K	0,924	0,891	0,941	0,914	0,892	0,952	0,951	0,951	0,943	0,914	0,922	0,941	0,928	0,022
Pb	0,001	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001
Rb	0,017	0,026	0,014	0,013	0,013	0,018	0,016	0,015	0,017	0,025	0,028	0,023	0,019	0,005

AMOSTRA	AMZ-86									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Média	DP
SiO ₂	65,556	68,372	66,321	67,247	68,030	66,372	69,319	66,862	67,260	1,242
TiO ₂	0,042	0,116	0,148	0,091	0,039	0,000	0,000	0,000	0,055	0,058
Al ₂ O ₃	18,109	18,384	18,327	18,736	17,862	18,381	18,611	18,055	18,308	0,290
FeO	0,046	0,025	0,046	0,067	0,000	0,103	0,050	0,039	0,047	0,030
CaO	0,024	0,000	0,046	0,000	0,015	0,000	0,010	0,000	0,012	0,016
Na ₂ O	0,197	0,456	0,336	1,632	0,565	0,243	1,121	0,376	0,616	0,502
K ₂ O	14,422	14,381	14,387	12,788	14,388	14,390	13,712	14,726	14,149	0,618
BaO	0,176	0,074	0,057	0,000	0,074	0,018	0,052	0,103	0,069	0,054
P ₂ O ₅	0,042	0,048	0,002	0,000	0,068	0,000	0,058	0,024	0,030	0,028
MgO	0,018	0,000	0,017	0,013	0,000	0,000	0,001	0,007	0,007	0,008
PbO	0,000	0,018	0,036	0,141	0,178	0,000	0,207	0,000	0,073	0,088
CuO	0,140	0,000	0,043	0,000	0,036	0,000	0,000	0,000	0,027	0,049
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,023	0,000	0,081	0,000	0,000	0,045	0,019	0,030
MnO	0,064	0,000	0,077	0,003	0,000	0,038	0,000	0,000	0,023	0,032
NiO	0,003	0,035	0,000	0,000	0,040	0,048	0,030	0,106	0,033	0,035
V ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,019	0,024	0,034	0,000	0,000	0,010	0,014
Cs ₂ O	0,017	0,100	0,050	0,199	0,000	0,000	0,000	0,050	0,052	0,069
Rb ₂ O	0,848	0,663	0,716	0,637	0,515	0,935	0,583	0,622	0,690	0,139
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,017	0,002	0,000	0,002	0,000	0,022	0,011	0,014	0,009	0,009
Total	99,721	102,674	100,632	101,575	101,915	100,584	103,765	101,029	101,487	
Si	3,031	3,050	3,029	3,026	3,063	3,033	3,052	3,045	3,041	0,013
Ti	0,001	0,004	0,005	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002
Al	0,987	0,967	0,987	0,993	0,948	0,990	0,966	0,969	0,976	0,016
Fe ²⁺	0,002	0,001	0,002	0,003	0,000	0,004	0,002	0,001	0,002	0,001
Ca	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Na	0,018	0,039	0,030	0,142	0,049	0,022	0,096	0,033	0,054	0,043
K	0,851	0,818	0,838	0,734	0,826	0,839	0,770	0,855	0,816	0,043
Pb	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001
Rb	0,025	0,019	0,021	0,018	0,015	0,027	0,016	0,018	0,020	0,004

AMOSTRA	AMZ-87													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Média	DP
SiO ₂	64,916	64,757	64,754	63,934	63,806	64,160	64,387	64,211	64,196	64,902	64,579	64,714	64,443	0,380
TiO ₂	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,205	0,000	0,319	0,000	0,050	0,104
Al ₂ O ₃	16,825	16,794	17,114	16,791	17,027	16,654	16,926	16,931	16,783	16,830	16,858	16,738	16,856	0,127
FeO	0,096	0,059	0,097	0,060	0,000	0,049	0,051	0,086	0,079	0,091	0,046	0,079	0,066	0,028
CaO	0,029	0,017	0,018	0,049	0,004	0,018	0,000	0,040	0,000	0,031	0,000	0,035	0,020	0,017
Na ₂ O	0,495	0,674	0,455	0,322	0,553	0,329	0,580	0,395	0,447	0,451	0,705	0,529	0,495	0,121
K ₂ O	15,455	15,545	15,589	15,749	15,612	15,650	15,532	15,717	15,640	15,779	15,471	16,052	15,649	0,163
BaO	0,165	0,000	0,015	0,123	0,115	0,000	0,045	0,073	0,182	0,000	0,115	0,000	0,069	0,069
P ₂ O ₅	0,023	0,000	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,000	0,088	0,012	0,014	0,026
MgO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,027	0,000	0,016	0,009	0,000	0,004	0,017	0,008	0,010
PbO	0,161	0,000	0,000	0,012	0,367	0,166	0,000	0,104	0,407	0,134	0,184	0,064	0,133	0,137
CuO	0,030	0,000	0,036	0,029	0,066	0,072	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	0,026	0,030
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,012	0,021	0,023	0,022	0,024	0,043	0,067	0,000	0,000	0,000	0,018	0,021
MnO	0,000	0,035	0,007	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,009	0,016
NiO	0,055	0,032	0,000	0,000	0,045	0,000	0,060	0,000	0,000	0,000	0,103	0,000	0,025	0,034
V ₂ O ₃	0,000	0,028	0,000	0,000	0,003	0,057	0,012	0,012	0,000	0,034	0,000	0,000	0,012	0,018
Cs ₂ O	0,115	0,000	0,000	0,000	0,132	0,000	0,000	0,149	0,033	0,066	0,000	0,000	0,041	0,059
Rb ₂ O	0,807	1,056	0,723	0,811	0,671	0,779	0,892	0,830	0,878	0,785	0,657	0,531	0,785	0,133
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,000	0,000	0,016	0,009	0,001	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,004	0,006
Total	99,172	98,997	98,877	97,958	98,448	97,983	98,525	98,685	98,926	99,122	99,129	98,850	98,723	
Si	3,048	3,044	3,038	3,039	3,028	3,046	3,039	3,034	3,033	3,046	3,033	3,044	3,039	0,006
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,007	0,000	0,011	0,000	0,002	0,004
Al	0,931	0,930	0,946	0,940	0,952	0,932	0,941	0,943	0,935	0,931	0,933	0,928	0,937	0,008
Fe ²⁺	0,004	0,002	0,004	0,002	0,000	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,002	0,003	0,003	0,001
Ca	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,002	0,001	0,001
Na	0,045	0,061	0,041	0,030	0,051	0,030	0,053	0,036	0,041	0,041	0,064	0,048	0,045	0,011
K	0,926	0,932	0,933	0,955	0,945	0,948	0,935	0,947	0,943	0,945	0,927	0,963	0,941	0,011
Pb	0,002	0,000	0,000	0,000	0,005	0,002	0,000	0,001	0,005	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
Rb	0,024	0,032	0,022	0,025	0,020	0,024	0,027	0,025	0,027	0,024	0,020	0,016	0,024	0,004

AMOSTRA	AMZ-88													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Média	DP
SiO ₂	65,534	66,664	66,187	67,325	67,521	67,095	67,343	67,303	66,910	67,092	65,572	65,528	66,673	0,734
TiO ₂	0,099	0,185	0,029	0,152	0,010	0,000	0,130	0,000	0,092	0,084	0,000	0,000	0,065	0,064
Al ₂ O ₃	16,781	17,162	17,135	17,387	17,643	17,136	17,486	17,134	17,364	17,227	16,823	16,782	17,172	0,264
FeO	0,107	0,067	0,106	0,085	0,027	0,100	0,082	0,066	0,104	0,066	0,051	0,085	0,079	0,024
CaO	0,038	0,016	0,000	0,017	0,012	0,010	0,008	0,012	0,004	0,011	0,000	0,004	0,011	0,010
Na ₂ O	0,535	0,602	0,468	0,601	0,566	0,604	0,497	0,546	0,531	0,454	0,370	0,438	0,518	0,071
K ₂ O	15,236	15,305	15,355	15,180	15,656	15,173	15,529	15,416	15,399	15,768	15,492	15,409	15,410	0,174
BaO	0,050	0,035	0,087	0,000	0,076	0,093	0,072	0,000	0,124	0,078	0,008	0,000	0,052	0,041
P ₂ O ₅	0,000	0,027	0,038	0,000	0,000	0,082	0,000	0,006	0,000	0,003	0,010	0,038	0,017	0,024
MgO	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,005
PbO	0,110	0,000	0,173	0,265	0,043	0,048	0,002	0,003	0,290	0,112	0,289	0,127	0,122	0,106
CuO	0,018	0,043	0,049	0,018	0,000	0,000	0,084	0,042	0,000	0,023	0,023	0,094	0,033	0,030
Cr ₂ O ₃	0,082	0,000	0,056	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,014	0,026
MnO	0,037	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,002	0,056	0,000	0,000	0,079	0,016	0,026
NiO	0,000	0,028	0,005	0,073	0,077	0,007	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,027
V ₂ O ₃	0,000	0,028	0,000	0,000	0,003	0,057	0,012	0,012	0,000	0,034	0,000	0,000	0,012	0,018
Cs ₂ O	0,171	0,440	0,185	0,000	0,346	0,000	0,000	0,000	0,097	0,016	0,129	0,000	0,115	0,142
Rb ₂ O	0,901	0,931	0,802	0,763	0,743	1,003	0,745	0,864	0,716	0,798	0,743	0,708	0,810	0,090
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,008	0,004	0,014	0,015	0,000	0,008	0,000	0,002	0,001	0,000	0,016	0,009	0,006	0,006
Total	99,707	101,555	100,689	101,890	102,743	101,417	102,002	101,408	101,709	101,768	99,526	99,301	101,143	
Si	3,055	3,052	3,054	3,055	3,050	3,063	3,052	3,066	3,051	3,056	3,059	3,060	3,055	0,005
Ti	0,003	0,006	0,001	0,005	0,000	0,000	0,004	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000	0,027	0,002
Al	0,922	0,926	0,932	0,930	0,939	0,922	0,934	0,920	0,933	0,925	0,925	0,923	11,131	0,006
Fe ²⁺	0,004	0,003	0,004	0,003	0,001	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,002	0,003	0,036	0,001
Ca	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,006	0,001
Na	0,048	0,053	0,042	0,053	0,050	0,053	0,044	0,048	0,047	0,040	0,033	0,040	0,552	0,006
K	0,906	0,894	0,904	0,879	0,902	0,884	0,898	0,896	0,896	0,916	0,922	0,918	10,813	0,013
Pb	0,001	0,000	0,002	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,004	0,001	0,004	0,002	0,018	0,001
Rb	0,027	0,027	0,024	0,022	0,022	0,029	0,022	0,025	0,021	0,023	0,022	0,021	0,286	0,003

ANEXO D – ANÁLISE DA ALBITA INTERCRESCIDA NA AMAZONITA POR EPMA

AMOSTRA	AM-01	AM-02	AM-03	AMZ-28D	AMZ-87	AMZ-88	Média	DP
SiO ₂	68,461	69,012	69,860	68,602	68,647	71,719	69,384	1,251
TiO ₂	0,071	0,000	0,089	0,000	0,000	0,000	0,027	0,042
Al ₂ O ₃	17,853	17,896	17,724	17,393	17,975	18,263	17,851	0,287
FeO	0,066	0,149	0,086	0,062	0,112	0,107	0,097	0,033
CaO	0,039	0,085	0,038	0,096	0,029	0,017	0,051	0,032
Na ₂ O	11,783	11,688	11,676	11,263	11,514	11,438	11,560	0,192
K ₂ O	0,060	0,096	0,058	0,096	0,245	0,132	0,115	0,070
BaO	0,105	0,000	0,048	0,000	0,000	0,000	0,026	0,043
P ₂ O ₅	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,003	0,007	0,015
MgO	0,006	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,013
PbO	0,194	0,000	0,058	0,000	0,000	0,084	0,056	0,076
CuO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006	0,002	0,003
Cr ₂ O ₃	0,035	0,000	0,000	0,022	0,000	0,025	0,014	0,016
MnO	0,045	0,000	0,000	0,000	0,089	0,000	0,022	0,037
NiO	0,005	0,000	0,058	0,000	0,000	0,048	0,019	0,027
V ₂ O ₃	0,000	0,000	0,029	0,062	0,023	0,010	0,021	0,023
Cs ₂ O	0,133	0,144	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046	0,072
Rb ₂ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cl	0,000	0,002	0,000	0,010	0,000	0,000	0,002	0,004
Total	98,856	99,142	99,724	97,606	98,640	101,852	99,303	
Si	3,039	3,045	3,059	3,065	3,042	3,068	3,053	0,013
Ti	0,002	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Al	0,934	0,930	0,915	0,916	0,939	0,921	0,926	0,010
Fe ²⁺	0,002	0,005	0,003	0,002	0,004	0,004	0,004	0,001
Ca	0,002	0,004	0,002	0,005	0,001	0,001	0,002	0,002
Na	1,014	1,000	0,991	0,975	0,989	0,949	0,986	0,022
K	0,003	0,005	0,003	0,005	0,014	0,007	0,006	0,004
Pb	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
Rb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DP = Desvio Padrão

ANEXO E – ANÁLISE DA AMAZONITA POR LA-ICP-MS

AMOSTRA		AM-01				AM-02				AM-03				AMZ-28D			
LD	Elemento	1	2	Média	DP	1	2	Média	DP	1	2	Média	DP	1	2	Média	DP
0,1	Li (ppm)	3,11	2,20	2,66	0,65	3,52	2,30	2,91	0,86	2,57	3,17	2,87	0,43	12,17	11,09	11,63	0,77
0,05	Ge	12,24	9,48	10,86	1,95	9,25	10,20	9,73	0,67	6,94	5,81	6,38	0,80	9,03	9,70	9,37	0,47
0,01	Rb	8872,91	6276,54	7574,72	1835,91	6724,82	7609,90	7167,36	625,85	5584,74	4296,91	4940,82	910,64	5060,02	5106,71	5083,36	33,02
2,9	Sr	319,01	301,85	310,43	12,13	368,49	466,12	417,30	69,03	462,99	317,14	390,06	103,13	91,00	67,03	79,01	16,95
0	Cs	483,11	386,71	434,91	68,16	393,24	433,60	413,42	28,54	182,50	178,31	180,41	2,96	175,18	189,78	182,48	10,32
0,28	Ba	267,14	254,76	260,95	8,76	266,13	261,45	263,79	3,32	433,28	427,89	430,58	3,81	12,45	8,90	10,68	2,51
0	Tl	123,14	92,68	107,91	21,54	99,39	104,28	101,83	3,45	68,41	71,71	70,06	2,33	53,75	51,32	52,53	1,71
0,45	Pb	1100,50	765,96	933,23	236,55	822,02	917,59	869,81	67,58	1295,26	952,16	1123,71	242,61	1067,09	989,22	1028,16	55,06
2,3	P	9,75	18,80	14,28	6,40	18,39	6,82	12,60	8,18	17,10	12,82	14,96	3,03	12,57	11,43	12,00	0,81
2,8	Fe	574,50	692,47	633,48	83,41	602,11	586,39	594,25	11,11	533,70	564,34	549,02	21,67	404,83	429,63	417,23	17,54
0,02	Ga	84,37	85,08	84,73	0,50	79,26	76,27	77,77	2,11	55,93	63,28	59,61	5,20	90,36	96,90	93,63	4,62
0	Y	0,01	0,01	0,01	0,00	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	La	0,09	0,09	0,09	0,00	0,08	0,08	0,08	0,00	0,14	0,17	0,16	0,02	0,82	0,26	0,54	0,40
0	Ce	0,08	0,06	0,07	0,01	0,06	0,05	0,06	0,00	0,10	0,10	0,10	0,01	0,24	0,03	0,13	0,15
0	¹⁵¹ Eu	0,08	0,08	0,08	0,00	0,10	0,09	0,09	0,01	0,15	0,12	0,13	0,02	0,12	0,12	0,12	0,00
	¹⁵³ Eu	0,06	0,08	0,07	0,01	0,07	0,11	0,09	0,03	0,14	0,11	0,13	0,02	0,13	0,12	0,12	0,01

DP = Desvio Padrão

AMOSTRA		AMZ-86				AMZ-87				AMZ-88			
LD	Elemento	1	2	Média	DP	1	2	Média	DP	1	2	Média	DP
0,1	Li (ppm)	1,88	1,65	1,76	0,16	4,43	2,17	3,30	1,60	2,41	1,98	2,19	0,30
0,05	Ge	6,49	6,50	6,49	0,01	7,17	7,02	7,09	0,11	6,58	6,68	6,63	0,07
0,01	Rb	4716,36	4961,05	4838,70	173,02	5409,65	4818,35	5114,00	418,11	4927,44	4925,98	4926,71	1,03
2,9	Sr	379,63	380,54	380,09	0,64	366,59	354,37	360,48	8,64	421,08	458,69	439,89	26,59
0	Cs	115,83	146,31	131,07	21,55	142,43	138,11	140,27	3,06	127,67	127,68	127,68	0,01
0,28	Ba	815,32	843,99	829,65	20,28	633,69	537,70	585,70	67,88	688,00	693,49	690,75	3,88
0	Tl	59,94	54,62	57,28	3,76	64,17	61,50	62,84	1,89	60,38	56,95	58,67	2,43
0,45	Pb	1026,97	929,86	978,42	68,67	1213,33	1228,90	1221,11	11,01	1264,17	1193,33	1228,75	50,09
2,3	P	15,73	17,80	16,76	1,47	19,88	15,76	17,82	2,91	17,96	14,58	16,27	2,39
2,8	Fe	477,88	507,43	492,65	20,90	537,10	512,46	524,78	17,42	560,04	486,89	523,46	51,72
0,02	Ga	59,60	57,16	58,38	1,73	62,17	61,74	61,96	0,31	61,88	61,25	61,57	0,45
0	Y	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
0,01	La	0,20	0,17	0,19	0,02	0,19	0,17	0,18	0,01	0,22	0,23	0,22	0,00
0	Ce	0,13	0,12	0,12	0,01	0,13	0,12	0,12	0,01	0,14	0,15	0,15	0,01
0	¹⁵¹ Eu	0,11	0,11	0,11	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,11	0,16	0,14	0,03
	¹⁵³ Eu	0,11	0,12	0,12	0,01	0,11	0,10	0,11	0,01	0,13	0,14	0,13	0,01