

## *PETROGRAFIA*

---

### ***4.1 -METODOLOGIA***

O estudo petrográfico do Complexo Máfico-Ultramáfico de Cana Brava objetivou conhecer as variações de litotipos em diferentes posições estratigráficas a partir da base até o topo do complexo. Para tal foram selecionadas cerca de 100 amostras para a confecção de lâminas delgadas, com espaçamento próximo de 200 metros, nas transversais L6000N e L2000N, considerando os aspectos texturais e composicionais que mais preservassem as feições ígneas das distintas unidades. Outras 30 amostras foram selecionadas aleatoriamente, para as observações petrográficas em distintas porções na área de estudo. Objetivando a identificação dos indicadores cinemáticos foram confeccionadas 10 lâminas delgadas, a partir de amostras orientadas.

Para a caracterização de sulfetos e óxidos foram confeccionadas 80 seções polidas, além da verificação em cerca de 50 lâminas polidas.

Nas unidades geológicas adjacentes ao complexo, a confecção de lâminas delgadas objetivou a caracterização petrográfica genérica, tendo sido selecionadas 3 amostras do Complexo Granito-Gnáissico, 2 amostras da SVSP e 15 amostras das Intrusões Noríticas. As lâminas delgadas e polidas, além de seções polidas foram confeccionadas na Universidade de Brasília.

### ***4.2 - NOMENCLATURA***

Os critérios utilizados para a classificação das rochas presentes na área de estudo, levaram em consideração os aspectos texturais e composicionais dos litotipos das diferentes unidades geológicas mapeadas.

Para a classificação dos litotipos do Complexo Máfico-Ultramáfico de Cana Brava e das Intrusões Noríticas foi considerada a natureza ígnea destas, valendo-se da terminologia sugerida por Streckeisen (1976) (fig. 4.1 A/B). Aos piroxenitos ricos em plagioclásio (até 20% da moda) eventualmente foi acrescentado o termo “feldspático”, a fim de não descaracterizar a tendência ultramáfica destes. As texturas magmáticas foram caracterizadas de acordo com as sugestões de Irvine (1982) e trabalhos anteriores de Wager (1960), Wager & Brown (1968), e Jackson (1967, 1970) para rochas originadas por processos de acumulação de cristais (cumulatos). Os termos cúmulus e pós-cúmulus foram utilizados para indicar respectivamente cristais formados e separados precocemente de um líquido magmático e cristais formados entre os cristais cúmulus, sem ter sido atribuído uma correlação com quaisquer processos físicos de acumulação de cristais (assentamento gravitacional, flutuação, correntes de convecção, cristalização *in situ*...).

Nos litotipos onde foram observadas texturas deformacionais e metamórficas superimpostas foi utilizado o prefixo “**meta**”, para indicar a ação de processos metamórficos, podendo ser seguido de um segundo termo indicador do principal grau de deformação. Para as rochas presentes em zonas de cisalhamento utilizou-se uma nomenclatura sugerida por Sibson (1977), baseado na proporção entre matriz e porfiroclastos nas rochas miloníticas, classificando-as em protomilonitos (<50% de matriz), milonitos (50-90% de matriz) e ultramilonitos (>90% de matriz), tendo sido evitado o uso do termo “blastomilonito”.

A quantificação dos minerais refere-se à porcentagem em volume, estimada visualmente.

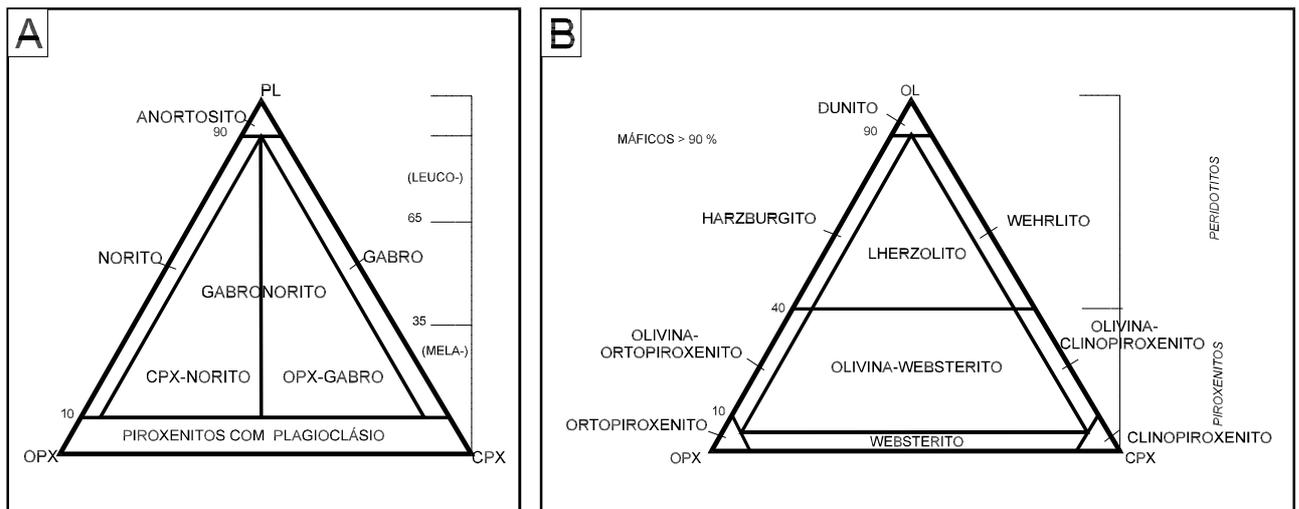


Figura 4.1 - Classificação de rocha máficas (a) e ultramáficas (b) (Streckeisen,1976).

### 4.3 - COMPLEXO MÁFICO-ULTRAMÁFICO DE CANA BRAVA

#### 4.3.1 - ZONA MÁFICA INFERIOR (ZMI)

##### 4.3.1.1 - Subzona Basal - ZMI-SB

###### *Metagabronorito ultramilonítico.*

O metagabronorito ultramilonítico caracteriza-se por apresentar feições de intensa deformação dúctil e de recristalização metamórfica, associada. Os principais minerais presentes são: plagioclásio e ortopiroxênio ( $\pm$ clinopiroxênio), que correspondem a cerca de 95% da estimativa da moda, tendo como constituintes menores quartzo (3%), clorita, carbonato, ilmenita(1-2%), apatita e sulfetos.

Predomina uma matriz granoblástica (>90%) de granulação fina (0,05-0,15 mm), orientada e composta predominantemente por uma associação de ortopiroxênio e plagioclásio. De forma subordinada ocorrem delgados (0,05-0,15 mm) níveis de quartzo estirados e orientados segundo a foliação  $S_n$ , que juntamente com a matriz granoblástica e porfiroclastos de ortopiroxênio e plagioclásio, os caracterizam como ultramilonitos (fig. 4.2 F).

Os relíctos ígneos representados por porfiroclastos de ortopiroxênio (0,35-1,50 mm) e plagioclásio (0,35-2,50 mm) são geralmene xenomórficos, mostrando distintos efeitos da deformação plástica. Ao nível dos cristais ocorre um cisalhamento simples, com a formação de um sistema porfiroclástico do tipo  $\sigma_a$  (Passchier & Simpson, 1986), extinção ondulante, *kink-bands*, sombras de pressão, deformação nas lamelas de geminação (plagioclásio) ou de exsolução (ortopiroxênio), além de uma generalizada cominuição nas bordas, dando origem a agregados granoblásticos e texturas tipo *mortar*. Os porfiroclastos de ortopiroxênio localmente possuem inclusões de rutilo orientadas perpendicularmente entre si.

De forma contrastante os neoblastos de piroxênios e plagioclásio mostram-se geralmente límpidos, com bordas retilíneas e contatos próximos de  $120^\circ$ , representando uma recristalização estática. As lamelas de exsolução nos piroxênios estão ausentes ou são extremamente delgadas.

Os óxidos encontram-se formando parte dos agregados granoblásticos, sugerindo terem sofrido a ação da recristalização metamórfica. Estes são representados principalmente por ilmenita (0,03-0,20 mm) que geralmente mostra-se homogênea ou localmente apresentando finas exsoluções de hematita.

Os sulfetos ocorrem geralmente intercrescidos (0,03-0,20 mm) predominando a pirrotita (70-80%), seguida de calcopirita, pentlandita e substituições para pirita (<10%).

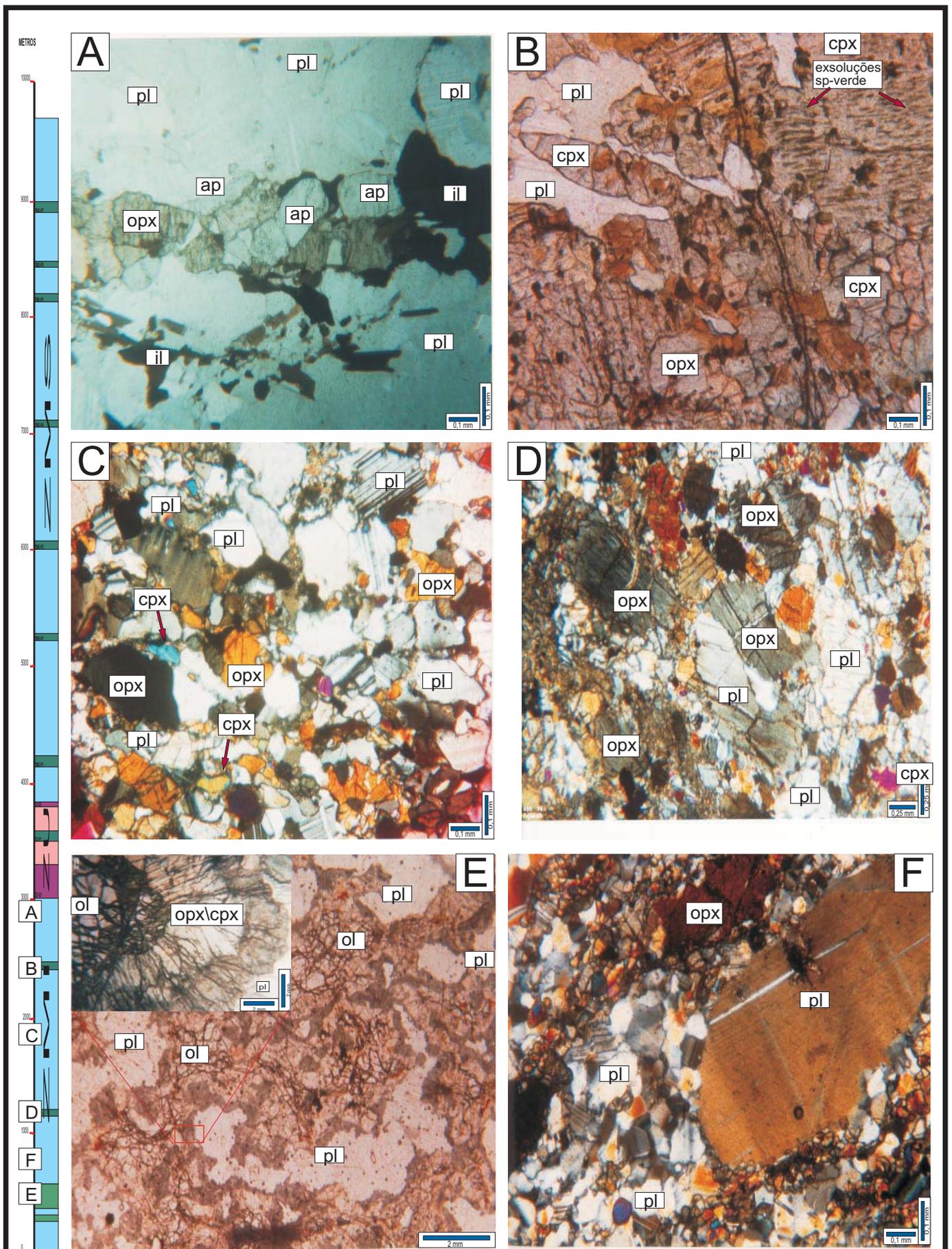


Figura 4.2 - Fotomicrografia dos litotipos da Zona Máfica Inferior do Complexo de Cana Brava. A) Metagabronorito milonítico, com textura granoblástica e abundante apatita (recristalizada) - topo do Membro ZMI-M2. B) Melagabronorito, isotrópico, com cpx apresentando exsoluções e coroas de reação de espinélios verdes - Membro ZMI-P2. C) Metagabronoritos miloníticos com porfiroclastos de ortopiroxênios em matriz granoblástica, orientada seg. foliação Sn. D) Metaortopiroxenito feldspático deformado, com textura mesocumulática reliquiar. Membro ZMI-P1. E) Olivina-melagabronorito coronítico, isotrópico - Subzona Basal (ZMI-SB). F) Metagabronoritos ultramiloníticos com texturas granoblásticas orientadas seg. foliação Sn - Subzona Basal (ZMI-SB).

Estes litotipos apresentam intensa substituição dos grãos de piroxênios e plagioclásio por clorita, carbonato, anfibólio e talco, gerando “anfíbolitos” de caráter retrometamórfico.

A assembléia mineral e as texturas observadas indicam que estes litotipos sofreram a ação do metamorfismo de fácies granulítico, com retrometamorfismo do fácies xisto-verde-anfíbolito superimposto.

### ***Ultramilonitos ricos em quartzo***

Os ultramilonitos ricos em quartzo caracterizam-se pelo predomínio de níveis (0,05-0,20 mm) ricos em quartzo (85% ) com intercalações de delgados níveis (<0,01 mm) com sericita, clorita, biotita, rutilo e óxidos ou hidróxidos de ferro. Possuem uma textura granoblástica orientada, definindo uma foliação milonítica, onde os planos S-C provavelmente se paralelizaram.

O quartzo encontra-se intensamente estirado e com o eixo cinemático  $X$  orientado paralelo aos planos C, com extinção ondulante e contatos serilhados. Observa-se também a presença de pseudomorfos (0,35-2,00 mm), formados por sericita e óxidos (ou hidróxidos de ferro), que frequentemente apresentam uma feição sigmoidal do tipo  $\sigma_a$  indicativa de altas taxas de recristalizações em relação a tensão cisalhante (Passchier & Simpson, 1986).

Os delgados níveis de quartzo observados em metagabronorito ultramilonítico parecem representar o início de um processo de substituição por pressão (Nicolas & Poirre, 1976), promovendo a migração seletiva de elementos e concentração de quartzo e minerais “insolúveis”, dando origem a ultramilonito rico em quartzo.

### ***Anfíbolitos***

Nestas rochas são observados níveis máficos (compostos por zoisita, clorita, sericita, carbonato e plagioclásio) alternados com níveis félsicos (clorita, sericita, talco, muscovita, anfibólitos e relíctos de piroxênio, além de ilmenita, pirrotita e calcopirita) que formam geralmente uma textura granoblástica fina (0,05-1,00 mm). Delgados níveis segregados em quartzo aparecem orientados, juntamente com os níveis máficos e félsicos, definindo uma foliação milonítica S-C .

Estes litotipos apresentam significativa substituição dos piroxênios e plagioclásio por minerais hidratados (anfíbolio e filossilicatos), indicando provavelmente um processo retrometamórfico atuando sobre os metagabronoritos.

***Olivina-melagabronorito coronítico.***

Este litotipo corresponde a um termo pouco afetado pela deformação, composto principalmente por clinopiroxênio (30%), plagioclásio (25%), ortopiroxênio (18%), olivina (9%) além de minerais secundários (anfíbólio, talco), sulfetos e espinélio de coloração verde (7%) a castanha clara (3%).

A preservação da textura ígnea permitiu a identificação de grãos cúmulus de olivina, plagioclásio e piroxênios, definindo uma textura adcumulática. Outra feição importante é a presença de textura coronítica formada por uma zonação mineralógica com núcleo de olivina, seguida de um agregado radial de ortopiroxênio e clinopiroxênio e numa coroa mais externa de intercrescimento simplectítico de espinélio verde a castanho e anfíbólio (foto.4.2 E). O simplectito também pode se dispor no contato de agregados de piroxênios e plagioclásio (sem a presença da olivina no centro).

A olivina ocorre como cristal anédrico (0,50-3,00 mm), com extinção ondulante e fraturas preenchidas por espinélio castanho. Frequentemente é bordejada por um agregado de piroxênios.

O ortopiroxênio forma grãos (0,30-1,50 mm) subédricos, com bordas retilíneas, possuindo exsoluções de espinélio verde a castanho, orientadas paralelas às lamelas de exsolução.

O clinopiroxênio (0,20-1,50 mm) ocorre como grãos subédricos, dispostos junto ao ortopiroxênio. Localmente apresenta-se anédrico com largas lamelas de exsolução de ortopiroxênio e exsoluções de espinélio verde.

O espinélio ocorre geralmente como cristal de coloração verde a castanho, amebóide e intercrescido com anfíbólio, formando as coroas de simplectito. Também é encontrado como cristal anédrico (0,05-0,15 mm) disposto entre os grãos de piroxênios parcialmente deformados (com as bordas cominuídas), sugerindo sua individualização também durante o processo de blastese. O espinélio verde transiciona para espinélio castanho claro, indicando uma zonação ótica.

Os sulfetos (0,05-0,35 mm) são representados principalmente por pirrotita e subordinadamente por calcopirita e substituições de pirita. Distribuem-se preferencialmente entre os piroxênios e olivina, ocorrendo também nas fraturas ou como discretas inclusões em olivina.

Estes litotipos gradacionam para termos intensamente deformados e com foliação milonítica Sn. Neste processo ocorre o desaparecimento de texturas isotrópicas, coroas de reação e minerais primários (olivina). Ocorre também generalizada deformação dos cristais, indicada por extinção ondulante, deformação das lamelas de geminação (plagioclásio) e exsolução (piroxênios), formação de maclas deformacionais (plagioclásio) e cominuição de bordas de porfiroclastos, com a formação de neoblastos (0,05-0,10 mm) subordinada.

Neste processo se produzem rochas com até 70% de matriz granoblástica e intenso estiramento dos piroxênios (até 2,5 cm) por cisalhamento simples. Estes dados sugerem que nesta unidade a distribuição de olivina-melagabronorito coronítico pode ter sido maior, tendo sido obliterada por processos deformacionais e metamórficos de alto grau, que deram origem aos termos miloníticos e ultramiloníticos.

#### **4.3.1.2 - Subzona - ZMI-1**

##### **Membro Piroxenítico - ZMI-P1**

###### ***Metaortopiroxenito feldspático***

Este litotipo é composto principalmente por ortopiroxênio (75-80%) e subordinadamente por clinopiroxênio (5-10%) e plagioclásio (10-15%).

A textura é representada por uma matriz granoblástica (90%) com raros porfiroclastos (10%) de piroxênios e plagioclásio, os quais apresentam-se estirados e orientados, definindo uma foliação milonítica S-C (fig. 4.2 D).

A matriz granoblástica é formada por agregados de piroxênios (0,05-0,15 mm) e plagioclásio (0,05-0,30 mm) que mantêm contatos retilíneos e próximos de 120°, típicos de texturas de recristalização estática. Os porfiroclastos, principalmente de ortopiroxênio (0,30-3,00 mm), mostram extinção ondulante, deformação nas lamelas de exsolução, formação de sombras de pressão e cominuição das bordas, com recristalização e formação de neoblastos associada. Substituições por talco e anfibólio ao longo das fraturas e bordas dos piroxênios são freqüentes.

Os sulfetos (0,05-0,7 mm) são representados principalmente por pirrotita e subordinadamente por calcopirita, dispondo-se de forma interticial aos silicatos ou localmente inclusos em ortopiroxênio.

##### **Membro Metagabronorítico - ZMI-M1**

###### ***Metagabronorito.***

Esta rocha diferencia-se do metagabronorito ultramilonítico pelas feições deformacionais menos desenvolvidas, tais como uma maior dimensão dos cristais e porcentagem de porfiroclastos (fig.4.2 C).

A associação mineral é formada principalmente por plagioclásio (45-60%), ortopiroxênio (5-35%) e clinopiroxênio (0-25%), tendo como minerais acessórios a ilmenita (2-5%) e o quartzo (1-3%), além de rutilo, biotita, clorita, anfibólio castanho e sulfetos como minerais traços (<1%).

Predomina textura granoblástica de granulação fina (0,02-0,35 mm) formada por uma matriz de piroxênios, plagioclásio e ilmenita com contatos retilíneos e junções tríplices próximas de 120°, que juntamente com os porfiroclastos de ortopiroxênio (<0,30 mm) e plagioclásio (0,35-1,50 mm) estirados e orientados, definem uma foliação milonítica S-C. Películas de quartzo segregadas (0,05-0,20 mm) encontram-se paralelos aos planos C da foliação. Localmente observa-se substituição de piroxênio por anfibólio de coloração verde ou castanha e clorita.

#### ***Ultramilonito rico em quartzo.***

Este litotipo é similar à aquele descrito na Subzona Basal Ultramilonítica, onde predominam níveis de quartzo (90%) intercalados por películas ricas em sericita (9%) e rutilo (1%), que definem uma foliação milonítica.

O quartzo apresenta intenso estiramento, com contatos suturados e extinção ondulante, dispondo-se em um arranjo granoblástico. A sericita concentra-se em delgados níveis ou em pseudomorfos que se mostram estirados e com um formato sigmoidal. O rutilo ocorre idiomórfico disposto nos níveis ricos em sericita.

#### **4.3.1.3 - Subzona ZMI-2**

##### **Membro Piroxenítico - ZMI-P2**

#### ***Metawebsterito feldspático e melagabronorito.***

Estes litotipos caracterizam-se por se apresentarem parcialmente deformados, com uma associação mineral com cerca de 70% de clinopiroxênio, 15% de ortopiroxênio, 7% de plagioclásio e 7% de biotita, além de minerais acessórios (1%) (ilmenita, sulfetos e apatita).

A textura é granoblástica com aglomerados de porfiroclastos de piroxênios intensamente estirados, bordas suturadas e com formação de neoblastos. O plagioclásio ocorre completamente recristalizado. A biotita ocorre orientada, ressaltando a foliação Sn. Apesar da recristalização a que esta rocha foi submetida, a disposição do plagioclásio em delgadas lentes, intercaladas em aglomerados de piroxênios, sugere uma fábrica anterior de natureza mesocumulática.

Os porfiroclastos de piroxênios mostram estiramento, extinção ondulante e ocasionais sombras de pressão, formando agregados sigmóidais separados por neoblastos. Predominam neoblastos de clinopiroxênio em relação ao ortopiroxênio. O ortopiroxênio exibe grande quantidade de inclusões ou *agulhas de shiller*.

A biotita desenvolve-se preferencialmente orientada na matriz ou substituindo piroxênio em fraturas.

A pirrotita representa a principal fase dos sulfetos, ocorrendo calcopirita intercrescida e\ou substituições nas bordas por pirita e hematita.

O ***melagabronorito*** destaca-se pela grande porcentagem de anfibólio de cor castanha (11%) e espinélio verde (5%) associados a plagioclásio (40%), clinopiroxênio (23%) e ortopiroxênio (20%), além de sulfetos (1%) e apatita (<<1%) acessórios (fig. 4.2 B).

As feições deformacionais são representadas por extinção ondulante, deformação das lamelas de exsolução, encurvamento das lamelas de geminações e localmente formação de neoblastos de piroxênios e plagioclásio, porém não obliterando uma textura adcumulática reliquiar.

Os grãos de clinopiroxênio (0,30-1,00 mm) exibem deformação interna e formação de neoblastos nas bordas, além de frequentes inclusões de espinélio verde orientado paralelo ou obliquamente às lamelas de exsolução. No contato com o plagioclásio observa-se a formação de uma franja simplectítica de anfibólio e espinélio verde.

No ortopiroxênio também ocorre inclusões de espinélio verde, porém orientadas ortogonalmente entre si e concentrando-se preferencialmente na região central dos cristais. O anfibólio de coloração laranja distribue-se entre os grãos de plagioclásio ou os substituem parcial a totalmente.

Os sulfetos são representados principalmente por pirrotita e subordinadamente por calcopirita.

### **Membro Metagabronorito - ZMI-M2.**

#### ***Metagabronorito***

O metagabronorito é constituído por plagioclásio (40-50%), ortopiroxênio (25-40%), clinopiroxênio (12-35%) e minerais acessórios (ilmenita, apatita e sulfetos). Localmente pode ocorrer biotita (12-35%), anfibólio de coloração laranja (2-13%) e espinélio verde (1%). A quantidade de apatita nesta unidade é significativamente superior à encontrada nas unidades inferiores, podendo atingir até 1% da moda (fig. 4.2 A).

A textura granoblástica é predominante, apresentando uma granulação fina a média (0,05-0,75 mm), formada por concentrações de neoblastos de plagioclásio envoltos por delgados níveis de neoblastos de piroxênios, biotita e anfibólio orientados, dando um aspecto lenticular à matriz e definindo uma foliação milonítica S-C. A ilmenita e apatita localizam-se na matriz granoblástica, com contatos próximos a 120° com os piroxênios e plagioclásio, ou no interior de agregados neoblásticos de piroxênios, indicando terem sofrido a ação da recristalização metamórfica.

Os porfiroclastos são representados por ortopiroxênio, plagioclásio e clinopiroxênio, totalizando frequentemente cerca de 5% em volume da moda. Os piroxênios podem se apresentar substituídos por anfibólio, biotita e talco, enquanto no plagioclásio pode ocorrer substituição por zoisita.

A pirrotita constitui a principal fase sulfetada, podendo ocorrer calcopirita intercrescida e substituições por pirita.

Este metagabronorito difere do descrito nas unidades anteriores por apresentar uma maior granulação e pela abundância de apatita.

## **4.3.2 - ZONA ULTRAMÁFICA - ZU**

### **4.3.2.1 - Subzona ZU1**

#### **Membro Serpentinítico ZU-S1**

##### ***Peridotitos e Serpentinitos***

Nos serpentinitos predominam agregados de pseudomorfos (0,30-0,80 mm) poligonais, substituídos internamente de forma radial por serpentina e separadas por delgadas vênulas ricas em hidróxido de ferro, clorita, serpentina e espinélio, definindo arranjos poligonais. Estas texturas parecem representar feições de alteração de olivina como observada por Dreher *et. al.* (op. cit., 1989).

Ocorrem ainda películas mais espessas preenchidas por fibras de serpentina (crisotila?) e magnetita. A magnetita apresenta exsoluções de hematita orientadas ortogonalmente entre si.

Os grãos de espinélio (0,05-0,30 mm) são euédricos a subédricos, dispostos isolados ou formando agregados. Apresentando-se total\parcialmente substituídos do núcleo para as bordas, por magnetita e hematita, com textura similar às de ferrit-cromita (Haggerty, 1976).

Devido ao intenso estado de alteração e substituição a que estas rochas foram submetidas na área de estudo, foi amostrado um representante da Zona Ultramáfica da porção sul do complexo (Mina da SAMA\Cava-B).

O litotipo analisado apresenta cor preta, aspecto maciço e uma composição mineralógica de olivina (40%), clorita e serpentina (58%), cromo-espínélio (2%) e sulfetos (<1%), caracterizando-o provavelmente como dunito (fig. 4.3 A).

A textura é representada por um agregado de olivina parcialmente separada por veios de serpentina. A olivina (0,35-2,00 mm) apresenta-se parcialmente substituída por serpentina. O cromo-espínélio (0,05-1,5 mm) possui cor castanha, com substituições na bordas e fraturas por hematita e magnetita.

A caracterização de prováveis protolitos para os serpentinitos da Zona Ultramáfica, encontrados na área, tornou-se de difícil realização devido aos poucos afloramentos encontrados e a intensa alteração intempélica destes litotipos. Entretanto considerando a similaridade textural com os litotipos da Cava B, sugere-se que os serpentinitos provavelmente possam ter sido derivados de peridotitos.

Esta sugestão encontra-se de acordo com as observações de Pamplona & Nagao (1981), Girardi & Kurat (1982) e Correia (1994) que descreveram a presença de relíctos de ortopiroxênio, clinopiroxênio e olivina. Segundo Pamplona & Nagao (1981) tais composições mineralógicas indicariam a presença de harzburgito e/ou clinopiroxênito.

Girardi & Kurat (1982) notaram a presença de alternância centimétrica de serpentinito e piroxenito indicativa de processos de diferenciação magmática. Correia (1994) identificou intercalações milimétricas de níveis ricos em serpentina, com relíctos de olivina, e níveis com o predomínio de ortopiroxênio e clinopiroxênio, correspondentes a prováveis alternâncias de dunitos e piroxenitos-peridotitos, os quais quando considerados em conjunto representariam serpentinitos formados a partir de peridotitos.

### **Membro Piroxenítico ZU-P1**

#### ***Websteritos***

Os litotipos desta unidade possuem texturas e composições minerais homogêneas e são representados por websterito feldspático, websterito de granulação média a grossa e websterito pegmatóide. Macroscopicamente possuem uma cor verde e aspecto isotrópico.

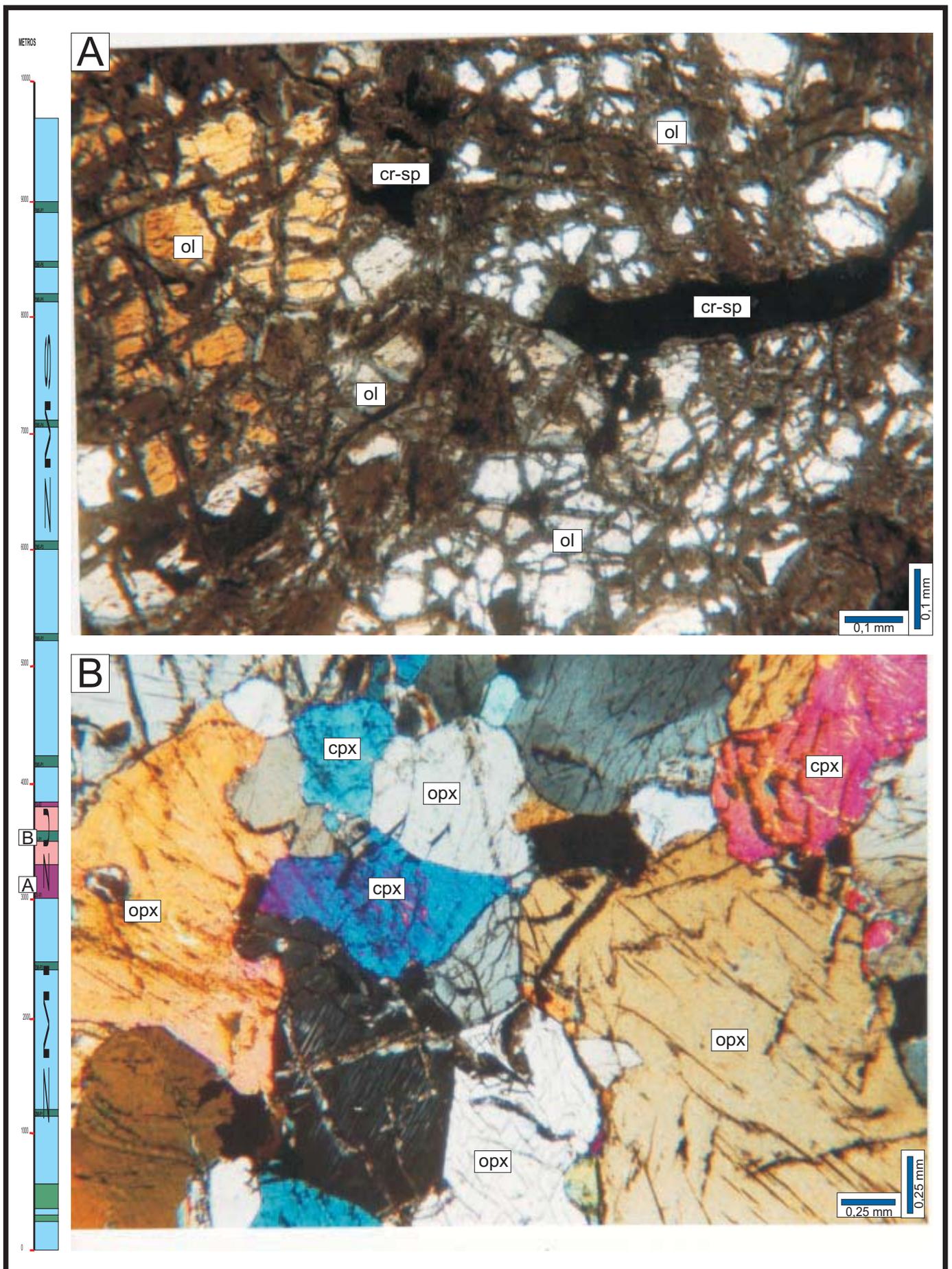


Figura 4.3 - Fotomicrografia dos litotipos da Zona Ultramáfica do Complexo de Cana Brava. Nicóis cruzados. **A)** Dunite isotrópico com cr-espinélios disseminados - Membro ZU-S1 (CAVA-B). **B)** Websterite isotrópico, com textura adcumulática - Membro ZU-P1.

O websterito feldspático é composto principalmente por ortopiroxênio (50%) e clinopiroxênio (40%) além de plagioclásio (8%), anfibólio de cor castanha (2%) e minerais traços (<1%) representados por rutilo, magnetita e sulfetos.

O ortopiroxênio (0,35-3,50 mm) e o clinopiroxênio (0,35-1,00 mm) mostram-se euédricos a subédricos com contatos retilíneos, representando a fase cúmulus, enquanto o plagioclásio distribui-se entre os cristais de piroxênio ou mesmo englobando-os (oicocristais), caracterizando a fase pós-cúmulus e definindo uma textura mesocumulática. O anfibólio ocorre substituindo os piroxênios, enquanto os minerais traços representados por rutilo, magnetita e sulfetos na forma de pirrotita (po), pentlandita (pn) e calcopirita (cp), distribuem-se nos espaços intersticiais.

Localmente observa-se deformação incipiente dos cristais de piroxênios e plagioclásio, produzindo extinção ondulante ou mesmo recristalização.

O websterito médio-grosso e pegmatóide é composto por clinopiroxênio (60%) e ortopiroxênio (40%) com minerais traços (<1%) representados por magnetita e sulfetos. Os piroxênios formam agregados com junções tríplexes e contatos retilíneos a irregulares definindo uma textura adcumulática (fig.4.3 B).

O clinopiroxênio possui dimensão de 0,40-3,70 mm, podendo atingir até 3 cm no piroxenito pegmatóide, às vezes mostrando largas lamelas de exsoluções de ortopiroxênio. O ortopiroxênio (1,00-4,00 mm) apresenta lamelas de exolução mais finas, mostrando-se às vezes zonado.

A magnetita e sulfetos (po,pn,cp) distribuem-se nos espaços intersticiais.

A deformação esta presente de forma incipiente pela formação de bandas de deformação nos piroxênios (largas lamelas) ou até mesmo por recristalização nas bordas dos cristais, porém não definindo a presença de uma foliação.

#### **4.3.2.2 - Subzona ZU2**

##### **Membro Serpentinítico.ZU-S2**

##### ***Serpentinitos***

Os serpentinitos são constituídos por serpentina, clorita e minerais traços dados por óxidos\hidróxidos de ferro (?), magnetita, hematita e cromo-espinélio. Exibem pseudomorfos intensamente substituídos por serpentina, dispostas internamente de forma radial e envolvidas por delgados veios de óxidos\hidróxidos de ferro (?) e cromo-espinélio. O cromo-espinélio mostra-se parcial ou totalmente substituído por magnetita, a qual também é substituída por hematita.

### 4.3.3 - ZONA MÁFICA SUPERIOR - ZMS

#### 4.3.3.1 - Subzona -ZMS 1

##### Membro Piroxenítico - ZMS-P1

###### *Websterito*

Este piroxenito mostra uma cor verde escura a preta, granulação média a grossa (0,30-3,20 mm) e composição mineralógica dada por ortopiroxênio (40-60%) e clinopiroxênio (60-40%), além de minerais acessórios (<1%) representados por sulfetos, óxidos, biotita e anfibólio.

Os grãos de piroxênios dispõem-se com contatos irregulares ou formando junções tríplices, compondo um agregado típico de uma textura adcumulática (fig.4.4 F). Os espaços intersticiais são ocupados por sulfetos. Localmente mostram feições deformacionais indicadas pelas extinções ondulantes, *kink-bands*, deformação das lamelas de exsolução e cominuição nas bordas, com recristalização associada, porém com a ausência de planos de foliação.

O clinopiroxênio (0,30-2,00 mm) localmente mostra zonação na borda, provavelmente decorrente de um crescimento adcumulático, além da presença de largas lamelas de exsolução de ortopiroxênio. No ortopiroxênio (0,30-3,20 mm) as lamelas de exsolução são mais delgadas e menos desenvolvidas. A biotita e anfibólios ocorrem substituindo os piroxênios.

Os sulfetos ocupam espaços intersticiais, sendo formados por um intercrescimento de pirrotita, calcopitita e pentlandita. A pirrotita representa a fase de maior ocorrência, podendo localmente ser observada com intercrescimento com a troilita. Os óxidos, representados por magnetita, ilmenita e raro rutilo formam grãos idiomórficos a hipidiomórficos, dispostos frequentemente junto aos sulfetos.

###### *Melagabronorito*

Macroscopicamente possuem cor cinza a marrom e grã média. A composição mineralógica é dada principalmente por clinopiroxênio (40%), plagioclásio (30%), ortopiroxênio (28%) e espinélio verde (2%), além de minerais traços (1%) representados por sulfetos e anfibólio de cor castanha.

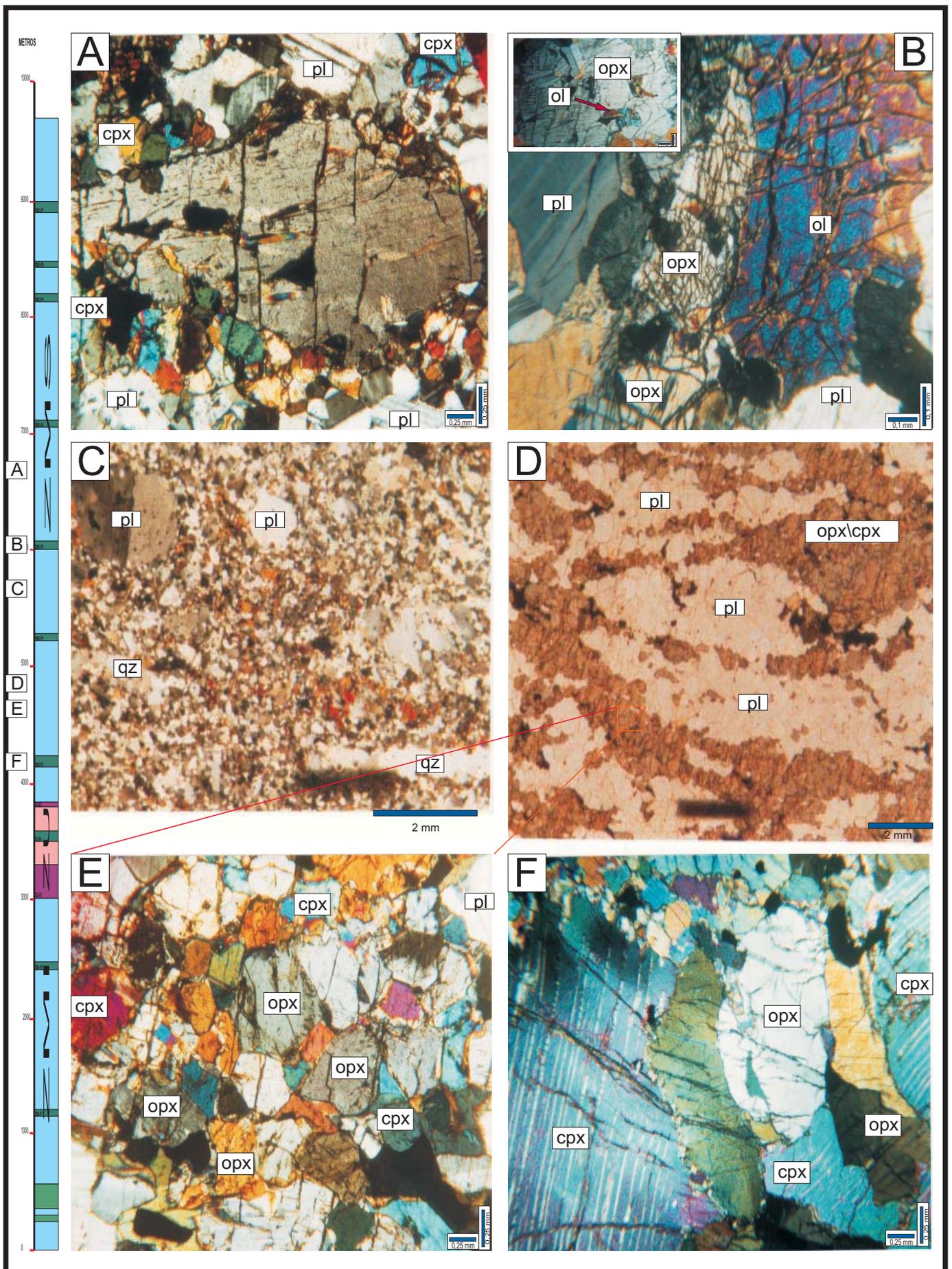


Figura 4.4 - Fotomicrografia dos litotipos da Zona Máfica Superior do Complexo de Cana Brava. Nicóis cruzados. **A)** Metagabronorito milonítico com matriz granoblástica e porfiroclastos de ortopiroxênio. Membro ZMS-M3. **B)** Olivina-melagabronorito, isotrópico, com olivina parcialmente substituída por piroxênios. Coroas de espinélios verde em contato piroxênios e plagioclásio Membro ZMS-P3. **C)** Metagabronorito milonítico com textura predominante granoblástica orientada seg. foliação  $S_n$ . Membro ZMS-M2. **D)** Metagabronoritos miloníticos com textura granoblástica com aspecto sigmoidal, orientada segundo a foliação  $S_n$ . Membro ZMS-M1. **E)** Detalhe da textura granoblástica (opx+px+cpx) presente nos metagabronoritos do Membro ZMS-M2. **F)** Websterito isotrópico com textura adcumulática. Membro ZMS-P1.

A textura predominante é caracterizada por uma intensa deformação dos grãos produzindo extinção ondulante, estiramento dos cristais na forma de sigmóides e grande recristalização de borda, definindo uma foliação milonítica Sn. Localmente podem ser observadas porções menos afetadas pela deformação, preservando a textura adcumulática.

Outra feição importante é a distribuição dos espinelios verdes, que se concentram principalmente nas bordas dos grãos de clinopiroxênio ou formando estruturas vermiformes, que se estendem para o interior dos cristais. Também ocorrem como cristais isolados no contato recristalizado de piroxênios.

O plagioclásio mostra-se como raros porfiroclastos (0,35-1,50 mm) envoltos por um agregado recristalizado (0,07-0,20 mm) de plagioclásio e piroxênios com um formato sigmoidal. Nos piroxênios a intensidade da recristalização metamórfica foi menor, preservando um maior número de porfiroclastos. Os sulfetos são representados por pirrotita e calcopirita intercrescidos, os quais distribuem-se entre os silicatos.

### ***Websterito Feldspático***

O websterito feldspático apresenta-se com cor verde a castanha e granulação média (0,35-1,50 mm) e são compostos por clinopiroxênio (57%), ortopiroxênio (40%), plagioclásio (10%) e anfibólio de cor castanha (3%), além de minerais traços (<1%) representados por sulfetos e raros óxidos.

Predomina uma textura formada por um agregado isotrópico de piroxênios com níveis lenticulares de plagioclásio recristalizado, indicando uma textura mesocumulática reliquiar. Os piroxênios mostram-se anédricos a subédricos, com contatos retilíneos (próximos de 120°) ou localmente deformados e formando neoblastos.

O anfibólio ocorre substituindo os piroxênios, enquanto os sulfetos e óxidos distribuem-se nos espaços intersticiais.

### **Membro gabronorítico ZMS-M1**

#### ***Metagabronorito***

Este litotipo apresenta cor cinza, granulação média-fina (0,15-0,20 mm) com planos de foliação bem desenvolvidos. É formada por plagioclásio (55-60%), clinopiroxênio (20%), ortopiroxênio (13-22%), ilmenita (1-4%) e minerais traços representados por apatita, anfibólio castanho e sulfetos.

Predomina uma textura granoblástica formada por agregados recristalizados de piroxênios, plagioclásio, ilmenita e apatita dispostos como aglomerados sigmoidais definindo planos de foliação Sn (fig. 4.4 D/E). São encontrados raros (1-2%) porfiroclastos de piroxênios (0,30-1,50 mm) ou plagioclásio, dispostos no interior dos agregados granoblásticos, mostrando-se deformados, com feições de extinção ondulante, estiramento e cominuição das bordas.

Estas rochas destacam-se por apresentarem grandes proporções modais de ilmenita (até 4%) e apatita (1%), dispendo-se recristalizadas junto aos piroxênios e plagioclásio.

A ilmenita (0,05-0,70 mm) às vezes apresenta delgadas exsoluções de hematita orientadas ortogonalmente em (111) e (100), que segundo Frost & Lindsley (1991), poderiam representar produtos tardios de resfriamento sob condições subsólidas.

#### **4.3.3.2 - Subzona ZMS-2**

##### **Membro Piroxenítico ZMS -P2**

###### ***Websterito feldspático***

Macroscopicamente o piroxenito mostra uma cor verde escura e grã média, sendo formado por ortopiroxênio (60-65%), clinopiroxênio (25-30%), plagioclásio (9-10%), anfibólio de cor castanha (até 1%) e minerais traços (<<1%) representados por rutilo e sulfetos.

Os piroxênios (0,30-1,50 mm) mostram-se euédricos a anédricos, dispostos em junções trípticas ou às vezes com as bordas cominuidas, com formação de neoblastos (0,05-0,15 mm). O plagioclásio dispõe-se entre os grãos de piroxênios mostrando-se como cristais recristalizados, com extinção ondulante e dimensão que varia de 0,05-0,20 a 0,30-0,75 mm. Apesar de se apresentarem deformados, a disposição e pouca porcentagem modal do plagioclásio indica uma textura mesocumulática anterior.

Os piroxênios mostram-se parcialmente substituídos nas bordas por anfibólio de cor castanha. Os sulfetos são representados por intercrescimento de pirrotita, pentlandita e calcopirita.

##### **Membro Metagabronorito ZMS-M2**

Neste membro podem ser observados litotipos com distintas intensidades de deformação e transformações metamórficas, indicadas por metagabronorito, anfíbolito e metanorito rico em quartzo.

### ***Metagabronorito***

Esta rocha possui cor cinza, granulação fina (0,15 mm) e composição mineralógica indicada por plagioclásio (43-60%), clinopiroxênio (25%), ortopiroxênio (15-25%), ilmenita (< 2%), quartzo (0-5%) e apatita (< 1%).

A textura é tipicamente granoblástica (< 0,30 mm) onde os cristais apresentam contatos retilíneos e próximos a 120°, dispendo-se como sigmóides orientados e que define uma foliação Sn. Localmente observam-se porfiroclastos (< 2%) de plagioclásio (0,30-0,70 mm) ou piroxênios (0,20-0,35 mm) com extinção ondulante, estiramento, bordas cominuidas e com recristalização associada. O quartzo ocorre recristalizado na matriz granoblástica.

### ***Anfibolito***

O anfibolito apresenta cor verde, grã média e composição mineralógica constituídas de hornblenda verde (70-74%), plagioclásio (18-20%), quartzo (3-10%), titanita (<2%), ilmenita (1-2%), epidoto\zoisita (<1%) e sulfetos (<1%). A textura é granoblástica e raramente orientada (marcada por estiramentos de quartzo e plagioclásio).

A hornblenda (0,05-1,00 mm) possui pleocroísmo verde a castanho, ocorrendo hipidiomórfica às vezes poiquiloblástica com inclusões de quartzo, plagioclásio e ilmenita.

A titanita ocorre hipidiomórfica como cristais poiquiloblásticos (<1,00 µm) com inclusões de plagioclásio, ilmenita e hornblenda. A ilmenita apresenta-se xenomórfica, localmente com inclusões de anfibólios e plagioclásio e com epidoto nas bordas.

### ***Metanorito rico em quartzo***

Este litotipo situa-se na porção mais interna de uma zona de falha, possuindo cor cinza clara e níveis segregados ricos em quartzo, os quais marcam a foliação Sn. É composto por plagioclásio (50-60%) ortopiroxênio (20-25%), quartzo (15-30%), ilmenita (1%) e minerais traços (<1%) representados por epidoto, apatita, e sulfetos (pirrotita e calcopirita).

A textura é granoblástica onde predomina uma matriz recristalizada (98-99%), composta principalmente por quartzo (<0,35 mm), plagioclásio (0,04-0,30 mm), ortopiroxênio (0,02-0,10 mm), envolvendo porfiroclastos de plagioclásio (0,35-4,00 mm) e mais raramente de ortopiroxênio (0,20-0,35 mm) (fig. 4.4 B).

Frequentemente o quartzo ocorre em níveis segregados com a forma de *ribbons* que juntamente com porfiroclastos (estirados, com lamelas de deformação, rotacionados e bordas suturadas com recristalização associada), enfatizam a intensa deformação a que estas rochas foram submetidas.

#### 4.3.3.3 - Subzona ZMS-3

##### Membro Piroxenítico ZMS-P3

Neste membro observa-se uma variação lateral de litotipos representada por piroxenito feldspático e melagabronorito coronítico

##### *Websterito Feldspático*

Apresenta cor verde escura e aspecto isotrópico, sendo composto por ortopiroxênio (75%), clinopiroxênio (10%), plagioclásio (15%) e rutilo (<1%).

Encontra-se parcialmente deformado, com generalizada recristalização do plagioclásio (<0,70 mm). As feições deformacionais presentes no ortopiroxênio (0,10-6,00 mm) e clinopiroxênio (0,35-0,10 mm) são representadas por estiramento, *kink-bands* e cominuição das bordas, com recristalização associada. Não obstante a presença de feições deformacionais, a disposição do plagioclásio entre os agregados de piroxênios parece indicar uma textura mesocumulática reliquiar.

##### *Melagabronorito coronítico*

Macroscopicamente mostra-se com cor cinza a castanha, aspecto isotrópico e grã fina-média (0,10-1,00 mm). A composição mineralógica é dada por ortopiroxênio (50%), plagioclásio (30%), clinopiroxênio (5%), anfibólio de cor castanha (5%), olivina (3%), espinélio verde e anfibólio (?) (intercrescidos) (6%), epidoto (1%) e magnetita (<1%).

Destaca-se uma textura coronítica onde cristais cúmulus de olivina ocupam a porção mais interna, seguida de ortopiroxênio e clinopiroxênio e uma franja mais externa, no contato com grãos cúmulus de plagioclásio, formada por intercrescimento simplectítico de espinélio verde e anfibólio (fig.4.4 B). Localmente pode-se observar o ortopiroxênio envolvendo a olivina e o plagioclásio, o que sugere uma reação peritética, produzindo ortopiroxênio (detalhe fig. 4.4 B).

A olivina (0,15-1,50 mm) localmente é substituída por serpentina ou apresenta fraturas internas preenchidas por magnetita.

Os piroxênios (0,15-1,00 mm) podem também se dispor como agregados poligonizados, não pertencentes a estrutura das coronas de reação da olivina, porém frequentemente envoltos por uma franja de simplectitos (espinélios e anfibólios), quando em contato com o plagioclásio. Localmente observam-se grãos de ortopiroxênio zonados com maiores concentrações de inclusões “*schlieren*” no centro dos cristais.

O plagioclásio ocorre subédrico (0,10-1,00 mm) com contatos próximos de 120°. Os anfibólio substitue parcialmente os piroxênios mantendo a pseudoforma destes. Possui ainda inclusões de espinélio verde ou do tipo *schilirem* e grande quantidade de opacos no contato entre os cristais. O espinélio verde também ocorre como discreto cristais, dispostos principalmente próximo às coroas simplectíticas.

### **Membro Metagabronorito ZMS-M3**

#### ***Metagabronorito***

Neste membro predomina metagabronorito de cor cinza, com planos de foliação Sn bem definidos. A composição mineralógica é dada por plagioclásio (60%), ortopiroxênio (15-30%), clinopiroxênio (10-25%), ilmenita (<1%) e sulfetos (<1%), além de minerais traços (<1%) representados por rutilo e anfibólio de cor castanha e apatita.

A textura é granoblástica, representada pelo predomínio de uma matriz recristalizada (95-98%) com raros porfiroclastos (2-5%) de plagioclásio e piroxênios (fig. 4.4 A).

Na matriz granoblástica o plagioclásio (0,05-0,35 mm) e piroxênios (0,02-0,35 mm) possuem contatos retilíneos próximos a 120°, envoltos por diminutos (0,02-0,05) neoblastos de piroxênios que marcam uma estrutura sigmoidal orientada segundo a foliação. O anfibólio ocorre substituindo os piroxênios.

Os porfiroclastos de plagioclásio (0,70-1,00 mm) e clinopiroxênio (0,30-0,75 mm) ocorrem localmente, enquanto os de ortopiroxênio (0,30-1,80 mm) apresentam-se amplamente distribuídos neste litotipo. Frequentemente mostram-se estirados segundo a foliação, com extinção ondulante, sombra de pressão, bordas cominuidas e recristalização de borda associada. Os porfiroclastos de ortopiroxênio frequentemente apresentam-se envolvidos por neoblastos de clinopiroxênio indicando um comportamento mais resistente a deformação (fig. 4.4 A).

A ilmenita (0,05-0,35 mm) ocorre xenomórfica (com delgada exsolução de hematita) e mostrando-se recristalizada na matriz granoblástica. Os sulfetos são representados por intercrescimentos de pirrotita, pentlandita e calcopirita, predominando a pirrotita.

#### 4.3.3.4 - Subzona ZMS-4

##### Membro Piroxenítico ZMS-P4

Neste membro predomina piroxenito feldspático, enquanto olivina-websterito e autólitos de gabronorito ocorrem de forma restrita.

##### *Websterito Feldspático.*

As feições macroscópicas são indicadas por uma granulação grossa, cor verde escura e aspecto isotrópico. A composição é representada por ortopiroxênio (35-80%), clinopiroxênio (10-45%), plagioclásio (5-20%), anfibólio de cor castanha (<1%), rutilo e magnetita (<<1%). Os sulfetos podem representar até 3% da moda.

Predomina uma textura isotrópica onde o ortopiroxênio constitui-se na fase cúmulus, frequentemente envolvida, parcial ou totalmente, por cristais pós-cúmulus de plagioclásio e clinopiroxênio, definindo uma textura ortocumulática (fig.4.5 D). O clinopiroxênio por sua vez, pode ser encontrado parcialmente envolvido por plagioclásio. Localmente observam-se feições deformacionais incipientes, como a presença de *kink-bands*, recristalização de plagioclásio e bordas de piroxênios, que não descaracterizaram a textura primária.

Os grãos de ortopiroxênio são encontrados em duas dimensões com o predomínio de cristais com 0,15-0,75 mm e restritos grãos de 1,00 a 3,20 mm. Os grãos de maiores dimensões são preferencialmente subédricos, com inclusões de plagioclásio e de ortopiroxênio, às vezes zonados ou ainda deformados, com estiramento e recristalização de borda incipiente.

O clinopiroxênio ocorre preferencialmente com dimensões variando de 0,15 a 3,00 mm, preenchendo espaços intersticiais ou como raros cristais euédricos. Localmente possuem inclusões de ortopiroxênio e opacos.

O plagioclásio (0,05-0,70 mm) encontra-se anédrico, presente nos espaços intercúmulus e com grande número de inclusões de piroxênios. Frequentemente mostra feições de deformação, como extinção ondulante, estiramentos e recristalizações. O anfibólio de cor laranja substitue os piroxênios ou está presente nos espaços intersticiais.

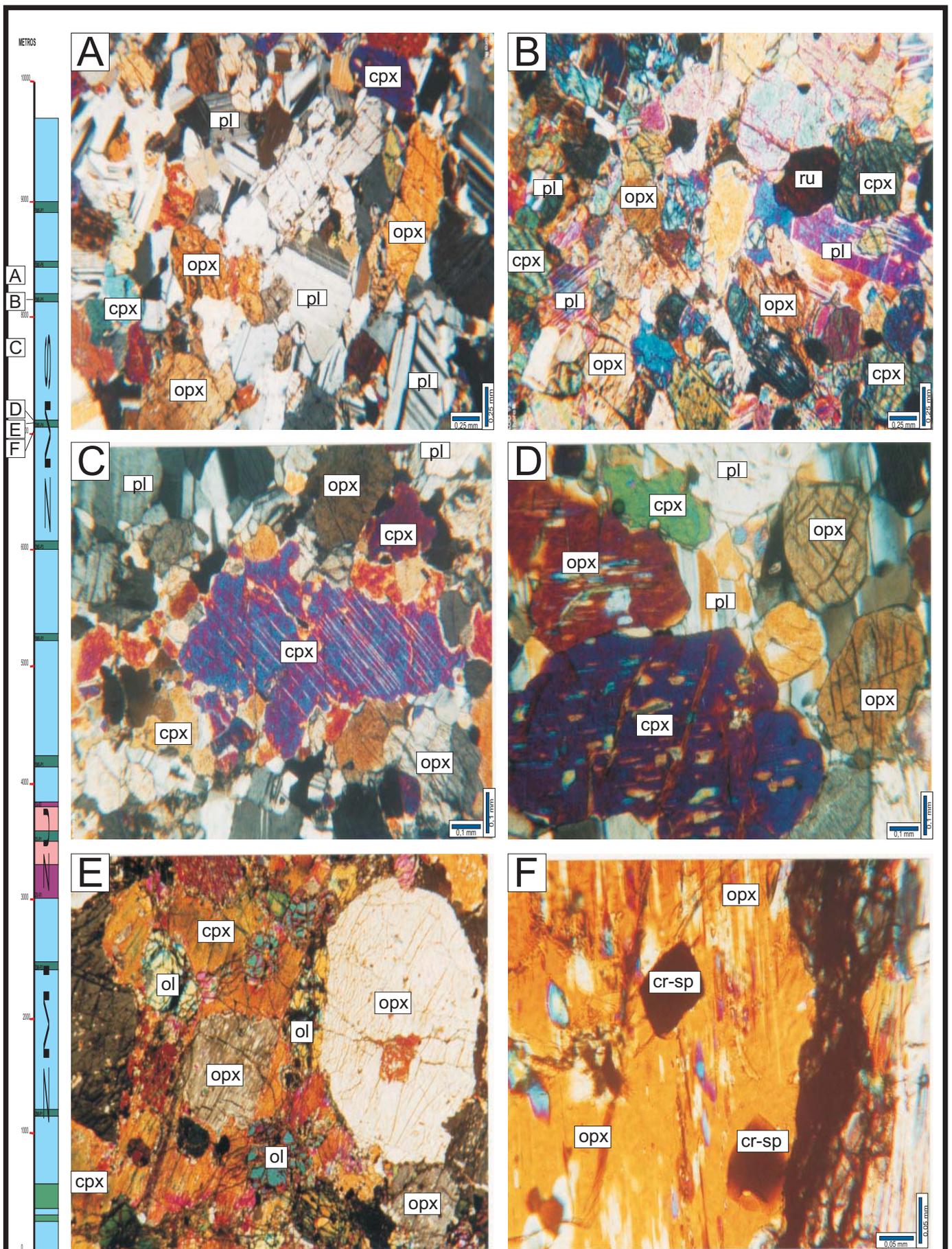


Figura 4.5 - Fotomicrografia dos litotipos da Zona Máfica Superior do Complexo de Cana Brava. Nicóis cruzados. **A)** Metagabronorito protomilonítico com predomínio de porfiroclastos de piroxênios e plagioclásio. Membro ZMS-M5. **B)** Websterito feldspático com textura mesocumulática e assembléia de  $opx+cpx+pl$  (+ru, bi). Membro ZMS-P5. **C)** Metagabronorito milonítico, com textura granoblástica e porfiroclastos de piroxênio com as bordas cominuidas Membro ZMS-M4. **D)** Websterito feldspático, isotrópico, com cúmulus de  $opx+cpx$  e pós-cúmulus de plagioclásio. Membro ZMS-P4. **E)** Olivina-websterito, isotrópico, com cumulus de  $ol+opx+cr-sp$  e pós-cúmulus de cpx. Reação de absorção do  $opx$  pelo material pós-cúmulus (cpx). Membro ZMS-P4. **F)** Detalhe da inclusão de cr-espinélios em ortopiroxênios. Membro ZMS-P4.

Os sulfetos (5-400  $\mu\text{m}$ ) distribuem-se nos espaços intersticiais ou mais raramente preenchendo fraturas dos silicatos, ocorrendo principalmente como intercrescimentos de pirrotita, pentlandita e calcopirita. Foi observado raros cristais de gersdorffita [(Fe,Ni,Co) AsS].

A pirrotita representa a principal fase de sulfeto, sendo hospedeira dos intercrescimentos ou exsoluções. A gersdorffita encontra-se euédrica e inclusa na pirrotita. Os óxidos (5-200  $\mu\text{m}$ ) são representados por rutilo e magnetita, ocorrendo intercrescidos.

### ***Olivina-websterito.***

O olivina-websterito macroscopicamente é isotrópico, com cor preta, granulação grossa (0,70-4,50 mm) onde destaca-se piroxênio envolto por uma matriz de granulação fina e coloração escura. A composição mineralógica é dada por ortopiroxênio (70%), olivina (15%), clinopiroxênio (5%), hornblenda\serpentina (5%), sulfetos (1-2%), cromo-espinélio (1-2 %), espinélio verde a marrom (1-2%), ilmenita e hematita (<<1%).

Os cristais cúmulus de ortopiroxênio e olivina mostram-se anédricos, frequentemente com um formato arredondado e inclusos em uma matriz de pós-cúmulus de clinopiroxênio, indicando uma textura mesocumulática (fig.4.5 E). Também se observam vênulas de serpentina cortando todas as fases minerais, provavelmente desenvolvidos em fase tardia de hidratação.

O ortopiroxênio (0,70-4,50 mm) apresenta-se anédrico, arredondado e localmente encontra-se parcialmente consumido pelo clinopiroxênio (fig. 4.5 E). Possui inclusões de olivina e cromo-espinélio e localmente com exsolução de espinélio de cor marrom.

A olivina (0,75-2,25 mm) mostra-se arredondada, intensamente fraturada e com preenchimento por serpentina, espinélio verde e hematita. Possui inclusões de cromo-espinélio.

Os sulfetos (5-100  $\mu\text{m}$ ) são caracterizados pelo predomínio de pirrotita em relação a calcopirita e pentlandita, ocorrendo sempre intercrescidos e dispostos nos espaços intersticiais ou preenchendo fraturas que cortam os piroxênios e a olivina.

Destacam-se dois grupos de espinélio, representados por cromo-espinélio e espinélio verde a marrom. Os mais abundantes são os cristais cúmulus de cromo-espinélio (0,02-0,15 mm) que possuem cor castanha escura e hábito euédrico, encontrados como inclusões no ortopiroxênio e olivina ou na matriz de clinopiroxênio (fig. 4.5 F). O espinélio de cor verde a marrom é xenomórfico e geralmente associa-se às fraturas serpentinizadas das olivinas.

A ilmenita (1-5  $\mu\text{m}$ ) ocorre como discretos cristais anedrais, dispostos nos espaços intersticiais.

### ***Autólitos de gabronorito***

As feições macroscópicas são caracterizadas por: cor cinza clara, aspecto maciço e contatos abruptos com a matriz piroxenítica encaixante.

A composição mineral é dada por plagioclásio (65%), ortopiroxênio (30%), clinopiroxênio (5%) e minerais traços (<<1%), representados por anfibólio, rutilo, sulfetos e magnetita, caracterizando-os como gabronorito.

São equigranulares de granulação fina (0,15-0,35 mm) e com textura aparentemente isotrópica. O contato com a rocha encaixante é abrupto onde não foram observadas aureolas de metamorfismo de contato.

A rocha encaixante é um piroxenito inequigranular do Membro ZMS-P4, de grã grossa (0,35-1,50 mm), com textura isotrópica, formada por grãos cúmulus de ortopiroxênio e clinopiroxênio e pós-cúmulus de plagioclásio, este podendo apresentar-se poiquilítico.

### **Membro Metagabronorítico -ZMS-M4**

#### ***Metagabronorito***

Macroscopicamente possui cor cinza clara, granulação média, planos de foliação bem definidos e bandamento centimétrico de níveis máficos e félsicos.

A composição mineralógica é dada por plagioclásio (50-60%), ortopiroxênio (20-30%), clinopiroxênio (5-20%), anfibólio (2-5%), biotita (0-7%), ilmenita (0-3%), apatita (0-1%), sulfetos (<<1%), e minerais secundários (<<1%) representados por carbonatos, clorita e epidoto.

A textura é granoblástica (0,05-0,70 mm) e localmente grano-lepidoblástica, com o predomínio de uma matriz recristalizada de ortopiroxênio, clinopiroxênio e plagioclásio. Estes possuem contatos retilíneos e próximos de 120°, formando um agregado de neoblastos com um formato sigmoidal, além de esporádicos cristais de biotita e hornblenda orientados segundo a foliação Sn.

A biotita e o anfibólio às vezes ocorrem substituindo os piroxênios ou mostram contatos metaestáveis entre si, com um crescimento de biotita sobre o anfibólio.

A ilmenita e a apatita ocorrem recristalizadas na matriz granoblástica, junto ao plagioclásio e piroxênio.

### ***Metanorito.***

Macroscopicamente possui cor cinza, grã média e uma foliação Sn bem desenvolvida. A composição mineral é dada por plagioclásio (50-60%), ortopiroxênio (30-35%), clinopiroxênio (0-3%), hornblenda (3-10%), quartzo (0-5%), ilmenita (2-3%), apatita (<1%) e sulfetos (<1%).

A textura é granoblástica com até 95% de matriz recristalizada (0,15-0,30 mm) que localmente pode apresentar-se como níveis de granulação muito fina (0,05 mm). Os porfiroclastos de plagioclásio (1,00-2,25 mm) e ortopiroxênio (0,75-4,50 mm) mostram-se deformados, com extinção ondulante, bordas suturadas, recristalização de borda e estirados, definindo uma foliação Sn (fig. 4.5 A).

O quartzo ocorre xenomórfico, às vezes com inclusões de plagioclásio e ortopiroxênio da matriz granoblástica. A hornblenda aparece substituindo os piroxênios.

#### **4.3.3.5 - Subzona ZMS-5**

### **Membro Piroxenítico ZMS-P5**

#### ***Websterito Feldspático***

Macroscopicamente possui cor verde, aspecto isotrópico e grã média (0,60-1,00 mm). A composição mineral é representada por ortopiroxênio (45%), clinopiroxênio (32%), plagioclásio (20%), biotita (2%) e minerais traços (<1%) (rutilo, ilmenita e sulfetos).

Os cúmulos de piroxênios dispõem-se aleatoriamente, sendo que os espaços intercúmulos são preenchidos principalmente por pós-cúmulos de plagioclásio, definindo uma textura mesocumulática. Os cristais de rutilo, sulfetos e biotita distribuem-se nas porções intersticiais.

Os grãos de ortopiroxênio são euédricos a subédricos, podendo também se apresentar como cristais de maior dimensão (<1,5 mm), contrastando com o clinopiroxênio anédrico a subédrico. A biotita dispõem-se nos espaços intersticiais, envolvendo piroxênios e plagioclásio, indicando provavelmente a participação tardia de uma fase fluida magmática.

O rutilo representa a principal fase óxido, ocorrendo euédrico. Os sulfetos (25-100  $\mu\text{m}$ ) são compostos principalmente por pirrotita e subordinadamente por calcopirita e pentlandita.

### **Membro metagabronorito ZMS-M5**

#### ***Metagabronorito***

Este litotipo apresenta-se com cor cinza, granulação média e composição mineral dada por plagioclásio (60%), ortopiroxênio (20-25%), clinopiroxênio (10%), hornblenda (3%), quartzo (<1%), apatita (<1%) e opacos (2%).

A textura é granoblástica com predomínio de matriz recristalizada, além de raros porfiroclastos de plagioclásio e ortopiroxênio.

Os porfiroclastos de ortopiroxênio (1,00 mm) apresentam-se euédricos a subédricos, localmente zonados, sem feições deformacionais, com inclusões de plagioclásio e opacos. Frequentemente nos ortopiroxênios observam-se inclusões de rutilo e ilmenita, orientadas perpendiculares entre si.

Os porfiroclastos de plagioclásio (1,50-2,25 mm) mostram-se xenomórficos, com as bordas suturadas e recristalizações de borda associadas. A hornblenda ocorre substituindo os piroxênios.

#### **4.3.3.6 - Subzona ZMS-6**

Na base desta unidade ocorre um membro piroxenítico seguido no topo por um membro norítico, distinguindo-se das unidades anteriores por marcar uma diminuição na ocorrência de texturas deformacionais e localmente a preservação de tramas ígneas. Um outro aspecto distinto é a natureza do membro máfico, caracterizado por apresentar um maior número de camadas de norito ou gabronorito rico em ortopiroxênio, razão pela qual este membro foi denominado de membro norítico.

### **Membro Piroxenítico ZMS-P6**

#### ***Websterito Feldspático***

Este litotipo mostra cor verde escura, grã média (0,30 mm), aspecto isotrópico e composição mineralógica formada por clinopiroxênio (40%), ortopiroxênio (35%), plagioclásio (10%), hornblenda (3%) e minerais traços (1%), representados por sulfetos, rutilo e ilmenita.

Apresenta-se com cristais cúmulus de ortopiroxênio, sendo parcialmente envolvidos por pós-cúmulus de clinopiroxênio e plagioclásio, definindo uma textura ortocumulática.

O anfibólio distribue-se nos espaços intersticiais ou como cristais poiquilíticos, envolvendo e substituindo parcialmente ao plagioclásio e piroxênios, sugerindo ser fase deutérica (fig.4.6 F).

O ortopiroxênio é subédrico (0,30 mm) ocorrendo também como raros (2%) cristais de até 2,25 mm. Localmente mostra-se zonado, com uma maior concentração de lamelas de exsolução no núcleo do cristal. O clinopiroxênio mostra-se anédrico e envolvido pelo plagioclásio, sugerindo sua cristalização anterior a este.

Os sulfetos (10-100  $\mu\text{m}$ ) ocorrem como intercrescimentos de pirrotita, calcopirita e pentlandita, distribuindo-se nos espaços intersticiais ou como delgadas inclusões em anfibólio. A pirrotita predomina sobre os demais sulfetos.

Os óxidos (10-150  $\mu\text{m}$ ), representados por rutilo e ilmenita, ocorrem em menor número do que os sulfetos, sendo o rutilo a principal fase óxido.

### **Membro Norítico -ZMS-M6**

#### ***Norito***

Este mostra-se com cor cinza, granulação média e aspecto isotrópico a orientado. A composição mineralógica é representada por plagioclásio (50-60%), ortopiroxênio (35-40%), clinopiroxênio (0-3%), anfibólio (3-7%) e minerais traços (0-3%), dados por óxidos e sulfetos.

A textura mesocumulática é caracterizada por cristais cúmulus de ortopiroxênio e plagioclásio (0,70-2,00 mm) com cristais pós-cúmulus de clinopiroxênio (0,30-0,70 mm). Mostra-se parcialmente deformado, com a formação de neoblastos associados. O ortopiroxênio às vezes ocorre zonado, além de apresentar substituições para anfibólio.

A textura granoblástica é formada por um agregado recristalizado com junções tríplices, apresentando porfiroclastos de ortopiroxênio e plagioclásio deformados, estirados, com bordas suturadas e recristalização de borda associada.

Os óxidos são representados predominantemente por ilmenita e raro rutilo. Os sulfetos ocorrem como intercrescimentos de pirrotita e calcopirita.



Figura 4.6 - Fotomicrografia dos litotipos da Zona Máfica Superior do Complexo de Cana Brava. Nicóis cruzados. **A)** Cpx-norito, isotrópico - Membro ZMS-M7. **B)** cpx-norito, protomilonítico, com deformação incipiente de piroxênios - Membro ZMS-M7. **C)** Websterito feldspático, isotrópico, com plagioclásio pós-cumulus (icocristal) - Membro ZMS-P7. **D)** Websterito feldspático, isotrópico, com clinopiroxênio pós-cumulus. Membro ZMS-P7. **E)** Gabronorito, isotrópico, de granulação grossa, com clinopiroxênio pós-cumulus - Membro ZMS-M6. **F)** Bi-hb-websterito feldspático, isotrópico e textura mesocumulítica. Biotita e anfibólios substituindo piroxênios - Membro ZMS-P6.

### ***Metagabronorito***

O metagabronorito apresenta cor cinza clara, grã fina a grossa (0,05-2,50 mm) e uma composição mineral dada por plagioclásio (50-60%), ortopiroxênio (20-30%), clinopiroxênio (3-10%), anfibólio (2-5%), ilmenita (1-3%) e minerais traços (<1%) indicados por rutilo, sulfetos, penina e carbonatos. Neste litotipo o predomínio do ortopiroxênio em relação ao clinopiroxênio o aproxima da composição observada em norito.

Neste membro o (meta)gabronorito mostra distintas texturas devido à heterogeneidade da deformação, com texturas ígneas a granoblásticas. As texturas ígneas estão parcialmente deformadas, porém ainda podem ser observados grãos cúmulus de ortopiroxênio (localmente zonados) e de plagioclásio envoltos por grãos pós-cúmulus de clinopiroxênio, indicando uma textura mesocumulática (fig. 4.6 E).

No metagabronorito extremamente deformado há o desenvolvimento de uma textura granoblástica com formação de uma matriz recristalizada, envolvendo porfiroclastos de plagioclásio e ortopiroxênio. Os porfiroclastos estão estirados, deformados, com extinção ondulante e deformação nas geminações, definindo juntamente com a matriz granoblástica, a foliação Sn. Localmente observa-se gabronorito com intensa substituição dos piroxênios por anfibólio.

A ilmenita e o rutilo representam a fase óxido, os quais se distribuem nos espaços intersticiais ou compondo a matriz granoblástica. Os sulfetos ocorrem intercrescidos, predominando a pirrotita e subordinadamente calcopirita e pentlandita.

#### **4.3.3.7 - Subzona -ZMS-7**

### **Membro piroxenítico ZMS-P7**

#### ***Websterito feldspático***

O websterito feldspático apresenta cor verde clara, aspecto isotrópico e composição mineral: ortopiroxênio (40-83%), clinopiroxênio (7-30%), plagioclásio (10-20%), anfibólio de cor laranja (0-10) e minerais traços (<1%), (rutilo, sulfetos e biotita).

Este litotipo mostra textura isotrópica com o predomínio de grãos cumúlus euédricos de ortopiroxênio (0,15-0,45%), às vezes ocorrendo como cristais de maior dimensão (1,50-3,00 mm) formando até 5% da moda. O clinopiroxênio e plagioclásio ocorrem preenchendo espaços intersticiais ou englobando o ortopiroxênio, formando uma textura meso-ortocumulática (fig. 4.6 C/D).

O anfibólio ocorre poiquilítico englobando o plagioclásio ou piroxênios, podendo substituir estes últimos. Os sulfetos representados por pirrotita, calcopirita e pentlandita, distribuem-se nos espaços intersticiais ou estão inclusos em anfibólio e plagioclásio.

### **Membro Norítico -ZMS-M7**

#### ***Metanorito***

O metanorito apresenta uma composição mineralógica dada por plagioclásio (54%), ortopiroxênio (40%), hornblenda (5%), ilmenita (1%), clinopiroxênio (<1%), apatita (<1%) e sulfetos (<1%).

A textura é granoblástica com uma matriz recristalizada (< 0,15 mm) que se dispõe envolvendo porfiroclastos de plagioclásio (1,00-1,50 mm) e ortopiroxênio (1,00-3,00 mm). Os porfiroclastos mostram-se deformados, com *kink-bands*, extinção ondulante, deformação nas lamelas, estiramento e recristalização de borda. A matriz dispõe-se em formato sigmoidal, que juntamente com os porfiroclastos estirados, definem a foliação Sn.

Os sulfetos são formados por intercrescimentos de pirrotita e calcopirita.

#### ***(Meta) Gabronorito***

O (meta) gabronorito apresenta uma composição mineralógica homogênea, representada por plagioclásio (60-63%), ortopiroxênio (20-26%), clinopiroxênio (5%), anfibólio (3-7%), opacos (1-5%), quartzo (1%) e apatita (< 1%). A alta porcentagem de ortopiroxênio em relação ao clinopiroxênio, aproxima estes litotipos de termos noríticos.

Mostra frequentemente uma textura ígnea parcialmente deformada, com processos de blastese incipientes, onde ainda é possível identificar a natureza cúmulus do plagioclásio (0,35-5,00 mm) e ortopiroxênio (0,30-1,80 mm) e pós-cúmulus do clinopiroxênio (0,30-1,00 mm), indicando uma textura mesocumulática reliquiar (fig. 4.6 A/B). Localmente observa-se textura granoblástica.

O anfibólio ocorre com cor verde ou castanha, substituindo os piroxênios. A apatita distribui-se homogeneamente nesta unidade, enquanto o quartzo encontra-se intersticial e ocorrendo somente nos termos próximos do topo exposto da Zona Máfica Superior.

## **4.4 - INTRUSÕES NORÍTICAS**

Os corpos intrusivos localizados na porção oeste do Complexo de Cana Brava, apresentam características petrográficas semelhantes entre si. Para descrição destes foram consideradas as diferenças petrográficas de fácies, observadas de forma localizada, o que permitiu subdividi-los em Zona Norítica Central e Zona Norítica de Borda, incluindo os xenólitos ali presentes. O termo transicional entre estas duas zonas foi descrito separadamente, caracterizado como biotita-norito rico em quartzo

### **4.4.1 - ZONA NORÍTICA CENTRAL -ZNC**

Nesta unidade predomina litotipo de composição norítica, com estruturas e texturas ígneas parcial\totalmente preservadas, exemplificadas por localizado bandamento ígneo de noritos e melagabronoritos. A foliação Sn, quando ocorre, mostra-se pouco desenvolvida.

As características macroscópicas, texturais e mineralógicas destes litotipos mostram-se muito homogêneas e foram utilizadas como um dos critérios para a correlação de corpos, separados espacialmente.

#### ***Norito***

O norito possui macroscopicamente cor cinza a castanha, granulação média-grossa e frequente foliação Sn incipiente.

A composição mineralógica é dada por plagioclásio (45-55%), ortopiroxênio (15-40%), hornblenda marrom (10-15%), clinopiroxênio (0-8%), biotita (0-15%), quartzo (0-2%), opacos (<1%), hornblenda verde (<1%) e apatita (<1%).

A textura frequentemente é isotrópica, sendo localmente observada uma orientação incipiente de agregados de biotita, relacionada a presença da foliação Sn.

O plagioclásio ocorre subédrico, formando agregados com contatos retilíneos. O ortopiroxênio apresenta-se anédrico, frequentemente disposto nos espaços intersticiais ou englobando parcial\totalmente o plagioclásio, indicando uma natureza pós-cúmulus. A textura resultante é ortocumulática (fig. 4.7 A/B).

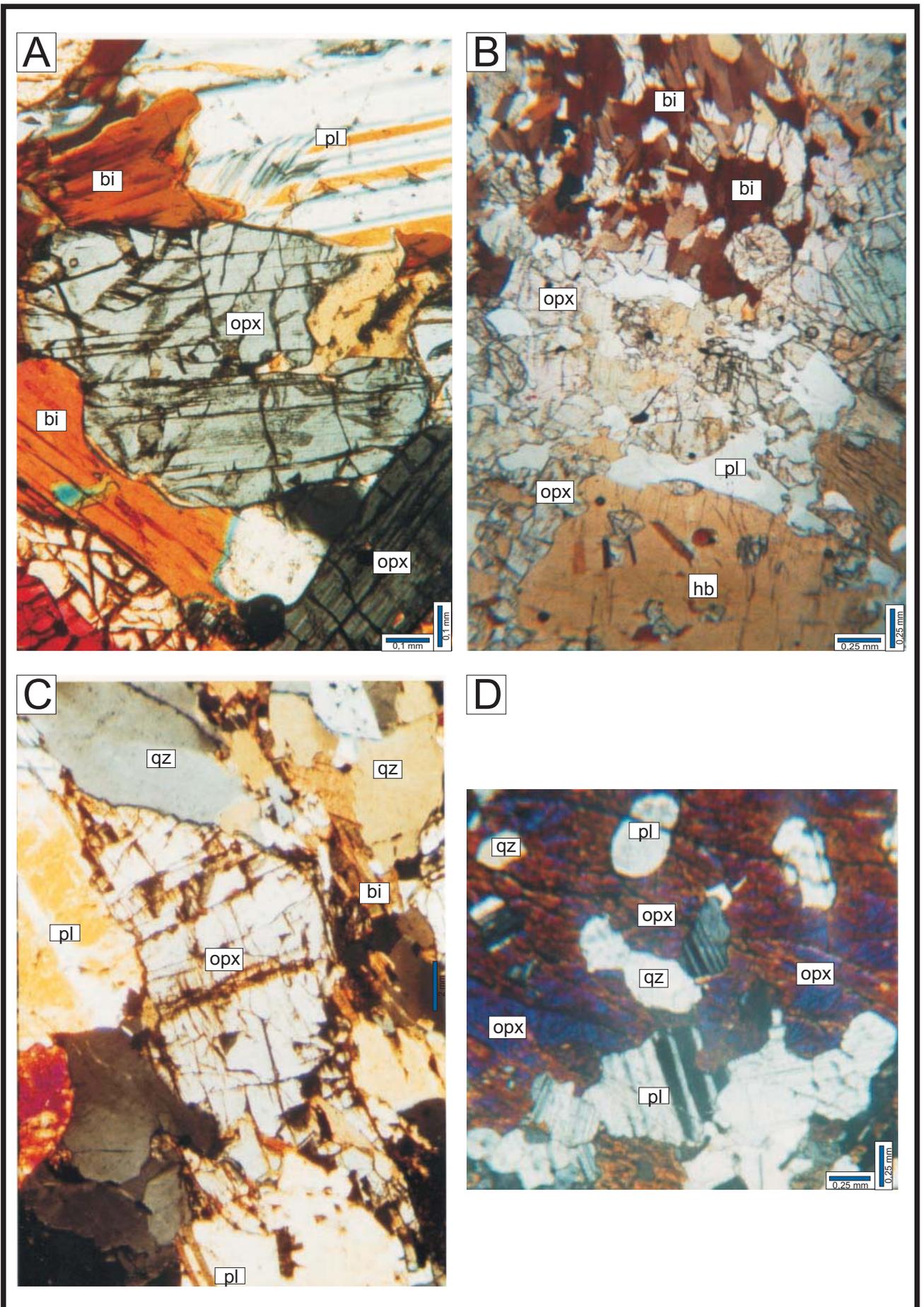


Figura 4.7 -Fotomicrografia dos litotipos das Intrusões Noríticas. **A)** Bi-hb-norito, isotrópico, com biotita e hornblenda substituindo parcialmente piroxênios. Zona Norítica Central. **B)** Bi-hb-norito, isotrópico, com biotita e hornblenda envolvendo piroxênios e plagioclásio. Zona Norítica Central. **C)** Bi-qz-norito, deformado, com matriz granoblástica (pl+qz) e intenso estiramento dos piroxênios. Transição entre as zonas Norítica Central e Norítica de Borda. **D)** Qz-norito, isotrópico, com ortopiroxênios pós-cumulus envolvendo plagioclásio e quartzo. Zona Norítica de Borda.

A hornblenda marrom representa o anfibólio mais comum, ocorrendo frequentemente substituindo os piroxênios. A biotita e a hornblenda marrom dispõem-se preenchendo os espaços intersticiais ou são poiquilíticas, com inclusões de plagioclásio, piroxênios e opacos. A hornblenda marrom possui ainda inclusões de biotita.

### ***Melagabronorito***

O melagabronorito restringe-se à delgadas camadas intercaladas ao norito. O contato deste bandamento é gradacional, marcado por um progressivo aumento da granulometria dos minerais (principalmente do anfibólio) e na porcentagem de piroxênios, biotita e quartzo em direção ao melagabronorito.

Apresenta cor castanha escura a preta, granulometria média, composição mineralógica dada por: ortopiroxênio (40-45%), plagioclásio (15-20%), hornblenda marrom (15-20%), clinopiroxênio (3-13%), quartzo (5-15%), biotita (2-5%) e opacos.

Frequentemente observa-se uma textura isotrópica formada por um agregado de piroxênios subédricos, com os espaços intersticiais preenchidos por plagioclásio, biotita, hornblenda marrom e quartzo, formando uma textura ortocumulática.

Localmente encontram-se feições deformacionais, indicadas por estiramento e extinção ondulante no quartzo e orientação da biotita, associadas à presença de uma foliação Sn incipiente.

Os piroxênios quando em contato com o quartzo, mostram-se irregulares, formando golfos que parecem indicar uma relação meta-estável entre estes.

A biotita ocorre poiquilítica, com inclusões de plagioclásio, ortopiroxênio e quartzo. A hornblenda marrom destaca-se pela grande dimensão dos cristais e envolvendo plagioclásio, piroxênio e biotita. A biotita e o anfibólio provavelmente representam fases magmáticas tardias e hidratadas.

#### **4.4.2 - ZONA NORÍTICA DE BORDA - ZNB**

Nesta zona foi observada a presença de litotipo preservado da deformação, representado por quartzo-norito. Os termos metamorfisados são representados por gnaisses bandados a ultramiloníticos. Os xenólitos ali presentes são de composição norítica a anfibolítica.

### ***Quartzo-Norito***

O quartzo-norito preserva a textura e composição mineralógica primária, pouco afetada pela deformação. Mostra cor cinza, grã média-grossa, e composição mineralógica dada por plagioclásio, quartzo, ortopiroxênio, biotita e minerais traços representados por opacos e zircão.

Apresenta uma textura isotrópica a fracamente orientada, formada principalmente por um agregado de quartzo e plagioclásio xenomórfico, localmente incluso em ortopiroxênio pós-cúmulus (fig. 4.7 D). O plagioclásio às vezes apresenta-se zonado e com inclusões de quartzo e ortopiroxênio.

A presença de extinção ondulante nos cristais é comumente observada, sendo que nos termos onde se desenvolve uma foliação incipiente, o quartzo mostra-se estirado com bordas suturadas e neoblastos associados, além da biotita apresentar-se orientada e concentrada no contato com os xenólitos.

### ***Granada-biotita-gnaisse bandado e ultramilonitos ricos em quartzo.***

Os gnaisses ocorrem com bandamentos máficos e félsicos (centimétricos a milimétricos), que marcam a foliação  $S_n$ .

Possuem porcentagem modal bastante variável, decorrente de diferentes intensidades de deformação e processos metamórficos associados. São formados por quartzo (5-70%), plagioclásio (20-45%), biotita (1-15%), granada (0-35%), hornblenda (0-7%), ortopiroxênio (0-2%) e minerais traços (<1%) (zircão, carbonato, opacos e muscovita).

A textura representa distinta intensidade deformacional e frequentemente apresenta-se granolepidoblástica, formada por um agregado de quartzo e plagioclásio intercalado por biotita, que marca a foliação  $S_n$ . Localmente, nos níveis de menor deformação, observam-se porfiroclastos de plagioclásio e quartzo com extinção ondulante, estirados e recristalização de borda. A granada ocorre como poiquiloblasto hipidiomórfico, envolvendo a matriz e sem feições deformacionais, indicando um crescimento pós-cinemático (fig. 4.8 B). A ocorrência de hornblenda está associada à substituição do ortopiroxênio.

O ortopiroxênio é um relicto ígneo, mostrando-se intensamente estirado, com extinção ondulante e substituído por hornblenda ou mais raramente por biotita (fig. 4.8A).

Estes litotipos representam o produto da intensa deformação e metamorfismo sobre os quartzo-norito, constituindo-se portanto em ortognaisses.

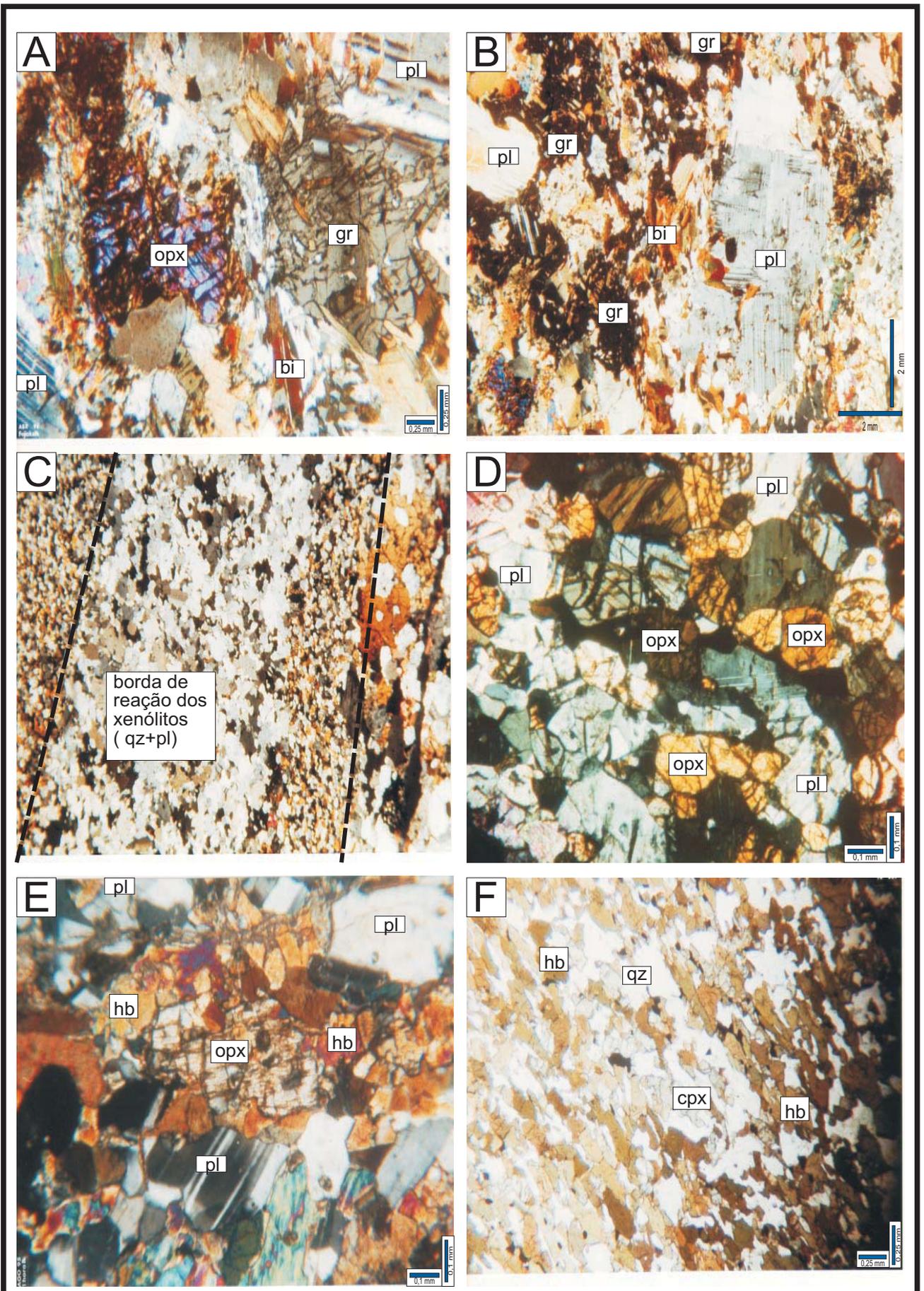


Figura 4.8 - Fotomicrografia dos litotipos das Intrusões Noríticas (Zona Norítica de Borda) e seus Xenólitos. **A)** Ortognáisses com matriz granoblástica (pl+qz+bi) + granada poiquiloblástica (pós-cinematática) e porfiroclastos de ortopiroxênios intensamente substituídos por anfibólios/biotita. **B)** Ortognáisses com matriz granoblástica (qz+pl+bi) + granada poiquiloblástica e porfiroclastos de plagioclásico deformado. **C)** Contato dos qz-noritos com xenólitos (hb-gabronorito) com a formação de uma borda de reação composta predominantemente por qz+pl. Zona Norítica de Borda. **D)** Xenólito de gabronorito. **E)** Xenólito de hornblenda-norito, com substituição dos ortopiroxênios por hornblenda (termo transicional). **F)** Xenólito de anfibolitos (pl+qz+dps+hb), com textura granonematoblástica orientada seg. foliação Sn. Termo extremo da def. metamorf. de xenólitos de noritos (ou gabronoritos).

### ***Biotita-metanorito (transicional)***

Este litotipo é encontrado (localmente) na porção intermediária entre a Zona Norítica Central e a Zona Norítica de Borda.

Macroscopicamente mostra cor cinza escura, com bandamentos definidos por níveis máficos (ricos em biotita) e níveis félsicos (quartzo-feldspáticos). Possui uma associação mineral formada por plagioclásio (55%), ortopiroxênio (25%), biotita (14%), quartzo (5%) e minerais traços (<1%) dados por zircão, hornblenda e apatita (?).

A textura é representada por uma matriz granolepidoblástica de quartzo, plagioclásio e biotita, além de porfiroclastos de plagioclásio e ortopiroxênio (fig. 4.7 C).

Os porfiroclastos frequentemente mostram extinção ondulante e estiramento, marcando a presença da foliação Sn. Os porfiroclastos de plagioclásio possuem maclas deformacionais e bordas cominuidas, com neoblastos associados.

A localização deste litotipo, aliada a uma composição mineralógica intermediária entre os termos das duas zonas, bem como a presença de xenólitos, sugere que este pode representar termo transicional entre a ZNC e ZNB, parcialmente afetado pela deformação. Quando são comparados com os noritos da Zona Norítica Central distinguem-se pela ausência da hornblenda marrom, uma diminuição na porcentagem modal de ortopiroxênio e um aumento significativo de biotita e quartzo, tendendo a se assemelhar ao quartzo-norito.

### **4.4.3 - XENÓLITOS**

Na Zona Norítica de Borda foi encontrado uma grande quantidade de xenólitos, representados por noritos (gabronoritos), hornblenda-noritos (hornblenda-gabronoritos), e diopsídio-anfibolitos.

#### ***Xenólito - Norito.***

Os xenólitos de norito apresentam cor cinza, grã fina, sendo formado por uma arranjo granoblástico de ortopiroxênio e plagioclásio (fig. 4.8 D). Nas bordas dos xenólitos frequentemente observam-se auréolas de metamorfismo de contato (milimétrica a centimétrica), composta de quartzo ± plagioclásio.

Estas auréolas podem se desenvolver em direção ao centro dos xenólitos produzindo uma diminuição, ou até mesmo o desaparecimento da mineralogia primária destes. O contato desta auréola, com a rocha encaixante é marcada por uma maior concentração de biotita

#### ***Xenólito - hornblenda norito (hornblenda-gabronorito)***

O xenólito de hornblenda-norito possui cor cinza escura, grã fina e de forma localizada com uma foliação incipiente. Às vezes apresenta uma borda quartzo-feldspática, como descrito nos xenólitos de norito.

A composição mineralógica é dada por plagioclásio (40-50%), hornblenda (24-48%), ortopiroxênio (5-15%), clinopiroxênio (0-5%), biotita (5-6%), opacos (1%) e quartzo (<1%).

A textura é granoblástica a granonematoblástica, formada por uma matriz de plagioclásio, piroxênios e quartzo poligonizados, além de biotita e hornblenda orientadas, marcando a foliação Sn. Destaca-se a intensa substituição metamórfica dos piroxênios por hornblenda e/ou biotita, modificando o protólito de composição norítica (fig. 4.8 E).

#### ***Xenólito - Diopsídio-anfibolito***

O xenólito de diopsídio-anfibolito possui cor preta, granulação fina, com uma associação mineral formada de hornblenda (55%), plagioclásio (20%), quartzo (10%), diopsídio (10%) e opacos (5%).

A textura é granonematoblástica com intensa orientação mineralógica, definindo a foliação Sn (fig. 4.8 F). O diopsídio mostra-se parcialmente substituído por hornblenda.

A presença deste tipo de xenólito se dá nas zonas de intensa deformação da Zona Norítica de Borda, podendo ocorrer também junto a xenólitos de norito e hornblenda-norito, sugerindo que pode ter sido formado como um produto do metamorfismo dinâmico sobre xenólitos noríticos.

### ***4.5 - SEQUÊNCIA VULCANO-SEDIMENTAR DE PALMEIRÓPOLIS***

#### ***Diopsídio- granada-anfibolito***

O aspecto macroscópico é indicado por bandamento centimétrico de níveis máficos ricos em anfibólio e plagioclásio e níveis félsicos com o predomínio de quartzo e granada e ainda titanita (1%), apatita (<1%) e diopsídio (2%), marcando a foliação principal Sn (fig. 4.9 C).

O diopsídio ocorre preferencialmente no contato dos níveis félsicos e máficos, mostrando-se às vezes com inclusões de quartzo e plagioclásio. A titanita ocorre próxima ao diopsídio, mostrando-se às vezes zonada.

A granada (xenoblástica a hipidioblástica) é poiquiloblástica (com inclusões de quartzo e plagioclásio), indicando o seu desenvolvimento em uma etapa tardi\pós-cinemática. A hornblenda apresenta uma cor verde com um fraco pleocroísmo.

### ***Biotita-granada-anfibolito***

Apresenta uma cor preta, granulação fina, com delgados níveis máficos e félsicos alternados. É formado por quartzo (45%), hornblenda (30%), biotita (12%), plagioclásio (10%), granada (2%), titanita (1%), epidoto e opacos (<1%).

Mostra uma textura granolepidoblástica formada por bandas ricas em quartzo e plagioclásio, separadas por bandas ricas em biotita e hornblenda orientadas, marcando a foliação Sn.

São encontrados porfiroclastos de plagioclásio, geralmente arredondados e rotacionados, além de poiquiloblastos de granada xenomórfica, com inclusões de quartzo e plagioclásio da matriz.

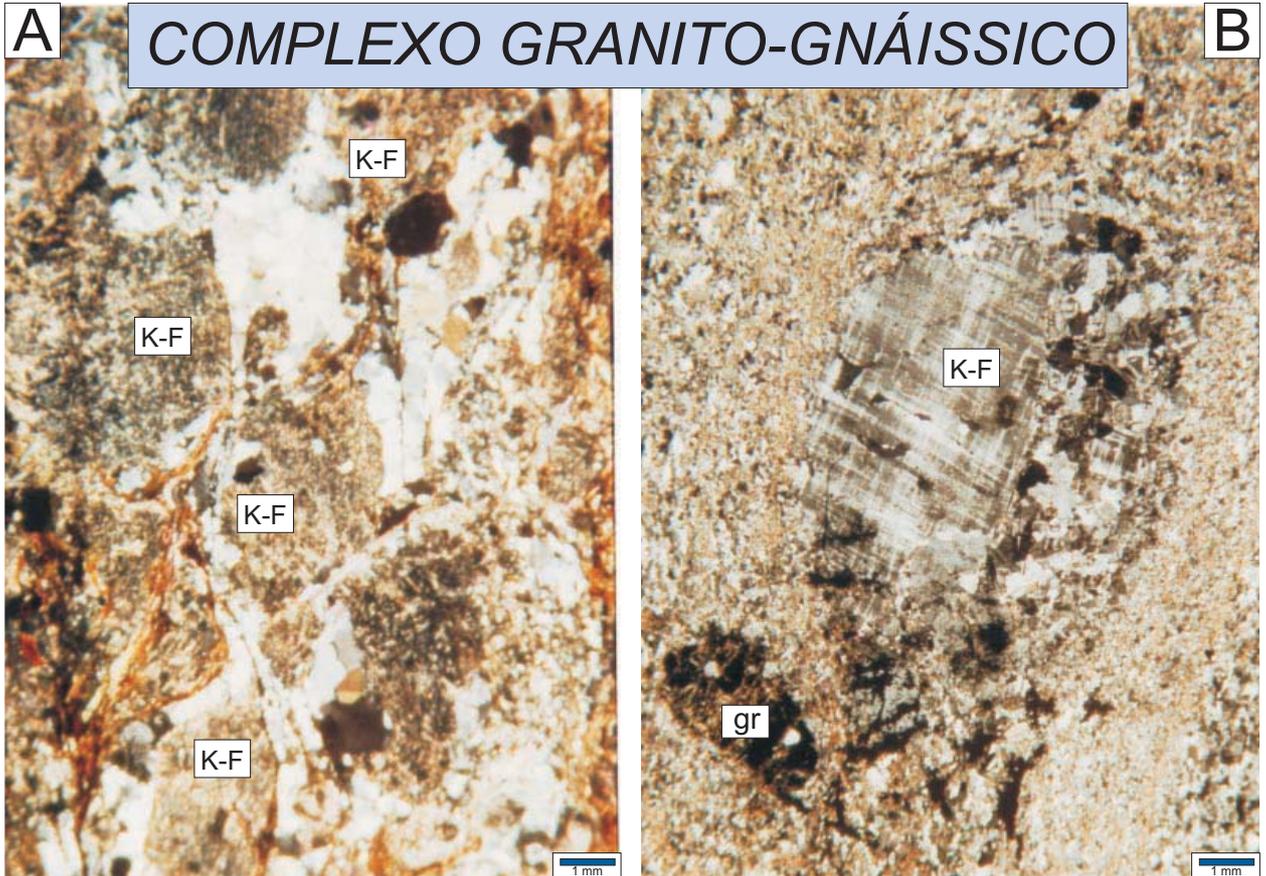
A hornblenda apresenta-se zonada com o núcleo de cor verde e fraco pleocroísmo. As bordas ocorrem com forte pleocroísmo, variando de verde a verde-azulado. Frequentemente ocorre substituída por biotita.

## ***4.6 - COMPLEXO GRANITO-GNÁISSICO***

Esta unidade situa-se a leste do Complexo de Cana Brava sendo constituída predominantemente por gnaiss milonítico de composição granítica a granodiorítica, com feições crescentes da intensidade de deformação à medida que se aproxima do contato com o complexo, sendo observado uma transição de biotita-augen-gnaiss milonítico, gnaiss bandado ultramilonítico e ultramilonito rico em quartzo.

### ***Biotita-augen-gnaiss milonítico***

Este litotipo apresenta cor castanha clara, com uma foliação bem desenvolvida, envolvendo porfiroclastos de feldspato, que podem atingir até 5 cm.



**SEQ. VULC. SED. PALMEIRÓPOLIS**

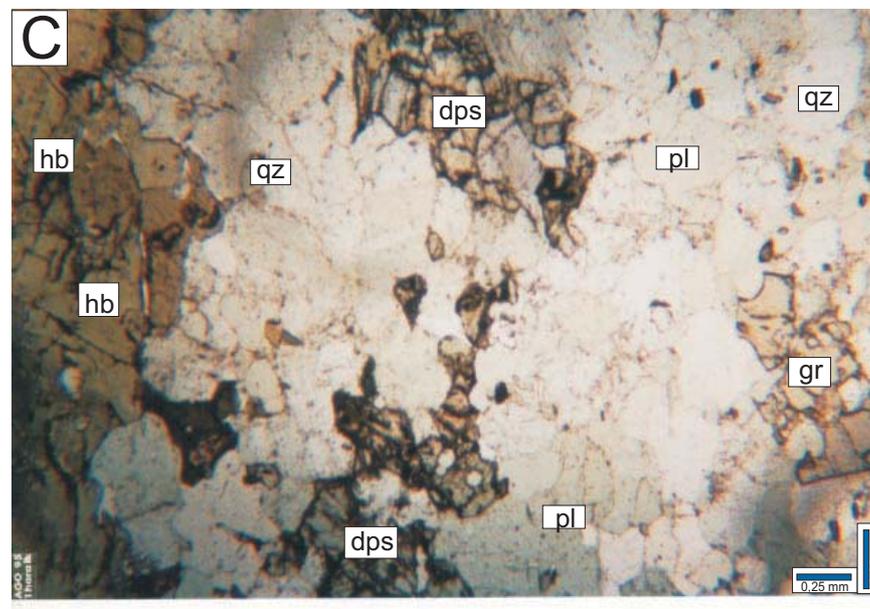


Figura 4.9 - Fotomicrografia dos litotipos do Complexo Granito-Gnáissico (CGG) e da Seq. Vulc. Sed. de Palmeirópolis (SVSP). **A**) Ortognáisses miloníticos com porfiroclastos de k-feldspatos e plagioclásio, intensamente saursoritizados, em uma matriz granoblástica (qz+kf+bi+gr) orientada seg. foliação Sn. (CGG). **B**) Ortognáisses ultramiloníticos (presentes no contato com o Complexo de Cana Brava) com predomínio de matriz granoblástica e raros porfiroclastos de microclínio. (CGG). **C**) Diopsídio-granada-anfibolito, bandado - (SVSP).

A composição mineralógica é dada por: quartzo (30-32%), plagioclásio (40% - intensamente substituídos por mica branca), K-feldspato (10%), biotita (10-30%), muscovita (5-7%), granada (1%), zoisita\clinozoisita (0-4%), epidoto (0-1%) e minerais traços (<1), representados por titanita, apatita, zircão, óxido (castanho ?).

A textura é granolepidoblástica, formada por uma alternância de níveis ricos em biotita e muscovita e níveis com um formato *flaser* de quartzo (0,05-1,50 mm) e feldspatos (<0,10 mm) recristalizados. Estes envolvem porfiroclastos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, estirados, rotacionados, com extinção ondulante, sombras de pressão, bordas suturadas e recristalização associada, as quais definem a foliação milonítica Sn (fig. 4.9A).

Os porfiroclastos de plagioclásio apresentam-se intensamente substituídos por mica branca e em menor escala por epidoto e zoisita. Os neoblastos (<0,1 mm) podem ocorrer junto aos porfiroclastos, mostrando-se límpidos, sem a ação dos processos de saussuritização.

A granada mostra-se hipidioblástica, geralmente sendo substituída por biotita e epidoto e com inclusões de quartzo. A matriz granolepidoblástica a contorna, formando sombras de pressão indicativas de uma origem sin-tectônica.

#### ***Gnaise bandado ultramilonítico.***

Macroscopicamente possui uma cor cinza a castanha, granulação fina e bandamento centimétrico, definindo a foliação Sn.

A composição modal é dada por quartzo (30%), mica branca (25%), microclínio (15%), plagioclásio (10%), carbonato (9%), biotita (5%), clorita (3%), granada (0-2%) e opacos (<3%).

Predomina uma matriz granolepidoblástica (90%) formada por descontínuos níveis félsicos de quartzo, microclínio, plagioclásio e carbonatos e níveis máficos ricos em mica branca, biotita e clorita. Os feldspatos mostram-se substituídos por sericita. A biotita e clorita ocorrem preferencialmente intercrescidas, podem às vezes estar associadas a muscovita.

Os porfiroclastos de microclínio apresentam-se deformados, com um intenso estiramento e progressiva diminuição das bordas, dando origem aos neoblastos da matriz (fig. 4.9 B). Os porfiroclastos de granada apresentam-se parcialmente substituídos por biotita e clorita, com estiramento e com sombra de pressão indicativos de um carácter sin-cinemático.

#### ***Ultramilonito rico em quartzo***

Este litotipo localiza-se no contato com o Complexo de Cana Brava, representando o termo extremo da deformação presente nos terrenos granito-gnáissicos.

Macroscopicamente mostra-se muito alterado, com uma cor cinza a castanho, granulação fina, podendo ser observada delgadas segregações de quartzo e pseudomorfos de granada.

São compostos por quartzo (50%), sericita\muscovita (30%), opacos (5%), opacos castanhos (5%), clorita (3%), biotita (2%), plagioclásio (2%), microclínio (2%), e epidoto (<1%). Destaca-se a grande proporção modal do quartzo.

A textura é predominantemente granolepidoblástica, marcada por um predomínio de níveis ricos em quartzo e feldspatos, intercalados com delgados níveis muscovíticos ricos em opacos, os quais definem uma foliação milonítica Sn.

Observam-se raros pseudomorfos de granada (5%), totalmente substituídos por clorita, biotita e opacos e com inclusões de quartzo, apresentando-se localmente estirados e com sombra de pressão associada, ressaltando seu caráter sin-cinematismo.

Nos níveis granoblásticos o quartzo e o feldspato mostram-se com extinção ondulante, contatos retilíneos e junções tríplexes, indicando uma reconstituição textural da matriz.

## ***4.7 - SUMÁRIO DAS OBSERVAÇÕES PETROGRÁFICAS***

Na área de estudo os litotipos das unidades geológicas mostram as feições petrográficas primárias parcial ou totalmente superimpostas por texturas deformacionais e paragêneses metamórficas. Entretanto as características primárias podem ser identificadas, sendo destacadas a seguir aquelas presentes no Complexo de Cana Brava e Intrusões Noríticas.

### **4.7.1 - COMPLEXO DE CANA BRAVA**

No Complexo de Cana Brava a preservação dos porfiroclastos de piroxênios e plagioclásio, além de localizadas texturas isotrópicas, auxiliaram na identificação dos possíveis protolitos.

Na Zona Máfica Inferior, predominam texturas miloníticas a ultramiloníticas. Porém a presença localizada de olivina-melagabronorito coronítico, à cerca de 200 metros da base desta unidade, parece indicar que nesta região poderia ter predominado similares cumulos à olivina. Nos metagabronoritos preservam-se preferencialmente porfiroclastos de plagioclásio e ortopiroxênio. Destaca-se o significativo aumento de apatita no topo desta unidade. Os membros piroxeníticos, mostram termos variando de ortopiroxenito (ZMI-P1) a melagabronorito (ZMI-P2).

Na área de estudo os peridotitos da Zona Ultramáfica apresentam-se intensamente intemperizados, o que não permitiu o exato reconhecimento de seu protolito. Entretanto no extremo sul do complexo (Cava B- Mina de Amianto - SAMA), foi identificada a presença de dunito, que somada às descrições de Pamplona & Nagao (1981), Girardi & Kurat (1982) e Correia (1994), indicam que os serpentinitos podem também ter sido derivados de harzburgito e/ou intercalações de dunito-piroxenito. Nestes peridotitos o cromo-espinélio ocorre disseminado, não sendo identificado níveis de cromititos.

O piroxenito que ocorre sobre os metaperidotitos, caracteriza-se com websterito, às vezes feldspático ou pegmatóide e ainda preservando textura cúmulus. Neste litotipo pode ocorrer até 1% de sulfetos (pirrotita, pentlandita, calcopirita), distribuídos nos espaços intersticiais.

Na Zona Máfica Superior a intensidade da defomação diminuiu em direção ao topo, melhor preservando associações minerais e texturas primárias nesta região. Nos membros máficos predomina metagabronorito e subordinadamente de metanorito. O plagioclásio e ortopiroxênio constituem as principais fases cúmulus preservadas da deformação. Localmente o clinopiroxênio constitui uma fase pós-cúmulus.

Os minerais traços primários são representados principalmente por apatita e rutilo, que se distribuem geralmente homoganeamente nos termos máficos. O quartzo ocorre somente na última unidade máfica, apresentando-se intersticial. A ilmenita representa a principal fase óxido, porém frequentemente recristalizada.

Nos membros piroxeníticos predomina websterito feldspático, com textura mesocumulática. Localmente ocorre como websterito (com textura adcumulática) ou olivina-websterito, com clinopiroxênio pós-cúmulus e cromo-espinélio disseminado (com textura orto-mesocumulática).

Destaca-se a presença de rutilo, em alguns membros piroxeníticos, formando uma associação pouco comum aos termos ultramáficos.

Nos membros piroxeníticos, localizados próximos ao topo do complexo, é encontrada uma associação de minerais hidratados (biotita e hornblenda), que provavelmente constituem as fases tardias do magmatismo no complexo.

Nos capítulos de química mineral, litogeoquímica e os que abordam a evolução magmática do complexo, os litotipos foram designados segundo os seus prováveis protolitos, a fim de simplificar as descrições das feições ígneas no Complexo de Cana Brava.

#### 4.7.2 - INTRUSÕES NORÍTICAS

Nas Intrusões Noríticas a Zona Norítica Central ocorre com o predomínio de norito, enquanto na Zona Norítica de Borda o protolito é representado por quartzo-norito. Na Zona Norítica Central os litotipos preservam texturas e associações minerais ígneas, formando um agregado de ortopiroxênio e plagioclásio, com fases tardias (hidratadas) representadas por biotita e hornblenda. Na Zona Norítica de Borda, predomina biotita-granada-gnaïsse, onde localmente foi possível identificar textura e associação mineral primária, representada por cristais pós-cúmulus de ortopiroxênio, envolvendo plagioclásio e quartzo, formando quartzo-norito. Entre estas duas unidades ocorre um termo transicional, com textura gnáïssica, porém com grande quantidade de porfiroclastos de ortopiroxênio.

Os xenólitos presentes na Zona Norítica de Borda, são representados por norito, hornblenda-norito e anfibolito. Os termos hornblenda-norito e anfibolito, representam uma variação metamórfica de protolitos noríticos, provavelmente pertencentes ao Complexo de Cana Brava.