

ESTUDOS PETROGRÁFICO, ESTRUTURAL E QUÍMICO DOS QUARTZITOS DO CENTRO PRODUTOR DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS (MG)

PETROGRAPHIC, STRUCTURAL AND CHEMICAL STUDIES ON QUARTZITES OF PRODUCTIVE CENTER OF SÃO THOMÉ DAS LETRAS (MG)

Tânia Maria Gomes FERNANDES¹; Antonio Misson GODOY²; Nedson Humberto FERNANDES³

Resumo: O centro produtor de São Thomé das Letras representa o principal explorador de quartzitos utilizados como rocha ornamental no Estado de Minas Gerais (MG). São estudadas duas áreas denominadas de área I (São Thomé das Letras), com as variedades Branca, Amarelo e Róseo, e área II (Luminárias), com as variedades de coloração verde Luminárias, Carrancas e Carranquinha. O objetivo é a caracterização geológica, estrutural e do quimismo destas rochas, adicionando aos elementos práticos de produção o conhecimento científico obtido e assim valorizar ainda mais estes tipos de rocha, possibilitando otimização da produção e conseqüente desenvolvimento desta cadeia produtiva de transformação, além de determinar suas propriedades e prever o seu uso correto em obras civis como revestimentos exteriores e interiores. As relações de quartzo, muscovita e minerais opacos, além da caracterização química de elementos maiores e a composição química de muscovita e magnetita, evidenciam diferenças significativas entre as variedades de quartzito e confirmam que as alterações nas cores são reflexos das alterações dos minerais opacos e das relações de ferro e titânio nas muscovitas. O controle das estruturas planares regionais e locais afeta sistematicamente a exploração em relação ao tipo de produto e suas dimensões. A lavra controlada de acordo com as estruturas das rochas permitiria a redução de significativa quantidade de rejeito e conseqüente diminuição do impacto ambiental que este ocasiona.

Palavras-Chave: Quartzito; Rocha Ornamental; Petrografia; Estrutural; Quimismo.

Abstract: The productive center of quartzites of São Thomé das Letras represents the major producer of quartzites used as dimension stones in Minas Gerais state. Two areas were studied, the first one is called area I (São Thomé das Letras) with the varieties of the White, Yellow and Pink types, and the second one is called area II (Luminárias) with the varieties of Luminárias, Carrancas and Carranquinha types. The purpose of this study is to characterize the geology, structure and chemistry of these rocks aiming to add practical elements of production, scientific knowledge, also adding value to these rocks making possible to get a better production and a better development of this transformation productive chain. With this study also can obtain the properties of the rocks and get the correct use in the constructions for cladding facades or external applications. The proportions in quartz, muscovite, and opaque minerals, the chemical characterization of major elements and the chemical composition of the muscovite and magnetite show strong differences between the quartzite varieties and confirm that rock color variations are associated with the alteration of opaque minerals and the presence of iron and titanium in the muscovites. The study of the regional and local planar structures affects significantly the exploration in relation to the type of product and their dimensions. The structural control of the mining will allow the reduction of significant quantities of mine tailings, decreasing environmental impacts.

Keywords: Quartzite; Dimension Stone; Petrography; Structural; Chemical.

INTRODUÇÃO

O Centro Produtor de Quartzitos São Thomé das Letras localiza-se na porção sudoeste do Estado de Minas Gerais, abrangendo principalmente os municípios de São Thomé das Letras e Luminárias. Do ponto de vista geológico, esses quartzitos situam-se na denominada Faixa Alto Rio Grande (Almeida & Hasui, 1984), a

qual é representada por um pacote de rochas supracrustais que compreende o Grupo Andrelândia.

O potencial econômico dos quartzitos das jazidas para utilização como rochas ornamentais da região de São Thomé das Letras foi descoberto no início dos anos 50 do século XX e a sua exploração se intensificou na década de 70. A "Pedra São Thomé" corresponde a quartzitos encontrados nas cores branca, amarela, rósea e verde, sendo cadastrados nos estudos 25 pedrei-

1- Departamento de Geologia/CC/UFC - Câmpus do Pici - Fortaleza (CE) - Fone: (0XX) 85 - 288 - 9867 - E-Mail: taniamgf@bol.com.br.

2- Departamento de Petrologia e Metalogenia/IGCE/UNESP - Av. 24 - A, 1515, Bela Vista - Rio Claro (SP) - Fone (0XX)19 - 3526 - 2809 - E-Mail: mgodoy@rc.unesp.br.

3- Departamento de Geografia/CCT/UECE - Av. Dedé Brasil s/n, Itaperi, Fortaleza (CE) - Fone: (0XX)85 - 299 - 2678 - E-Mail: nedsonhf@bol.com.br.

ras, sendo 15 no município de São Thomé das Letras e 10 no de Luminárias.

No Centro Produtor de São Thomé das Letras foram realizados trabalhos com seis variedades de quartzitos em duas áreas, denominadas respectivamente de área I (São Thomé das Letras) caracterizada pelos tipos de coloração clara (Branco, Amarelo e Róseo) e área II (Luminárias) constituída pelos tipos de tonalidades verde-escuras com manchas avermelhadas (Luminárias, Carrancas e Carranquinhas) (Figura 1).

Neste trabalho, os quartzitos são estudados quanto aos aspectos geológicos, mineralógicos, petrográficos e estruturais, além dos aspectos da química mineral e de rocha. As descrições técnicas encontram-se voltadas principalmente quanto à caracterização destes aspectos, de forma que estas informações permitam e contribuam para melhorar a utilização técnica, produção e exploração destes quartzitos como rochas ornamentais (Fernandes, 2002).

GEOLOGIA REGIONAL

Inicialmente (Ebert, 1956) denominou o conjunto

litológico que contém estes quartzitos de Série Andrelândia, posteriormente, Grupo Andrelândia (Ebert, 1967), constituído, do topo para a base por micaxistos claros com muscovita, granada, cianita, estauroлита e rutilo; micaxistos escuros, ricos em biotita, plagioclásio e geralmente com granada; quartzitos puros ou com muscovita, cianita e granada e metarcóseos listrados com camadas de biotita.

Mais tarde, vários trabalhos de cunho regional foram desenvolvidos no Grupo Andrelândia, dentre os quais destacam-se os de Fonseca *et al.* (1979), Machado Filho *et al.* (1983), Trouw *et al.* (1983, 1984 e 1986), Andreis *et al.* (1987), Ribeiro *et al.* (1990), Almeida (1992) e Paciuolo (1997).

Trouw *et al.* (1983 e 1984) definiram para a área um novo grupo, o qual denominaram de Grupo Carrancas, que contém duas formações: a Formação São Thomé das Letras e a Formação Campestre, que apresentavam características intermediárias entre os metassedimentos do Grupo São João Del Rei e os do Grupo Andrelândia. Trouw *et al.* (1986) abandonaram a denominação Grupo Carrancas e retornaram a denominação inicial de Grupo Andrelândia (Figura 2).

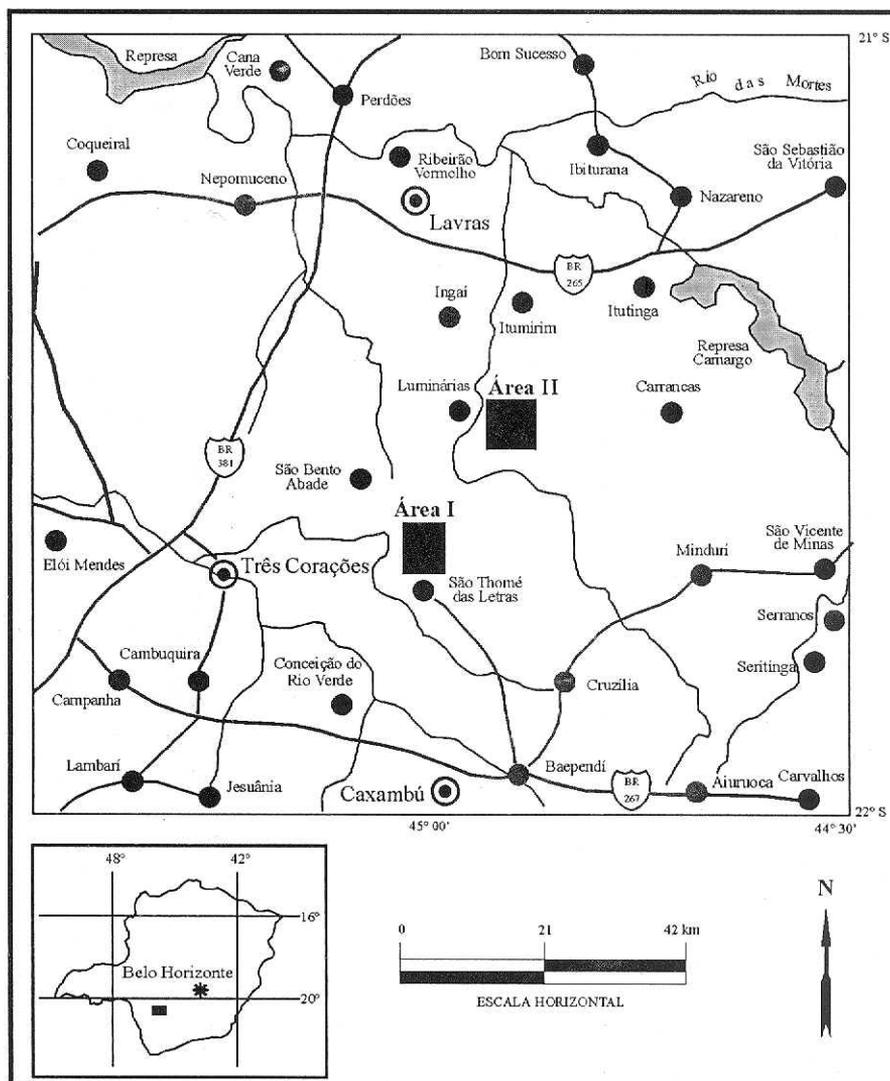


FIGURA 1: Mapa de localização das áreas estudadas no Centro Produtor de São Thomé das Letras (MG), área I (São Thomé das Letras) e área II (Luminárias).

FIGURE 1: Location map of studied areas in the Producing Center of São Thomé das Letras (MG), area I (São Thomé das Letras) and area II (Luminárias).

Trouw *et al.* (1987) propuseram para a área de São Tomé das Letras uma coluna tectono-estratigráfica mais detalhada descrevendo nove ciclos deposicionais. A evolução dos trabalhos quanto aos aspectos das seqüências deposicionais foi realizada em detalhe por Paciullo *et al.* (1993), Ribeiro *et al.* (1995) e

Paciullo (1997), que apresenta para os metassedimentos da Bacia Andrelândia a coluna litoestratigráfica subdividida em seis unidades e que podem atingir espessuras da ordem de 1.500m (Figura 3).

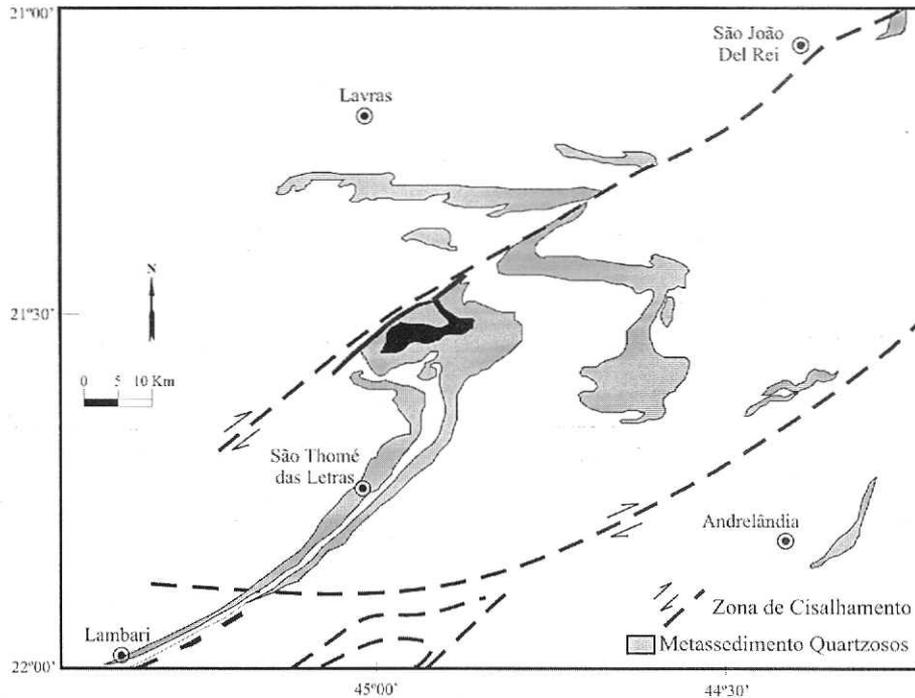


FIGURA 2: Camadas de metassedimentos quartzosos do Grupo Andrelândia (modificado de Trouw *et al.*, 1986).
FIGURE 2: Layers of quartzose metasediments of the Andrelândia Group (modified from Trouw *et al.*, 1986).

	Associações de Litofácies/Unidades	Palcoambiente Interpretado	Estágios Evolutivos da Bacia	
	(6) Biotita xistos/gnaisses, com intercalações de rochas cálcio-silicáticas e anfíbolitos	Marinho Profundo (<i>Offshore</i>), Deltas Submarinos e Planícies de Bacias	Fase de Margem Continental Intraplaca	
	(5) Biotita xistos, escassos diamictitos e conglomerados			
	(4) Metapelitos esverdeados (filitos/xistos) com quartzitos subordinados	Marinho Raso (<i>Shoreface</i>) A Marinho Profundo (<i>Offshore</i>)		
	(3) Quartzitos com mica verde, xistos e conglomerados subordinados	Marinho Raso (<i>Shoreface</i>)		
B A Nível do Mar A - Alto B - Baixo	(2) Paragneisses com intercalações de quartzitos, xistos e anfíbolitos	Misto Planície Costeira Magmatismo Toleítico (enriquecido - Tipo MORB)		Fase Proto-Oceânica
	(1) Paragneisses com intercalações de anfíbolitos	Continental Planície Costeira (Sistema de Rios Entrelaçados com Areias Feldspáticas) Magmatismo Toleítico (Basaltos Continentais)		Fase Rift ?
	Embasamento Cristalino			

FIGURA 3: Seqüências deposicionais e associações de litofácies da Bacia Andrelândia (Paciullo, 1997, modificado).
FIGURE 3: Depositione sequences and lithofácies associations of Andrelândia Basin (Paciullo, 1997, modified).

Quanto aos aspectos deformacionais, Ebert (1956, 1967 e 1971), caracteriza uma tectônica de imbricamento com falhas de empurrão e *nappes*, estabelecendo correlações regionais com outros metassedimentos alóctones. Concluiu que o metamorfismo aumentava de norte (região de São João Del Rei) para o sul (região de Andrelândia), evidenciando vergência estrutural para norte em direção a área cratônica.

Fonseca (1979) define para a região uma tectônica em regime plástico e atesta um zoneamento metamórfico que evolui desde a fácies xisto verde até a fácies anfibolito.

Machado Filho *et al.* (1983) definem no Grupo Andrelândia empurrões e presença de dobras abertas tardias e caracterizam um zoneamento progressivo para sul do tipo Barroviano, atingindo a migmatização nas porções meridionais.

Trouw *et al.* (1981, 1983 e 1986) definiram três fases dúcteis de deformação: as fases D_1 e D_2 progressivas e com empurrões, definidas por dobras apertadas a isoclinais $sin-M_1$ e D_3 com dobras abertas. O metamorfismo M_1 em regime Barroviano evoluiu da fácies xisto verde até a fácies anfibolito com auge metamórfico $sin-D_2$, enquanto M_3 retrometamórfica seria sin a tardi D_3 na fácies xisto verde.

Ribeiro *et al.* (1990) e Andreis *et al.* (1989) também propuseram três fases deformacionais, sendo, $D_1 + D_2$ resultantes de movimentação de três blocos crustais, enquanto D_3 é resultante de compressão E-W com a geração de zonas de cisalhamento com movimento horário. Para o metamorfismo assumem o evento termo-tectônico Uruaçuano, $sin D_1 + D_2$ e o evento termo-tectônico Brasileiro, $sin D_3$.

ASPECTOS DA GEOLOGIA LOCAL

Os Quartzitos da região de São Thomé das Letras

No município de São Thomé das Letras (MG) afloram rochas quartzíticas que constituem as cristas das principais serras da região com direção predominantemente NE-SW. Seus mergulhos suaves a subhorizontais exibem feições geomorfológicas de mesas e cuestras, com escarpas íngremes no lado oposto ao mergulho das camadas. Nas encostas suaves da Serra da Boa Vista se instalam as frentes de lavras para exploração dos quartzitos como pedra ornamental. Esses quartzitos são de coloração predominantemente esbranquiçada, amarelada e rosada. São designados comercialmente de Pedra São Thomé Branco, Amarelo e Róseo e ocorrem inter-relacionadas verticalmente e lateralmente por contato brusco, inviabilizando uma padronização de um único tipo.

Os quartzitos brancos predominam sobre as demais variedades e na frente de lavra ocorrem intercalados aos quartzitos amarelos, sendo o limite de um nível para outro marcada por contato brusco. Possui uma estrutura foliada/laminada bem proeminente, paralela a subparalela ao bandamento composicional e localmente observaram-se, intercalados, níveis com espessuras centimétricas a métrica de quartzito maciço, os quais não são aproveitados na produção

de placas, em razão da falta dos planos de partição.

Os quartzitos amarelos ocorrem na frente de lavra constituindo os níveis mais superiores, portanto mais susceptíveis aos processos de alteração devido à percolação de águas meteóricas. Possuem coloração amarelada a levemente avermelhada, marcada pela presença da alteração/oxidação dos minerais opacos. Exibem estrutura foliada/laminada proeminente e as placas de rochas apresentam localmente pequenos desníveis dos leitos, caracterizando uma estratificação cruzada com mergulhos suaves.

Os quartzitos róseos são observados nas extremidades das frentes de lavra em quantidades inferiores em relação aos níveis esbranquiçados e amarelados. Normalmente encontram-se intercalados aos níveis amarelados, sendo esta alternância marcada pela mudança brusca da coloração. Os níveis apresentam-se irregulares e descontínuos, inviabilizando uma padronização quanto às dimensões dos mesmos. A rocha apresenta coloração róseo-clara e exhibe estrutura foliada/laminada e a espessura do bandamento é da ordem milimétrica a centimétrica, caracterizada pela alternância de níveis quartzosos e delgados níveis micáceos.

Quanto aos aspectos estruturais no geral, as rochas são marcadas por uma foliação metamórfica com baixo mergulho, paralelo a sub-paralelo ao bandamento composicional, que possivelmente corresponde ao acamamento sedimentar S_0 e que se encontra definida pela alternância de níveis quartzosos e níveis micáceos, com espessuras variando de centímetros a milímetros, respectivamente. Essa foliação encontra-se eventualmente dobrada isoclinalmente com repetição de camadas e cortada por várias gerações de fraturas com direções distintas e apresentando espaçamentos heterogêneos.

Os quartzitos apresentam planos de foliação bem desenvolvidos de direção NE-SW ($N30^\circ E$ a $N40^\circ E$) e mergulhos baixos (entre 10° e 20°) para NW (290 a 310°), com valor médio de $N34^\circ/17^\circ NW$. Esses planos são condicionados por minerais micáceos, resultando na ocorrência de planos preferenciais de partição, aproveitados para a abertura das placas diretamente do corpo rochoso (Figura 4A).

A lineação de estiramento definida pelo quartzo encontra-se bem marcada no plano da foliação metamórfica, com caimento em torno de 20° , geralmente para NW ($N56^\circ W$), caracterizando um transporte tectônico de baixo ângulo de NW para SE, colocando os quartzitos em contato com os gnaisses finos na região de São Thomé das Letras por meio de uma falha de empurrão.

Os planos de fraturas identificadas no corpo rochoso formam quatro famílias principais de acordo com a sua direção. A primeira e a segunda família possuem direção preferencial similares variando entre $N10^\circ E$ a $N10^\circ W$, respectivamente. A terceira família de fraturamento é aproximadamente ortogonal à primeira e a segunda, com direções compreendidas entre $N70^\circ E$ a $N80^\circ E$. A quarta família de fraturas está compreendida entre a primeira e terceira famílias, com direções entre $N40^\circ W$ e $N50^\circ W$ (Figuras 4B, C, D, E).

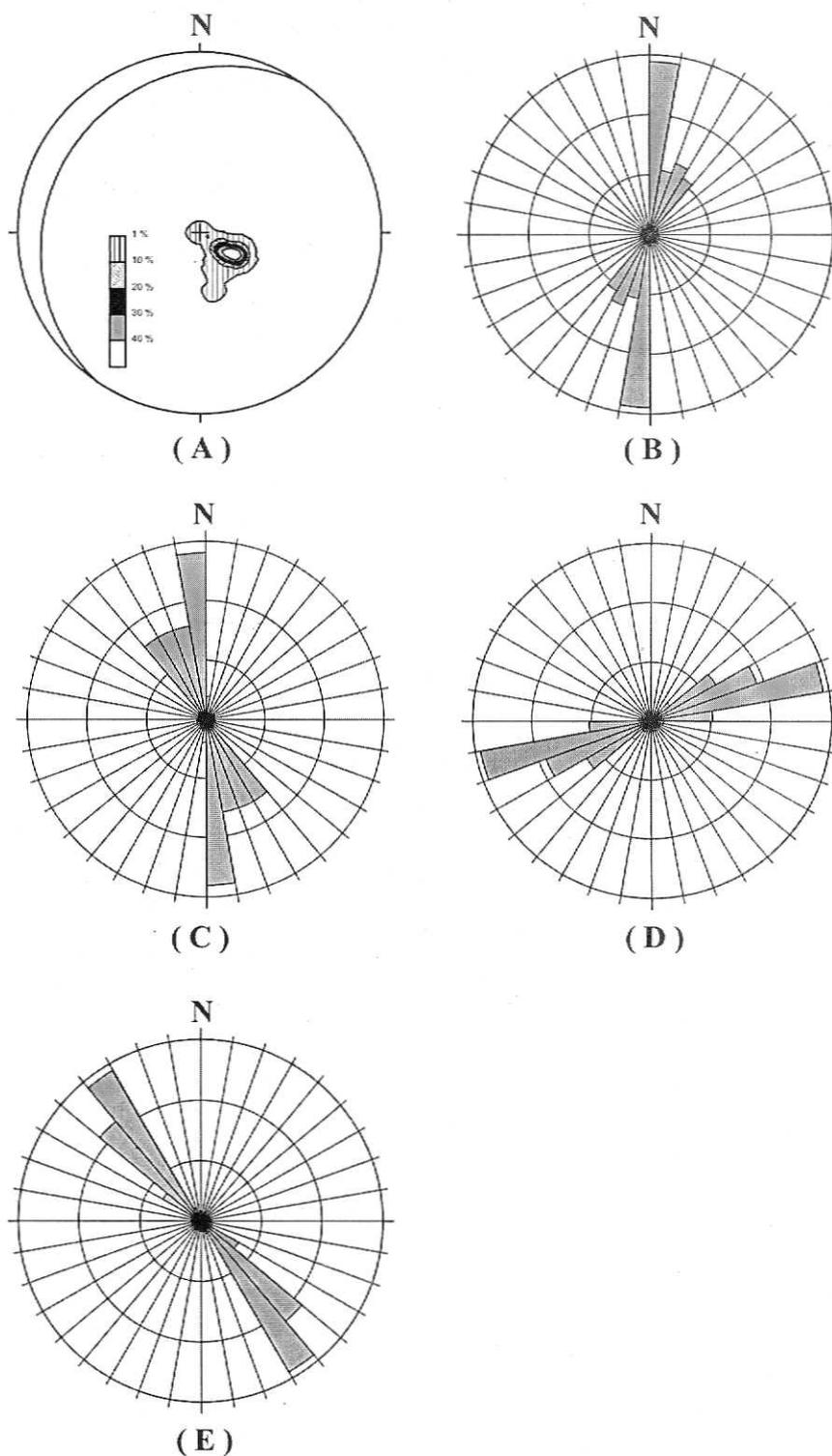


FIGURA 4: Diagramas de foliação e fraturas nos quartzitos da Região de São Thomé: (A) foliação - hemisfério inferior; (B) família de fraturas 1; (C) família de fraturas 2; (D) família de fraturas 3 e (E) família de fraturas 4.

FIGURE 4: Foliation and fractures diagrams in quartzites from the São Thomé Region: (A) foliation - lower hemisphere; (B) family of fractures 1; (C) family of fractures 2; (D) family of fractures 3 and (E) family of fractures 4.

Os Quartzitos da região de Luminárias

Os quartzitos da região de Luminárias também afloram em porções de relevo elevado, constituindo as cristas ao longo da Serra Grande. Geomorfologicamente também exibem feições de mesas e cuestras com escarpas (*front*) íngremes no lado oposto ao mergulho das camadas.

Os quartzitos da região de Luminárias são de coloração predominantemente esverdeada, apresentam três variedades definidas pela granulação: média (variedade Carrancas), fina (variedade Luminárias) e muito fina (variedade Carranquinha). A variação na granulação está condicionada às zonas de maior ou menor deformação e da sedimentação de diferentes níveis granulométricos. Exibem coloração em tons de verde forte com manchas avermelhadas no plano da foliação e texturas que variam de granolepidoblástica a lepidogranoblástica com granulação de muito fina a média, caracterizadas pela presença marcante de grande quantidade de muscovita e por cristais de granada. Os contatos são bruscos ocorrendo verticalmente dentro de todo o pacote rochoso. A variedade Luminárias é predominante nas pedreiras da região, destacando-se no volume em relação às demais variedades.

Os quartzitos Carrancas ocorrem como camadas muito finas dentro do pacote quartzítico da região de Luminárias. Possuem estrutura foliada/laminada de espessura milimétrica, apresentando coloração esverdeada a cinza-esverdeada, caracterizadas pela grande quantidade de muscovita, além de pequenas manchas avermelhadas no plano da foliação, que são definidas pelos pequenos grãos de granada.

Os quartzitos Carranquinhas afloram nas porções mais superficiais das frentes de lavra na região de Luminárias, relacionados às zonas de maior deformação, constituindo camadas com espessura inferiores a 3 metros. A rocha apresenta uma coloração cinza a cinza-esverdeada clara e estrutura foliada/laminada.

Quanto aos aspectos estruturais no geral os corpos rochosos apresentam estrutura foliada bem desenvolvida paralela a subparalela ao bandamento composicional, evidenciada pela alternância de níveis muscovíticos, quartzosos e níveis enriquecidos em óxidos, com espessuras milimétricas a centimétricas.

Os quartzitos apresentam planos de foliação com direção geral N05°W e mergulhos muito suaves (entre 03 e 05° SW). Esses planos também são condicionados por minerais micáceos, semelhantes aos encontrados em São Thomé das Letras, resultando na ocorrência de planos que são aproveitados para a abertura de placas (Figura 5A).

Para a região foram identificadas cinco famílias principais de fraturas de acordo com sua direção. A primeira família possui direção preferencial variando entre N80°E a N80°W, enquanto a segunda família possui direção preferencial variando entre N30°E a N40°E, porém com mergulhos contrários. A terceira família de fraturamento é aproximadamente ortogonal a segunda, com direção variando entre N60°W a N80°W. A quarta família possui direção preferencial N70°E a N90°E, enquanto que a quinta apresenta direção variando entre N30°W a N50°W (Figura 5B, C, D, E).

Controle Estrutural na Dimensão das Placas

As dimensões das placas explotadas no Centro Produtor de São Thomé das Letras e Luminárias estão diretamente relacionadas às estruturas mapeadas no corpo rochoso, principalmente aos planos de foliação metamórfica e de fraturamento.

A foliação metamórfica, condicionada por minerais micáceos, determina a ocorrência de planos preferenciais de partição, aproveitados largamente para a abertura de placas direto do maciço rochoso, sendo portanto um condicionante importante nas espessuras das placas, que geralmente apresentam variação de 1 a 3 cm. A foliação está relacionada diretamente com a composição desses quartzitos, pois o que provoca a partição das placas são os níveis enriquecidos em muscovita.

Nos locais do corpo rochoso, onde afloram níveis de composição predominantemente quartzoso sem a presença marcante dos níveis micáceos, não se desenvolvem esses planos de partição, e conseqüentemente grande parte do material não pode ser aproveitado na produção de placas e, às vezes, o pouco que se aproveita, gera placas com espessuras superiores às dos produtos convencionais comercializados.

O arranjo geométrico das fraturas e a incidência de fraturamento geralmente com espaçamento heterogêneo inferiores a um metro, aliado às técnicas impactantes na fase inicial de desmonte (uso de explosivos), são os principais fatores condicionantes da limitação da dimensão das placas na lavra final manual do deslocamento. O arranjo estrutural dos fraturamentos aliado ao uso dos explosivos utilizados na lavra dos quartzitos, ativa os planos de fraqueza preexistentes na rocha, levando a uma fragmentação intensa.

Nos locais de intensos fraturamentos, o uso de explosivos no desmonte inicial impõe à lavra final manual, uma taxa de recuperação muito baixa em torno de 10 a 15 %, gerando uma grande quantidade de rejeito.

ASPECTOS PETROGRÁFICOS

Petrografia dos Quartzitos da região de São Thomé das Letras

O Muscovita Quartzito São Thomé Branco é composto essencialmente por quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%), além de traços de plagioclásio, turmalina, zircão, titano-magnetita e rutilo. Exibe textura granoblástica, granulação fina com tamanho do quartzo variando entre 0,1 e 0,5 mm e extinção ondulante, mas se observam, de forma bastante discreta e localmente, leitões mais enriquecidos em muscovita. Texturas de exsolução entre as fases opacas são observadas, principalmente entre a magnetita e a titano-magnetita, e a titano-magnetita e o rutilo. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de muscovita, *ribbons*, extinção ondulante e contatos poligonizados dos grãos de quartzos.

A muscovita encontra-se sob a forma de lamelas com tamanhos entre 0,1 e 0,3 mm, iso-orientadas e descontínuas entre si. A turmalina, o zircão e os minerais opacos, como magnetita e rutilo, ocorrem sob a forma de delgados cristais alongados e orientados.

O Muscovita Quartzito São Thomé Amarelo é constituído essencialmente por quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%) e traços de biotita, turmalina, zircão, magnetita e rutilo. A textura é granoblástica fina com tamanho dos grãos variando entre 0,1 e 0,6 mm.

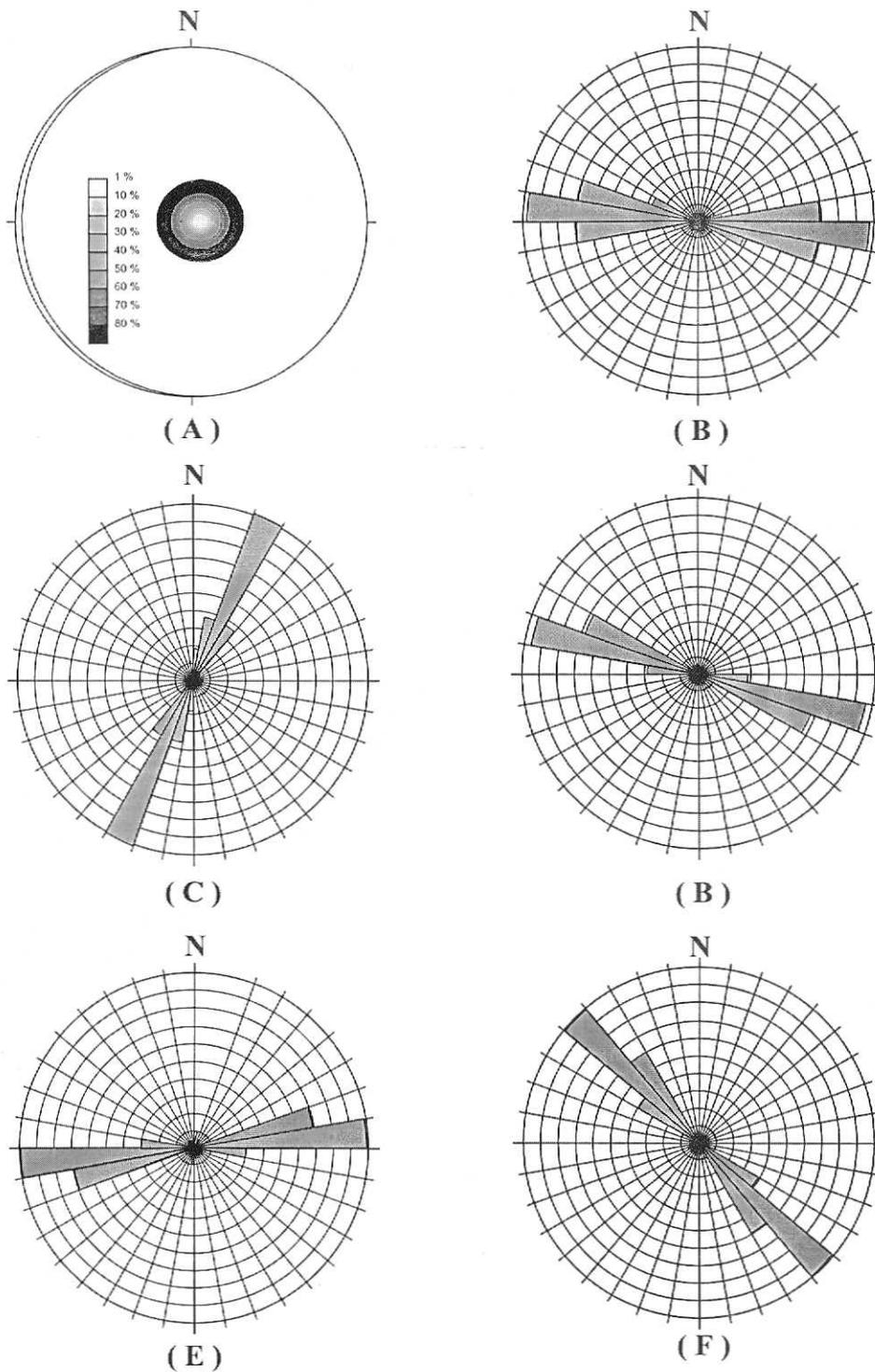


FIGURA 5: Diagramas de foliação e fraturas nos quartzitos da Região de Luminárias: (A) foliação; (B) família de fraturas 1; (C) família de fraturas 2; (D) família de fraturas 3; (E) família de fraturas 4 e (F) família de fraturas 5.

FIGURE 5: Foliation and fractures diagrams in quartzites from the Luminárias Region: (A) foliation; (B) family of fractures 1; (C) family of fractures 2; (D) family of fractures 3; (E) family of fractures 4 and (F) family of fractures 5.

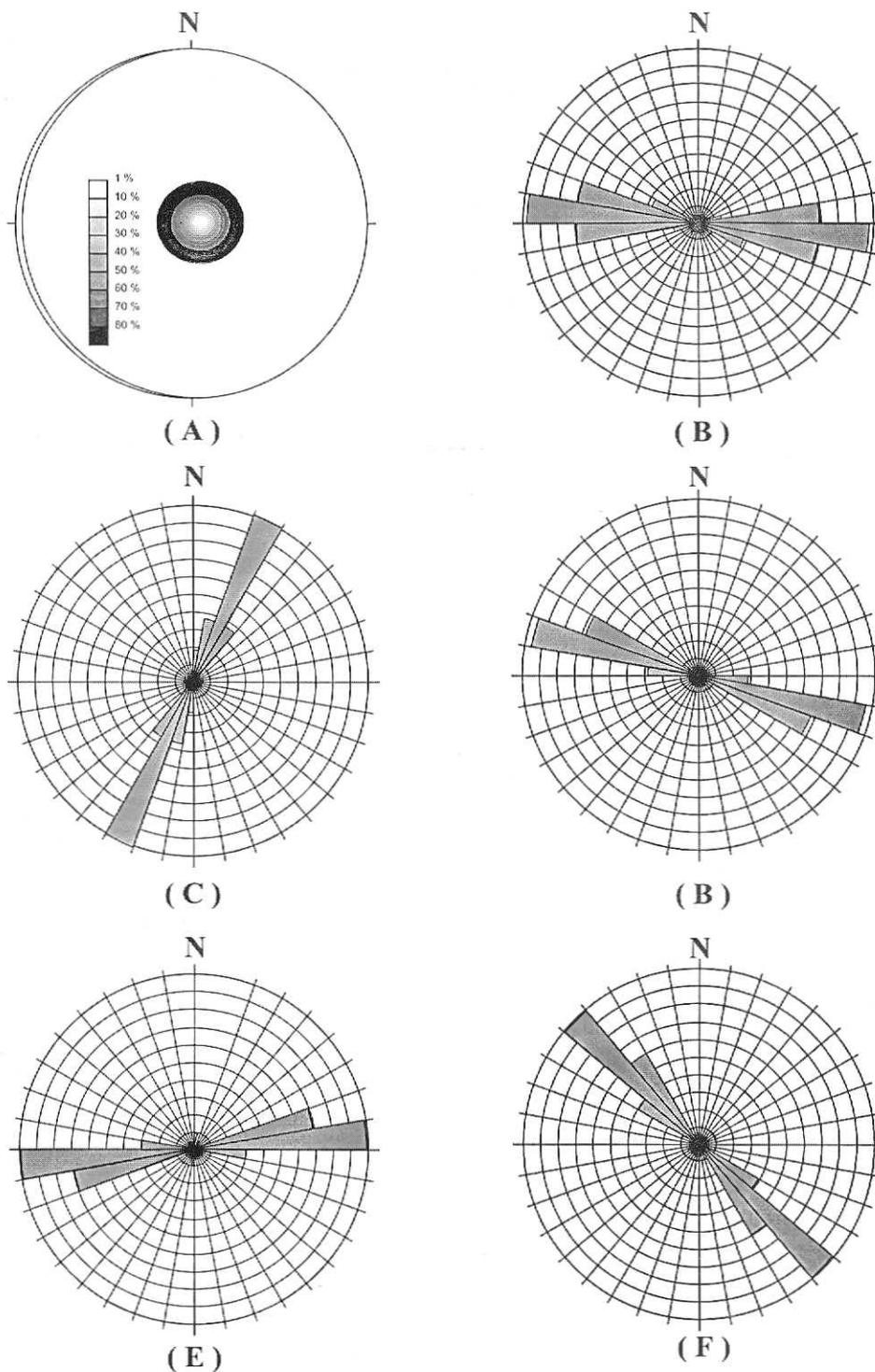


FIGURA 5: Diagramas de foliação e fraturas nos quartzitos da Região de Luminárias: (A) foliação; (B) família de fraturas 1; (C) família de fraturas 2; (D) família de fraturas 3; (E) família de fraturas 4 e (F) família de fraturas 5.

FIGURE 5: Foliation and fractures diagrams in quartzites from the Luminárias Region: (A) foliation; (B) family of fractures 1; (C) family of fractures 2; (D) family of fractures 3; (E) family of fractures 4 and (F) family of fractures 5.

Observa-se a presença de alteração intempélica devido à percolação de fluidos principalmente de água meteórica nos planos de foliação da rocha. Essa percolação resulta na oxidação do Fe^{2+} , presente nos minerais opacos (magnetita+rutilo) imprimindo uma coloração amarelada a avermelhada no plano de foliação da rocha. Outros tipos de transformações mineralógicas evidentes são a substituição parcial das palhetas de biotita por muscovita e textura de exsolução entre a magnetita e o rutilo. A deformação é marcada pela presença da orientação proeminente das palhetas de muscovita, extinção ondulante e contornos poligonizados dos grãos de quartzo e alongamento dos grãos dos minerais opacos.

O quartzo apresenta tamanho entre 0,1 e 0,6 mm, sendo que partes dos grãos encontram-se fraturados e alongados com extinção ondulante. A muscovita apresenta-se sob a forma de palhetas que podem variar entre 0,1 a 0,4 mm de comprimento. Os minerais acessórios são representados pelo zircão, turmalina e os opacos representados pela magnetita e rutilo.

O Muscovita Quartzito São Thomé Róseo é composto essencialmente por quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%) e como acessórios ocorrem traços de zircão, rutilo e magnetita. Apresenta textura granoblástica muito fina, caracterizada pela predominância dos grãos de quartzo que variam de tamanho entre 0,1 e 0,3 mm. Também é freqüente a textura de exsolução entre a magnetita e o rutilo. A deformação é caracterizada pelo alinhamento das palhetas de muscovita, extinção ondulante e contornos poligonizados do quartzo e alongamento e orientação dos minerais opacos.

O quartzo apresenta tamanho variando entre 0,1 e 0,3 mm e a muscovita encontra-se sob a forma de delgadas palhetas iso-orientadas, com tamanho variando entre 0,1 e 0,5 mm que define a foliação. Os acessórios estão representados por zircão, magnetita e rutilo, às vezes estão alongados e orientados segundo a foliação principal da rocha.

Petrografia dos Quartzitos da região de Luminárias

O Muscovita Quartzito Luminárias Verde é composto essencialmente por quartzo (65-70%) e muscovita (25-30%), apresentando titano-magnetita (2%), rutilo (1%) e traços de microclínio, turmalina, ilmenita, granada, zircão, e plagioclásio. Exibe textura granoblástica fina a localmente granolepidoblástica, que é caracterizada por níveis enriquecidos em muscovita e minerais opacos estirados, principalmente magnetita + rutilo na direção preferencial da foliação.

Nestas rochas, quando parcialmente alteradas, é observada uma transformação marcada pela substituição parcial e completa de granada e da muscovita por minerais opacos (magnetita+rutilo). Outra substituição bem marcada é a textura de exsolução entre magnetita e a titano-magnetita, magnetita e o rutilo e de magnetita com *flames* de ilmenita. A deformação na rocha é marcada pelo alinhamento das palhetas de muscovita na direção da foliação, às vezes com desenvolvimento de *mica-fish*, alongamento dos grãos de minerais opacos, extinção ondulante e textura poligonizada dos grãos de quartzo.

O quartzo exibe dimensões variando entre 0,1 e 0,3 mm, extinção ondulante e constituindo em grãos alongados e/ou fraturados. A muscovita encontra-se sob a forma de palhetas

com tamanho variando entre 0,1 e 0,8 mm. Localmente as palhetas maiores tendem a formar *mica-fish* e observa-se ainda substituição de muscovita por minerais opacos.

Os minerais acessórios são representados pelos minerais opacos (magnetita + rutilo + ilmenita) com tamanho entre 0,1 e 0,2 mm, normalmente associados a níveis bem marcados de muscovitas ou ainda dispersos. Localmente verificam-se granadas esqueletais (0,1 mm) com caráter tardi-tectônico a foliação, principalmente associadas aos minerais opacos (magnetita + rutilo).

O Muscovita Quartzito Carrancas Verde é essencialmente composto por quartzo (80-85%) e muscovita (15-20%) apresentando como mineralogia acessória magnetita (0,1%), rutilo (< 0,1%) e traços de turmalina, zircão, granada e plagioclásio. Exibe textura média-fina, às vezes granolepidoblástica marcada pela predominância de quartzo, a lepidogranoblástica caracterizada pela predominância de muscovita. Cristais de granada com caráter sin- a tardi-tectônico desviam a foliação principal representada principalmente por muscovita.

Localmente, verifica-se um grau de transformação bem proeminente em alguns minerais, sendo que a principal transformação é a substituição parcial e completa de granada e de muscovita por minerais opacos (magnetita + rutilo). Essa substituição é melhor caracterizada nas faixas onde ocorre predominância de magnetita + rutilo. Outra substituição bem marcada é a exsolução entre magnetita e a titano-magnetita e a titano-magnetita e o rutilo. A deformação na rocha é marcada pelo alinhamento das palhetas de muscovita, às vezes com desenvolvimento de *mica-fish*, estiramento dos grãos de minerais opacos, extinção ondulante e textura poligonizada dos grãos de quartzo.

O quartzo exibe dimensões entre 0,1 e 0,9 mm, extinção ondulante e alguns grãos encontram-se fraturados e recristalizados/recuperados. A muscovita está disposta em palhetas de até 2,0 mm, com formas hipidiomórficas, dispersa na rocha e em níveis de espessura milimétrica constituindo agregados (*mica-fish*). A granada ocorre com formas esqueletais, com tamanhos médios de 0,3 mm, comumente desviando a foliação principal (caráter sin-a tardi-tectônico). A turmalina, magnetita e o rutilo ocorrem isolados ou às vezes alongados na direção das muscovitas.

O Muscovita Quartzito Carranquinhas Verde é composto essencialmente por quartzo (75-80%), muscovita (20-25%), magnetita (< 1%) e traços representados pela turmalina e zircão. Apresenta textura granolepidoblástica muito fina com tamanho dos grãos variando entre 0,1 e 0,3 mm, evidenciada por níveis enriquecidos em muscovita alternados com níveis quartzosos. A rocha não apresenta nenhuma transformação mineralógica evidente. A deformação é caracterizada pela orientação proeminente das palhetas de muscovita na direção da foliação, extinção ondulante e contornos poligonizados dos grãos de quartzo e alongamento de grãos de magnetita.

O quartzo encontra-se com tamanho entre 0,1 e 0,3 mm, exibindo extinção ondulante e poucos grãos encontram-se fraturados e recristalizados. A muscovita está disposta em palhetas hipidiomórficas de até 0,3 mm, dispersa na rocha entre os grãos de quartzo e formando delgados níveis milimétricos em que se verifica a presença do magnetita e zircão.

TABELA 1: Principais características petrográficas das variedades de quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras (MG).
TABLE 1: Main petrographic attributes of the quartzites from Productive Center of São Thomé das Letras (MG).

Amostras	São Thomé		São Thomé		São Thomé		São Thomé	
	Branco	Amarelo	Róscio	Carrancas	Luminárias	Carranquinha		
Quartzito	95	95	95	84	70	80		
Muscovita	5	5	5	15	27	20		
Plagioclásio	tr	-	-	tr	tr	-		
Turmalina	tr	tr	-	tr	tr	tr		
Zircão	tr	tr	tr	tr	tr	tr		
Magnetita	tr	tr	<1	1	2	<1		
Rutilo	tr	tr	<1	<1	1	-		
Granada	-	-	-	tr	tr	-		
Ilmenita	-	-	-	-	tr	-		
Microclínio	-	-	-	-	tr	-		
Biotita	-	-	-	-	-	-		
Classificação	Muscovita Quartzito							
Coloração	Branco	Amarelo	Róscio	Verde	Verde	Verde		
Estrutura	Foliada/laminada	Foliada/laminada	Foliada/laminada	Foliada/laminada	Foliada/laminada	Foliada/laminada		
Textura	Granoblástica	Granoblástica	Granoblástica	Granolepidoblástica	Granolepidoblástica	Granolepidoblástica		
Fraturas/mm ²	0,80	0,12	0,26	0,20	0,10	2,20		
Granulação	Fina	Fina	Fina	Média-Fina	Fina	Muito Fina		
Intervalo	0,1 – 0,5 mm	0,1 – 0,6 mm	0,1 – 0,6 mm	0,1 – 2,0 mm	0,1 – 0,8 mm	0,1 – 0,3 mm		

TABELA 2.: Dados de análises químicas de rocha total para as variedades de quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras (MG).
 TABLE 2: Chemical analyses data (total rock) of quartzites varieties from Productive Center of São Thomé das Letras (MG).

Oxidos	Branco			Amarelo			Róseo			Carrancas			Luminárias			Carranquinha		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SiO ₂	98,40	97,50	98,30	98,00	97,00	98,60	97,50	97,70	98,60	89,90	89,60	89,10	90,50	89,90	90,20	90,60	89,90	90,10
Al ₂ O ₃	0,83	0,82	0,86	0,89	0,80	0,85	0,72	0,68	0,77	5,40	5,50	5,70	5,20	5,00	5,30	5,10	5,10	5,30
TiO ₂	0,06	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,18	0,18	0,17	0,21	0,20	0,21	0,25	0,27	0,24
Fe ₂ O ₃ ^t	0,11	0,12	0,15	0,18	0,18	0,19	0,06	0,06	0,08	1,70	1,70	1,70	1,10	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MnO	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
MgO	0,10	0,10	0,10	0,14	0,11	0,10	0,10	0,01	0,10	0,13	0,16	0,13	0,15	0,13	0,10	0,17	0,13	0,13
CaO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Na ₂ O	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
K ₂ O	0,24	0,22	0,22	0,22	0,21	0,22	0,19	0,19	0,18	1,90	2,00	1,90	2,10	2,10	2,10	2,00	1,90	2,00
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01
LOI	0,22	0,22	0,23	0,27	0,25	0,25	0,19	0,18	0,15	0,92	0,94	0,86	0,77	0,77	0,78	0,83	0,86	0,85
Total	100,10	99,17	100,04	99,90	98,73	100,39	98,96	98,99	100,07	100,30	100,24	99,74	100,21	99,44	100,08	100,30	99,53	99,96

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ROCHAS

Os quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras (MG) apresentam diferenças significativas no que diz respeito a sua composição química de rocha total, principalmente nos elementos maiores, verificadas a partir de 18 amostras (Tabela 2). As análises químicas de rocha total têm objetivo de definir as características químicas de cada litotipo, permitindo também, comparações entre os diversos tipos, bem como base técnica para comportamento tecnológico das rochas, fornecendo assim parâmetros que possibilitem definir a melhor viabilidade técnica de aplicação de cada um dos materiais na utilização como rocha ornamental.

Os valores de SiO_2 são oscilantes dentro das diferentes variedades de quartzitos (Figura 6A). Os valores mais elevados são observados nas variedades Amarelo, Róseo e Branco, quando comparados com as variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas. Estes valores estão condicionados a grandes quantidades de quartzo na composição modal desses litotipos e conseqüentemente um maior empobrecimento em muscovita.

O Al_2O_3 também apresenta diferenças significativas entre as diferentes variedades (Figura 6B) observando-se valores elevados para as variedades Carranquinhas, Luminárias e Carrancas, explicada neste caso pelas quantidades expressivas de muscovita nesses litotipos. Os valores variáveis de TiO_2 (Figura 6C) são reflexos na diferença de quantidades dos óxidos, principalmente magnetita e rutilo, presentes nos diferentes tipos de quartzitos estudados.

Quanto aos valores de Fe_2O_3 (Figura 6D), as diferenças significativas observadas estão diretamente relacionadas às quantidades de muscovita e minerais óxidos muito mais elevadas nas variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas. Com relação aos valores de K_2O presentes nas seis variedades (Figura 6E), as diferenças registradas estão relacionadas às quantidades de muscovitas na composição modal das variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas. Quanto aos teores de Cr_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O e P_2O_5 , não foram registradas variações significativas para as diferentes variedades estudadas.

QUIMISMO MINERAL

As análises químicas minerais têm por objetivo caracterizar e identificar as variações composicionais, principalmente das muscovitas e dos minerais opacos (magnetita e rutilo) presentes nas seis variedades de quartzitos estudados. Um outro fator importante nesse estudo é a relação entre a composição química dos minerais e as variações das colorações.

A difratometria de Raios X mostrou que as micas das diferentes variedades de quartzitos estudados são representadas por muscovitas enriquecidas em ferro e não em cromo.

A **muscovita** representa juntamente com o quartzo, uma fase mineral importante nas variedades de quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras, principalmente nas variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas. A quantidade de muscovita na composição modal de cada variedade de quartzito,

bem como as suas variações químicas, influenciam diretamente na coloração dessas rochas. Deste modo, elementos como FeO , TiO_2 , MgO e Na_2O apresentam valores discrepantes e conseqüentemente diferenciam muito bem as duas áreas, mostrado pela muscovita das variedades Branco, Amarelo e Róseo, quando comparada com a muscovita das variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas (Figura 6F, G, H, I).

Os valores de FeO e TiO_2 para as muscovitas das variedades Branco, Amarelo e Róseo (Figuras 6F e G) são menos expressivos quando comparados aos teores observados nas variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas. Entretanto, os teores registrados de MgO e Na_2O (Figuras 6H e I) mostram valores maiores para as variedades Branco, Amarelo e Róseo em relação às variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas.

A **magnetita** representa o mineral óxido mais importante nos quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras, ocorrendo nas seis variedades estudadas. As suas variações químicas e a quantidade do mineral presente na rocha também influenciam diretamente na coloração do quartzito. Sua composição é significativamente variada com relação aos valores de TiO_2 , conforme mostra as relações apresentadas na (Figura 6J) dos quartzitos Branco, Amarelo e Róseo menos enriquecidas em TiO_2 do que as variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas.

Com relação aos teores de FeO e Fe_2O_3 (Figuras 6L e M) os valores em todas as variedades de magnetitas estudados, não registraram variações significativas com os valores máximos situados entre (30 e 32 %) para o FeO e (63 e 69 %) para o Fe_2O_3 .

O **rutilo** ocorre somente em quatro das variedades de quartzitos estudados, representados pelo Branco, Róseo, Luminárias e Carranquinhas. É uma fase mineral que também influencia diretamente na coloração das variedades de quartzitos, principalmente pela variação nos valores de TiO_2 e FeO da sua composição.

A **titano-magnetita** e a **ilmenita** ocorrem como *flames* de dimensões micrométricas a milimétricas na magnetita e no rutilo. São texturas de exsoluções, resultantes da desmisturação de uma fase óxido estável pelo aumento da temperatura. Nas variedades de quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras, a titano-magnetita e a ilmenita ocorrem de forma subordinada na composição modal dos diferentes litotipos.

COLORAÇÕES DAS ROCHAS EM FUNÇÃO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

A coloração de uma rocha é resultado dos diferentes tipos de minerais que fazem parte de sua composição e, muitas vezes, é definida a partir da transformação dos minerais, imprimindo colorações em diferentes tons a partir do tipo de elemento lixiviado.

As diferentes proporções de muscovitas nos quartzitos estudados influenciam diretamente na sua cor. Desta forma, os quartzitos mais enriquecidos em muscovita como Carrancas, Luminárias e Carranquinhas, possuem colorações esverdeadas em tons escuros. Por outro lado, os quartzitos menos enriquecidos

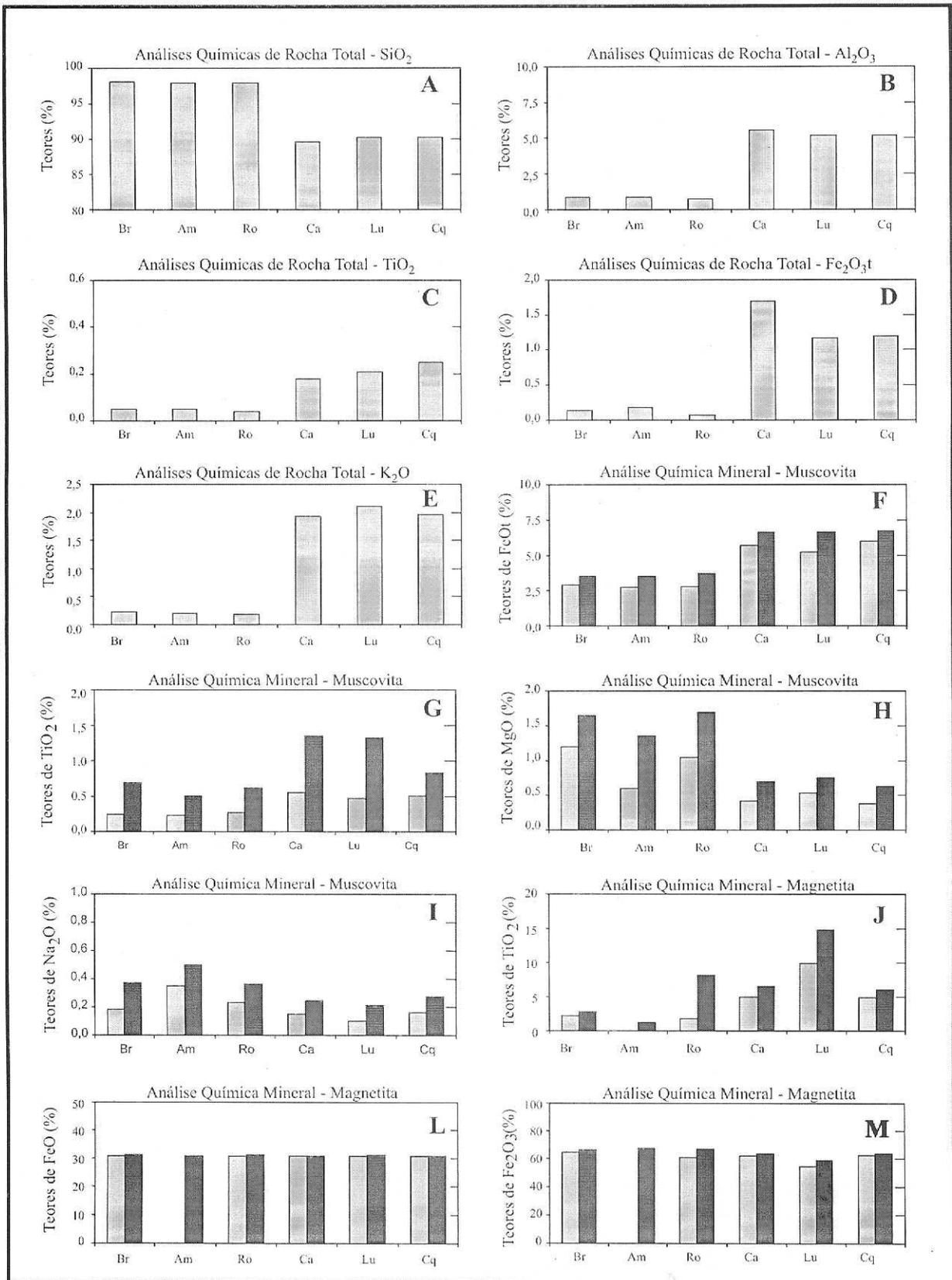


FIGURA 6: Química de rocha total (A, B, C, D e E) e química mineral das muscovitas (F, G, H e I) e magnetitas (J, L e M), dos quartzitos da região de São Thomé das Letras (Br=Branco, Am=Amarelo, Ro= Róseo) e Luminárias (Ca=Carrancas, Lu=Luminárias e Cq=Carranquinhas). Valores mínimos (light gray) Valores Máximos (dark gray)

FIGURE 6: Chemistry of total rock (A, B, C, D and E) and muscovite (F, G, H and I) and magnetites (J, L and M) mineral chemistry from the quartzites of the area of São Thomé das Letras (Br=White, Am=Yellow, Ro=Light Pink) and Luminárias (Ca=Carrancas, Lu=Luminárias and Cq = Carranquinhas). Minimum Values (light gray) and Maximum Values (dark gray)

em muscovita como Branco, Róseo e Amarelo, possuem colorações em tons mais claros. Outra característica significativa com relação à muscovita presente nas seis variedades de quartzitos estudado é que nos tipos Verdes Carrancas, Luminárias e Carranquinhas é a mais enriquecida em FeO ($\pm 6,5\%$), enquanto as dos tipos Branco, Róseo e Amarelo apresentam valores em torno de $\pm 3,0\%$ de FeO.

Os minerais opacos na presença de solventes naturais, principalmente água meteórica fluindo nos planos de foliação e fraturas da rocha, têm o Fe²⁺ oxidado, produzindo manchamentos em tons avermelhados nas superfícies das placas de quartzitos. Na região de São Thomé das Letras, as variedades Amarelas e Róseas são resultados da interação dessas águas meteóricas que percolam as camadas mais superficiais das pedreiras, interagindo com os minerais opacos (magnetita e rutilo) presentes nestes litotipos. Esse processo de oxidação do ferro imprime tonalidades amareladas e rosadas a estes quartzitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os quartzitos da região de São Thomé das Letras, variedades Branco, Amarelo e Róseo, petrograficamente apresentam coloração clara, textura granoblástica fina e são compostos por quartzo (90 a 95%), muscovita (5 a 10%) e traços de magnetita, rutilo, zircão e turmalina.

Os quartzitos da região de Luminárias, variedades Luminárias, Carrancas e Carranquinhas, petrograficamente exibem coloração em tons de verde escuro com manchas avermelhadas no plano da foliação, resultado da grande quantidade de muscovita (20 a 25%) e granada na sua composição. Esses litotipos apresentam variação significativa quanto à textura desde granolepidoblástica a lepidogranoblástica com granulação média a fina (quartzito Carrancas), fina (Luminárias) e muito fina Carranquinhas.

O levantamento estrutural realizado nas duas áreas testes identificou para a região de São Thomé das Letras quatro famílias de fraturas de acordo com a sua direção, enquanto que para a região de Luminárias foram identificadas cinco famílias. O arranjo geométrico do fraturamento aliado ao uso inicial de explosivos na lavra de quartzitos, ativa os planos de fraqueza preexistentes na rocha, levando a uma fragmentação intensa, e ao dimensionamento pequeno das placas exploradas, ocasionando assim grande quantidade de rejeito (em torno de 80 a 85%). Para a solução deste problema, recomendam-se estudos para a utilização na lavra, no desmonte dos quartzitos, de material expansivo, definido a partir do arranjo estrutural e espaçamento do fraturamento.

A química de rocha total mostrou que as variedades pertencentes à região de Luminárias são mais enriquecidas em Fe₂O₃, TiO₂, Al₂O₃, K₂O, MgO e LOI quando comparadas aos da região de São Thomé das Letras. Entretanto, com relação aos valores de SiO₂ as variedades Brancas, Amarelas e Róseas são mais enriquecidas.

As composições químicas minerais da muscovita e magnetita mostraram diferenças significativas para as duas re-

giões de exploração de quartzitos. A caracterização química mostrou que as muscovitas presentes nas variedades Branco, Amarelo e Róseo são empobrecidas em FeO¹ e TiO₂ e enriquecidas em MgO e Na₂O, quando comparadas às variedades da região de Luminárias.

Com relação à magnetita, a análise química mineral mostrou que as variedades Róseas, Luminárias, Carrancas e Carranquinhas são mais enriquecidas em TiO₂ do que a magnetita dos quartzitos Branco e Amarelo. A diferença da quantidade de muscovita desses quartzitos aliada à diferença na sua composição química é o fator principal da variação de coloração.

A importância deste tipo de estudo na caracterização dos diferentes tipos comerciais de quartzitos utilizados como rochas ornamentais, pode influenciar na adequação e otimização de sua utilização. O estudo estrutural pode otimizar a lavra, com obtenção de cortes de placas mais adequados ao fraturamento original, adicionando assim maior valor unitário ao material, além de poder minimizar a quantidade do rejeito, que representa sério problema na região de São Thomé das Letras.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer ao apoio financeiro do CNPq proc. n.º: 5032307/1999, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. 1984. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgar Blücher Ltda. 338 p.
- ALMEIDA, J. C. H. 1992. *Mapeamento geológico da Folha Luminárias - MG (1:50.000), com ênfase na análise estrutural dos metassedimentos do Ciclo Depositional Andrelândia*. Rio de Janeiro. 102p. (Dissertação Mestrado em Geociências - IGEO, UFRJ).
- ANDREIS, R. R.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P. 1987. Observações preliminares em seqüências siliciclásticas da Formação Tiradentes (Grupo São João Del Rei) nas áreas das Serras do Lenheiro e São José, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 4, Belo-Horizonte, 1988. *Anais...Belo Horizonte*, SBG, p. 214-225.
- EBERT, H. 1956. Tectônica do Pré-Cambriano (São João del Rei). In: *Relatório Anual do Diretor Ano 1955*, DGM, Rio de Janeiro, p. 69-81.
- EBERT, H. 1967. A estrutura pré-cambriana do Sudeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 26, p. 42-45.
- EBERT, H. 1971. Os Paraíbides e Araxaídes entre São João Del Rei e Itapira, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. *Resumo...São Paulo*, SBG, v.25, p. 177-178.
- FERNANDES, T.M.G. 2002. *Caracterização Petrográfica, Química e Tecnológica dos Quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras no Sudoeste do Estado de Minas Gerais*. Rio Claro, 110 p. (Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas).

- FONSECA, M.J.G. 1979. *Folhas Rio de Janeiro (SF-23), Vitória (SG-24) e Iguape (SG-23)*. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Brasília, DNPM, 240 p.
- MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M.W.; GONZALES, S.R.; SCHENINI, C.A.; NETO, A.S.; PALMEIRA, R.C.B.; PIRES, J.L.; TEIXEIRA, W.; CASTRO, H.E. F. 1983. Geologia. In: Brasil - DNPM. *Projeto RADAMBRASIL. Folhas (SF-23) Rio de Janeiro e (SF-24) Vitória, Rio de Janeiro, RJ*, (Levantamento de Recursos Naturais), v. 32, 773 p.
- PACIULLO, F.V.P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R.R. 1993. Reconstrução de uma bacia fragmentada: o caso do Ciclo Depositional Andrelândia. In: SIMPÓSIO DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 32, Salvador, 1993. *Anais...* Salvador. SBG, v.2. p.224-226.
- PACIULLO, F.V.P. 1997. *A Seqüência Depositional Andrelândia*. Rio de Janeiro, 1997. 245 p. (Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geologia-Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; ANDREIS, R.R.; TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M. 1990. Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton São Francisco: análise da região de São João Del Rei e Andrelândia, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. *Anais...*Natal. SBG, v. 6. p. 2605-2614.
- RIBEIRO, A.; ANDREIS, R.R.; TROUW, R.A.J.; PACIULLO, F.V.P.; VALENÇA, J.G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo - tectonismo Brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geologia*, v. 25, n. 4, p.235-248.
- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. 1983. Geologia estrutural dos Grupos São João Del Rei, Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. In: *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 55, n. 1, p. 71-85.
- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; HEILBRON, M. 1984. Os Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia interpretados como continuação dos Grupos Araxá e Canastra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro. SBG, v.2. p. 3227-3240.
- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. 1986. Contribuição a geologia da Folha Barbacena - 1:250.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia. *Anais...* Goiânia. SBG, v. 2. p. 974-984.