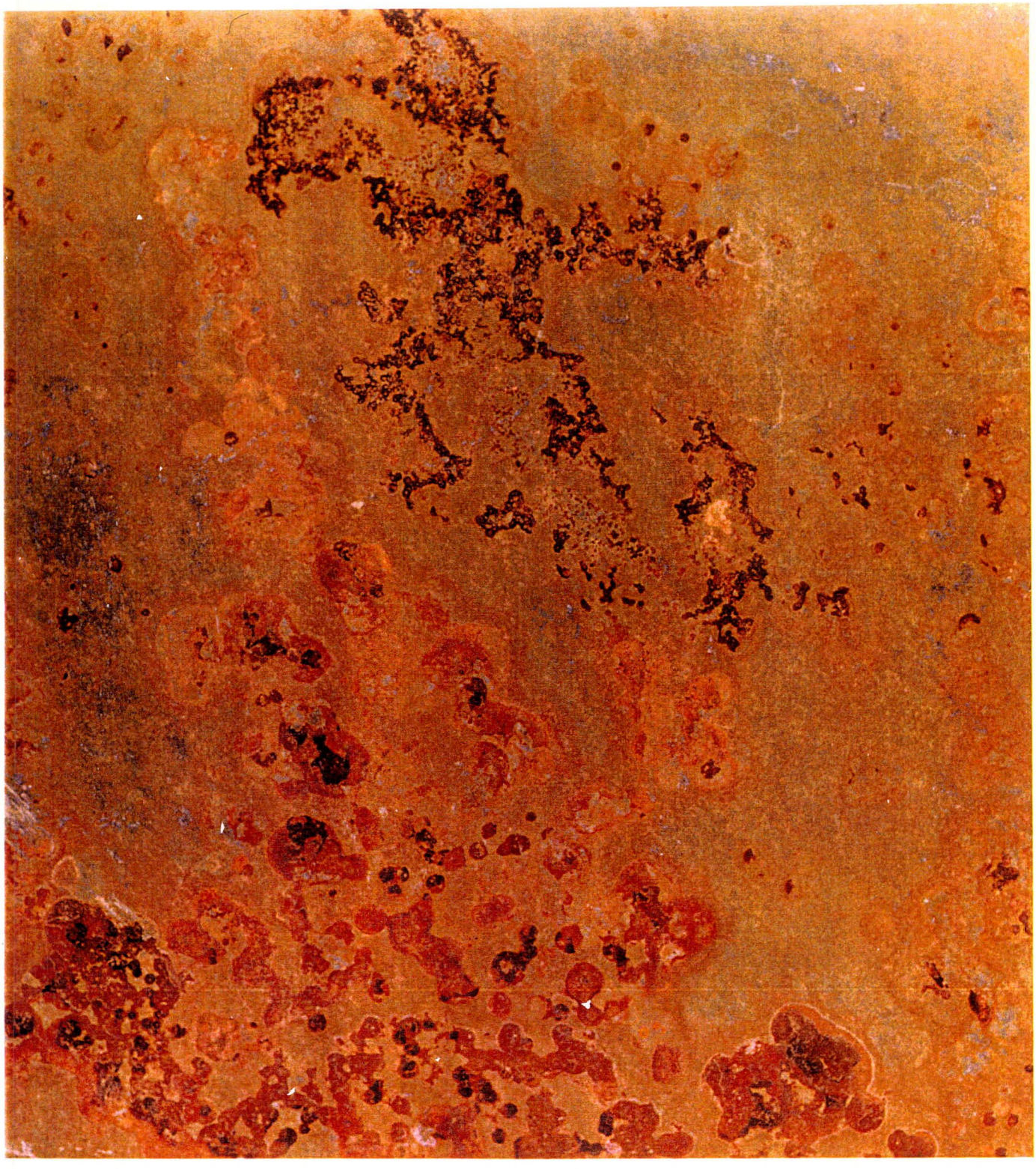


PANORAMA DO SETOR DE ARDÓSIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

VOLUME 1

GOVERNO DE MINAS GERAIS
SECRETARIA DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA - SEME

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS - COMIG
FUNDAÇÃO GORCEIX

PANORAMA DO SETOR DE ARDÓSIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

por

João Henrique Grossi Sad
Cid Chiodi Filho
Denize Kistemann Chiodi

Volume I - Textos e Anexos

Belo Horizonte
Maio/1998

SECRETARIA DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA
Raul David Machado
Secretário

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS
Carlos Alberto Cotta
Presidente

FUNDAÇÃO GORCEIX
Saulo Fernando Tássia
Superintendente

Coordenação
*João Henrique Grossi Sad**

Execução
*Cid Chiodi Filho***
João Henrique Grossi Sad
*Denize Kistemann Chiodi***

* GEOSOL Geologia e Sondagens Ltda.
** KISTEMANN & CHIODI Assessoria e Projetos Ltda.

CONTEÚDO

VOLUME I - TEXTO

Resumo

1 - Introdução 1

2 - A Importância das Rochas Ornamentais e de Revestimento 3

2.1 - Situação Mundial 4
2.2 - Situação Brasileira 6
2.3 - Situação de Minas Gerais 8

3 - Panorama das Ardósias Em Minas Gerais 15

3.1a - Caracterização Geográfica e Sócio-Econômica da Regiao Produtora 16
3.1b - Perfil Sócio-Econômico dos Municípios Produtores de Ardósia 23
3.2 - Aspectos Gerais da Geologia das Ardósias 33
3.3 - Geologia da Província de Ardósia de Minas Gerais 39
3.4 - Atividades de Lavra 69
3.5 - Condições de Beneficiamento 72
3.6 - Perfil de Mercado 74
3.7 - Questões Ambientais 81

4 - Conclusões e Recomendações 85

Referências Bibliográficas 89

Quadros

2-1. Oferta mundial de rochas ornamentais e de revestimento - 1996 5
2-2. Produção total de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais 8
3-1. Produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento: Perfil Histórico 74
3-2. Exportações brasileiras de ardósia no período 1994/97 - Quantidade em peso 76
3-3. Exportações brasileiras de ardósia no período 1994/97 - Valores (US$ FOB) 77

Tabelas

3-1. Aspectos fisiográficos 24
3-2. Infra-estrutura e serviços 25
3-3. Dados censitários 26
3-4. Consumo de energia elétrica 26
3-5. Finanças - arrecadação municipal 27
3-6. Transporte rodoviário - distâncias dos principais centros 27
3-7. Transporte ferroviário - distâncias dos principais centros 28
3-8. Distâncias aos municípios limítrofes e/ou centralizadores de serviços públicos 28
3-9. Principais produtos agrícolas - área colhida 29
3-10. Pecuária - principais efetivos 30
3-11. Área cultivada com reflorestamento 30
3-12. Dados do censo cultural 31
3-13. Origem das cidades 32
3-14. Relação dos centros de lavra de ardósia cadastrados em Minas Gerais 37
3-15. Composição química de amostras de ardósias "Grafite" ou "Preta" 46
3-16. Composição química de amostras de ardósia "Cinza" 47
3-17. Composição química de amostras de ardósia "Verde" 48

3-18. Composição química de amostra de ardósia "Roxa" 49
3-19. Composição química média de ardósias Bambuí e de ardósias Arqueanas 50

Figuras

3-1. Localização das áreas produtoras de ardósia 17
3-2. Localização das lavras da região de Papagaios-Paropeba 20
3-3. Localização das lavras da região de Pompéu-Lambari 21
3-4. Localização das lavras da região de Felixlândia 22
3-5. Composição química de sedimentos modernos, como função de SiO_2, Al_2O_3, Na_2O, K_2O e CaO 52
3-6. Composição média de rochas pelíticas em termos das relações soda/ alumina e potassa/alumina 54
3-7. Percentagens em peso de Na_2O, K_2O e MgO *versus* percentagens em peso de Al_2O_3, para rochas pelíticas 55
3-8. Correlação entre conteúdos de C e de S, nas ardósias Bambuí 56
3-9. Correlação entre conteúdos de Ba e Sr, nas ardósias Bambuí 57
3-10. Relação da cor dos folhelhos com o conteúdo de carbono e com o estado de oxidação do ferro 58
3-11. Registro do conteúdo de C *versus* razão $Fe^{2+}/Fe^{2+} + Fe^{3+}$, para as ardósias Bambuí 60
3-12. Registro de Fe^{2+} *versus* Fe^{3+} para ardósias de cores diferentes 61
3-13. Diagrama de freqüência de cotas e posicionamento topográfico dos jazimentos de ardósia 66
3-14. Diagrama de freqüência de pontos cotados, nas folhas de Morro da Garça, Pompéu e Sete Lagoas 67
3-15. Exportações brasileiras de ardósia 78
3-16. Cotas de importação de ardósia nos EUA 79

Anexos

Prancha Um - Mapa Geológico-Mineiro da Provincia de Ardósia
Prancha Dois - Seções Geológicas Esquemáticas
Prancha Três - Condicionamento Fisiográfico das Lavras de Ardósia Cinza e Grafite nos Distritos do Rio Paraopeba e Riacho da Areia

VOLUME II - ÁLBUM FOTOGRÁFICO

SIGLAS DE INSTITUIÇÕES CITADAS NESTE RELATÓRIO

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

CPMTC - Centro de Pesquisa "Manoel Teixeira da Costa"

DECEX - Departamento de Comércio Exterior

DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais

IEL - Instituto Euvaldo Lodi

INDI - Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais

PEET - Programa Estadual de Extensão Tecnológica

SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

SEBRAE-MG - Serviço de Apoio à Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais

SECEX - Secretaria de Comércio Exterior

SENAI-MG - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Minas Gerais

SIMAGRAN-MG - Sindicato da Indústria de Mármores e Granitos no Estado de Minas Gerais

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UNESP - Universidade Estadual Paulista

RESUMO

Importante seqüência rochosa sedimentar, de baixo grau metamórfico e de idade Precambriana Superior, que encerra depósitos locais de ardósias de alta qualidade ocorre em área de cerca de 7.000 km^2, aqui denominada "Província de Ardósia de Minas Gerais". O presente trabalho consubstancia as informações obtidas no "Programa de Avaliação de Ardósias em Minas Gerais", desenvolvido pelo Governo do Estado.

Rochas ornamentais e de revestimento são de grande importância no contexto de negócios minero-industriais. Atualmente a produção mundial alcança 40 milhões t/ano e as transações comerciais de materiais brutos e acabados atingem US$ 6 bilhões/ano no mercado internacional e US$ 7 bilhões/ano nos mercados internos dos países produtores, enquanto os negócios com máquinas, equipamentos, insumos, materiais de consumo e prestação de serviços movimentam outros US$ 5 bilhões/ano. Cerca de 30% da produção mundial (12 milhões t/ano) é colocada no mercado internacional. Trinta países produzem mais de 100.000 t/ano.

Dentre os países produtores destacam-se a Itália, China, Espanha, Brasil, Portugal, Índia, Grécia e Turquia e salientam-se como países consumidores a Espanha, Itália, Alemanha, Grécia, França, EUA, Coréia do Sul, Taiwan, Japão e China.

No Brasil existem 300 empresas mineradoras e 250 empresas de beneficiamento para mármores e granitos. Cerca de 70% da produção e 80% do consumo brasileiro derivam da região sudeste, destacando-se Minas Gerais e Espírito Santo como produtores. No mercado interno, a comercialização alcança US$ 600 milhões/ano. As exportações de mármores e granitos envolvem US$ 152 milhões/ ano e 752.000 t. Observa-se incremento na exportação e o Brasil é o 10°. colocado mundial nas exportações (valor de 2,4% do faturamento e 5,4% em volume físico). O principal importador é a Itália.

Minas Gerais é o maior produtor nacional de rochas ornamentais e de revestimento (granitos, quartzitos, ardósias e pedra sabão). O estado responde por 30% da produção e 40% das exportações brasileiras de granito. Contudo, na região sudeste é o menos expressivo centro de beneficiamento.

A produção em Minas Gerais totaliza 1,13 milhões t/ano, das quais 500.000 t são de granitos, 410.000 t são de ardósias e 200.000 t são de quartzitos. Granitos são produzidos nos centros denominados Oeste, Sul, Medina, Guanhães, Aimorés, Mantena e Carlos Chagas. Os produtores ressentem-se da falta de pesquisa geológica, o que tem como conseqüência a baixa seletividade das frentes de lavra. Além disso somam-se irregularidades em relação ao DNPM e FEAM.

Os quartzitos associam-se às unidades geológicas conhecidas como grupos Minas, Araxá, Canastra, São João Del Rei/Andrelândia e Espinhaço. O principal centro produtor situa-se na área de São Tomé das Letras.

Toda a produção de ardósias de Minas Gerais provém dos municípios de Papagaios, Curvelo, Pompéu, Paraopeba, Caetanópolis, Felixlândia, Leandro Ferreira e Martinho Campos. As ardósias estão contidas na Formação Santa Helena.

do Supergrupo Bambuí. As principais variedades comerciais são denominadas pela cor: Cinza, Verde, Roxa, Grafite, Preta e Ferrugem, além de uma variedade litológica chamada Matacão. A produção atinge 410.000 t/ano, que desdobram 15 milhões m^2/ano de ladrilhos e chapas.

A Província de Ardósia de Minas Gerais insere-se em área poligonal, nos municípios já enumerados. É dividida em distritos (Felixlândia, Rio Pará, Rio Paraopeba e Riacho da Areia) com campos de jazimentos. No Distrito de Felixlândia produzem-se ardósias verdes e/ou roxas, no Distrito do Rio Paraopeba, ardósias cinzentas e/ou cinzento-ferrugem, no Distrito do Rio Pará, ardósias cinzas, no Distrito do Riacho da Areia, ardósias escuras (negras ou grafite). Durante a execução do programa foram cadastrados 29 jazimentos, 28 dos quais em atividade.

Ardósias são rochas metamórficas de baixo grau, pelíticas, que têm clivagem ardosiana, isto é, orientação planar preferida de minerais tabulares e prismáticos. Por causa disto partem-se segundo superfícies notavelmente planas. São homogêneas e de textura afanítica. Sua dureza é média, a densidade é de cerca de 2,7 g/cm^3 e os principais minerais formadores são mica branca, quartzo e clorita.

A Formação Santa Helena, receptáculo das ardósias, é constituída por três membros estratigráficos, Superior (extensa área de ocorrência, contendo folhelhos e siltitos, com cerca de 140 m de espessura), com rochas portadoras de notável clivagem ardosiana, Médio (margas e folhelhos, ocorrência mais restrita, 50 m de espessura) e Inferior (cerca de 90 m de espessura, ritmitos silto-argilosos, usualmente carbonáceo e carbonatado discretamente), com alojamento das ardósias escuras.

A Província de Ardósia contém rochas sedimentares horizontalizadas, com baixo grau metamórfico e clivagem ardosiana paralela à estratificação. Fraturas N70W são uma constante na província. As ardósias têm planos de estratificação preservados (laminação e, por vezes, aleitamento). A estratificação usual é plano-paralela e o caráter siltico típico das ardósias verdes confere partição em leitos mais espessos e menos perfeitos que em outros tipos. Têm baixo conteúdo ou ausência de carbonato e carbono.

As ardósias cinzas são uniformes e têm excelente partição, por causa da forte orientação preferida da mica branca. O conteúdo de carbonato e carbono é discreto.

As ardósias escuras têm partição muito boa e são mais ricas em carbono e carbonato que outros tipos.

Os dados químicos para elementos maiores indicam que as ardósias de Minas Gerais têm composição muito semelhante ao de outras ardósias pelo mundo afora. Os elementos traços exibem conteúdos iguais aos das médias mundiais para folhelhos normais.

A investigação realizada comprovou a importância do conteúdo de C e da razão Fe^{3+}/Fe^{2+} como condicionantes da cor das ardósias. Duas séries podem ser caracterizadas: púrpura → verde (controle pela razão Fe^{3+}/Fe^{2+}) e verde → cinza → escura (controle pelo conteúdo de C). O ferro total não tem qualquer influência na cor.

Há um notável zoneamento de cor na Província de Ardósia: ardósias escuras apresentam-se no bordo sul da bacia, em faixa que recobre o complexo basal arqueano, ardósias cinzentas são mais distais (para o norte) e ardósias verdes, mais setentrionais.

Os dados disponíveis de propriedades físicas (cor, densidade, coeficiente de absorção, conteúdo de carbonato, resistência à flexão, desgaste por atrito) indicam que as ardósias de Minas Gerais rivalizam com os melhores produtos dos diversos jazimentos mundiais.

A fisiografia exerce forte controle sobre o aparecimento dos jazimentos de ardósia, que ocorrem em cotas abaixo de 800 m. A interferência de novo ciclo erosivo sobre a superfície de cerca de 800 m origina aparecimento dos jazimentos em cotas ao redor de 750 m ou mais baixa.

O principal foco de extração e beneficiamento de ardósias é o município de Papagaios (80% da produção total), com ardósias cinzentas (na maior parte). As jazidas são lavradas a céu aberto, em encosta e em cava. As jazidas têm piso regular e plano (devido à clivagem horizontalizada). Fraturas verticais são fatores auxiliares da lavra.

O capeamento estéril nas jazidas atinge até 30-40 m de espessura, enquanto o material útil tem poucas dezenas de metros de espessura. A recuperação na lavra é de 10-15%. O desmonte é efetuado em degraus e as placas extraídas têm 15 a 25 cm de espessura. As placas são retiradas usando-se discos diamantados montados em carrinhos de chão. Uma vez cortadas lateralmente, as placas são liberadas com cunhas manuais e carregadas por empilhadeiras. Outras técnicas de corte precisam ser implantadas, com a conseqüente elevação da produtividade.

O principal produto beneficiado são ladrilhos-lajotas padronizados, para revestimento de piso. O restante origina tampos de mesa, pias, bilhares, revestimento de paredes, mobiliário, telhas e lousas. O beneficiamento engloba esquadrejamento, acabamento de superfícies, calibração da espessura, cortes curvos e perfurações. O primeiro passo no processo de beneficiamento é a abertura das placas, à martelo e talhadeira.

Para o mercado externo exige-se estrutura industrial para aprimoramento das dimensões e melhor acabamento, o que é conseguido com linhas automáticas de produção.

A produção de ardósias em Minas Gerais responde por 20% da produção mundial e o mercado externo abarca 30.000 t/ano (~ US$ 13 milhões). O principal destinatário é norte-americano (EUA), seguindo-se Europa (Bélgica e Alemanha, em maioria) e, em pequena escala países sul-americanos (Chile, Argentina, Uruguai e Paraguai).

O mercado interno exibe enorme aviltamento dos preços dos ladrilhos, enquanto chapas polidas alcançam preços mais adequados, bem como chapas para mesa de sinuca e bilhar. Como existem inúmeras empresas informais que serram placas, que concorrem entre si de modo não cooperativo, explica-se os baixos valores dos ladrilhos.

Não existem ações de marketing, visando passar ao consumidor informações de qualificação e modernização tecnológica.

Os principais impactos ambientais envolvem as pilhas de rejeito das lavras e das unidades de beneficiamento (estas, em maioria, em zonas urbanas), além de efluentes líquidos. É necessário atender às normas ambientais e recuperar as áreas de lavra, considerando-se as especificidades e possibilidades técnico-econômicas do setor. Por outro lado é preciso credenciar as ardósias de Minas Gerais junto ao mercado internacional, pois cada vez mais se exigirá "selo verde".

As ardósias constituem material abundante e mundialmente conhecido e explotado, inclusive em países que adotam rígidas normas técnicas, trabalhistas, fiscais e ambientais. Por isso se faz necessário preservar, regularizar e disciplinar o segmento produtor de ardósias em Minas Gerais. Tanto construções de alto padrão como moradias populares usam ardósias. Isso aponta para a necessidade de regular e dinamizar o setor, que depende, em última análise, da lavra e beneficiamento.

Fator importante na dinamização do setor é a questão do transporte; do mesmo modo, linhas de crédito e financiamento adequados precisam ser criadas.

É necessário desenvolver o conhecimento geológico, para suporte da qualificação, lavra e beneficiamento das ardósias. Por outro lado o estabelecimento de distritos industriais e áreas específicas de bota-fora de rejeito são importantes. O aprimoramento do conhecimento geológico envolve mapeamento sistemático, sondagem prospectória regional, levantamentos geofísicos e análises laboratoriais (químicas, petrográficas, tecnológicas).

Trabalhos conjuntos entre DNPM, FEAM e setor produtivo permitirão estabelecer termos de referência ambiental específicos. Um criterioso estudo mercadológico permitirá realçar, certamente, as melhores oportunidades de negócios com ardósias.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se, há algum tempo, que o Estado de Minas Gerais dispõe de importantes reservas de ardósia de excelente qualidade, mas essas reservas não receberam, até o presente, atenção maior, tanto de organismos governamentais como de produtores. Pode-se afirmar que os estudos existentes são fragmentários, não se dispondo de nenhum estudo mais abrangente, incluindo investigações geológicas, perfil de extração e beneficiamento, dados técnico-econômicos e mercadológicos e avaliação de alternativas para aproveitamento e disposição de rejeitos.

Os mapas geológicos existentes não contemplam as ardósias nem como tema principal nem como tema secundário.

O crescente incremento na produção de ardósias, bem como sua exportação como produto acabado, conduziram o Governo do Estado de Minas Gerais a estabelecer um "Programa de Avaliação de Ardósias", empreendimento executado pela Secretaria de Estado de Minas e Energia - SEME, através de convênio firmado entre a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG e a Fundação Gorceix.

Os estudos foram realizados sob a coordenação do geólogo João Henrique Grossi Sad (GEOSOL - Geologia e Sondagens Ltda.) e a equipe executora incluiu os geólogos Cid Chiodi Filho e Denize Kistemann Chiodi (Kistemann & Chiodi Assessoria e Projetos Ltda.) além do coordenador.

Os levantamentos foram efetuados entre janeiro e maio de 1998 e tiveram, como objetivo central, a elaboração de um diagnóstico técnico-econômico sobre o setor de ardósias em Minas Gerais. Foram contemplados nos levantamentos e cotejados para o diagnóstico, aspectos geológicos, tecnológicos e mercadológicos relativos às atividades mínero-industriais do setor.

As seguintes atividades foram cumpridas no transcorrer dos trabalhos:

- compilação de dados bibliográficos, incluindo levantamento de informações sobre direitos minerários no Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM;
- cadastramento das frentes de lavra e das variedades comerciais produzidas, com documentação fotográfica e coleta de amostras para análises químicas e petrográficas;
- visita a empresas de beneficiamento, instaladas na região produtora e representativas dos principais segmentos de mercado atendidos;
- levantamentos geológicos de campo na região de lavra das ardósias;
- organização e tratamento das informações compiladas, com suporte de análise multiespectral de imagens de satélite para aspectos geológicos e fisiográficos;
- consolidação do relatório final das atividades desenvolvidas e resultados obtidos; e
- realização de *workshop* na COMIG, em 21/05/98, para apresentação e discussão do diagnóstico elaborado.

Os autores são devedores a muitas empresas e pessoas pelo apoio oferecido durante a realização da investigação, em especial aos produtores e à Prefeitura do Município de Papagaios.

Deve ser ressaltado o interesse e a assistência prestada pelo Presidente da COMIG, Dr. Carlos Cotta, bem como do geólogo Marcelo Arruda Nassif, da mesma instituição.

As pessoas das companhias mineradoras e de beneficiamento em toda a região produtora de ardósias foram de extrema utilidade na realização do Programa. Por serem numerosas, não se faz aqui menção nominal; os autores são gratos porque essas pessoas tornaram muito proveitoso o trabalho de campo.

As listagens de empresas fornecidas pelas prefeituras dos municípios produtores, o roteiro dos trabalhos de campo, as fitas gravadas durante estes trabalhos bem como sua transcrição estão à disposição dos interessados, na COMIG.

2 A IMPORTÂNCIA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO

2.1 SITUAÇÃO MUNDIAL

As rochas ornamentais e de revestimento definem uma das mais promissoras áreas de negócio no segmento mínero-industrial, com crescimento médio da produção mundial estimado em 6% ao ano nos últimos 10 anos.

A década de 90 é por isso considerada a nova "idade da pedra", assumindo-se que as transações comerciais de materiais brutos e acabados atinjam US$ 6 bilhões/ano no mercado internacional e US$ 7 bilhões/ano nos mercados internos dos países produtores; ademais, estima-se que os negócios com máquinas, equipamentos, insumos, materiais de consumo e prestação de serviços movimentem outros US$ 5 bilhões/ano.

O crescimento do setor pode ser comprovado referindo-se que a produção mundial evoluiu de 1,5 milhões t/ano, na década de 20, para um patamar atual de 43 milhões t/ano (Quadro 2-1). Tal incremento foi determinado tanto por novos tipos de utilização das rochas nas paisagens urbanas, sobretudo no que se refere a obras de revestimento, quanto por novas tecnologias de extração, manuseio, transporte e beneficiamento de blocos.

Os avanços tecnológicos permitiram o aproveitamento e difusão de diversos tipos de rochas anteriormente não comercializadas, sobretudo silicáticas e silicosas. As novas utilizações viabilizaram soluções estéticas e funcionais muito interessantes e confiáveis na construção civil. Cerca de 80% da produção mundial é transformada em chapas e ladrilhos para revestimento de edificações, 15% é desdobrada em peças para arte funerária e 5% para outros campos de aplicação.

Aponta-se que aproximadamente 31% da produção mundial, correspondente a 13,4 milhões t/ano, é colocada no mercado internacional. Em volume físico, 57,5% das exportações ainda correspondem a materiais brutos (blocos), apesar do incremento de 81% das exportações de beneficiados no período de 1989 a 1995. Globalmente, registra-se um incremento médio anual de 10% no valor das exportações.

É notável que apenas 30 países apresentem produção noticiada superior a 100.000 t/ano. Em base do perfil de atividades, os países que desenvolvem negócios mais expressivos são enquadrados em três grupos distintos: produtores, consumidores e produtores/ consumidores.

O grupo dos países principalmente produtores, no qual se inclui o Brasil, exporta sobretudo material bruto selecionado para um conjunto restrito de países consumidores. A mudança no sentido da exportação de produtos acabados / semi-acabados, demanda investimentos consideráveis em recursos humanos e financeiros.

Os dez maiores países consumidores na década de 90, são a Itália, Espanha, Alemanha, Grécia, França, EUA, Coréia do Sul, Taiwan, Japão e China, responsáveis por uma média de 60-65% do consumo mundial. Em alguns desses países o consumo per capita atinge 60 kg/ano, com destaque para a Itália e Grécia.

Os países recentemente salientados quanto ao crescimento da produção, são a China, Turquia, Índia, México, França, Grécia e Brasil. A China, Itália, Espanha, Índia, EUA, África do Sul, Zimbabwe, Noruega, Portugal, Finlândia e Brasil, que se destacam quanto ao crescimento do volume físico total de exportações. Os maiores incrementos nas exportações de produtos beneficiados, são registrados para a Itália, China, Espanha, Índia, Portugal, Finlândia, Brasil, EUA e Canadá.

Em termos do consumo mundial de chapas, algumas projeções apontam incremento dos atuais 400 milhões m^2/ano para 500 milhões no ano 2000. Na ponta da

produção, esse incremento representaria passagem de 40 milhões t/ano para 50 milhões no ano 2000.

A média dos preços internacionais para granitos situa-se entre US$ 500-800/m^3, incluindo-se, no caso, os granitos brasileiros. Os preços do mercado internacional estiveram historicamente situados em patamares mais elevados e referiam-se sobretudo à cotação dos mármores. As cotações médias de preço dos mármores (US$ 1.000 e 1.500/m^3), são ainda superiores às dos granitos.

Quadro 2-1. Oferta Mundial de Rochas Ornamentais e de Revestimento - 1996

PAÍSES	PRODUÇÃO		EXPORTAÇÃO							
			Rochas Carbonatadas em Bruto		Rochas Silicatadas em Bruto		Rochas Processadas		Total	
	x 10^3 t	%	x 10^3 t	%	x 10^3 t	%	x 10^3 t	%	x 10^3 t	%
Brasil	2.062 (1)	4,8	12,2	0,8	668,2 (2)	10,8	71,6 (3)	1,3	752	5,6
Itália	7.500 (4)	17,5	635	40,9	170	2,7	2.384	41,9	3.189	23,8
China	5.800	13,5	-	-	1.128	18,3	1.217	21,4	2.345	17,5
Espanha	4.000 (4)	9,3	154	9,9	465	7,5	413	7,3	1.032	7,7
Portugal	1.500	3,5	108	7,0	174	2,8	215	3,8	497	3,7
Índia	1.900	4,4	43	2,8	1.204	19,5	215	3,8	1.462	10,9
Grécia	2.050	4,8	51	3,3	-	-	206	3,6	257	1,9
Turquia	1.200	2,8	61	3,9	-	-	140	2,5	201	1,5
Coréia do Sul	1.350	3,1	-	-	78	1,3	92	1,6	170	1,3
França	1.600	3,7	46	3,0	-	-	89	1,6	135	1,0
Taiwan	350	0,8	2	0,1	5	0,1	60	1,1	67	0,5
EUA	1.450	3,4	11	0,7	204	3,3	48	0,8	263	2,0
Alemanha	600	1,4	28	1,8	-	-	45	0,8	73	0,5
África do Sul	900	2,1	-	-	777 (5)	12,6	-	-	777	5,8
Finlândia	450	1,0	-	-	238	3,9	-	-	238	1,8
Noruega	300	0,7	-	-	222	3,6	-	-	222	1,6
Canadá	400	0,9	-	-	110	1,8	-	-	110	0,8
Outros	9.488	22,1	399,8	25,7	720,8	11,7	487,4	8,5	1.608	12,0
TOTAL	42.900	99,8	1.551	100	6.164	100	5.683	100	13.398	99,9

Fonte: DNPM. Sumário Mineral Rochas Ornamentais e de Revestimento, 1997 (inédito). (1) Apenas blocos de mármores e granitos. (2) Também inclui granitos, arenito, basalto, quartzito e pedras para calcetar. (3) Inclui ardósia e outras pedras. (4) Cerca de 15% foi produção de "outras pedras". (5) Inclui o Zimbabwe. (-) Dado nulo.

2.2 SITUAÇÃO BRASILEIRA

O quadro setorial brasileiro pode ser ilustrado pela produção de 500 a 550 tipos comerciais de rochas, entre granitos, mármores, quartzitos, ardósias e serpentinitos, derivados de 1.000 a 1.200 jazidas. São registradas cerca de 300 empresas mineradoras e 250 empresas de beneficiamento de blocos, operando aproximadamente 1.400 teares, além de 6.000 marmorarias.

Refere-se que 180 razões sociais participam de exportações e 150 de importações de rochas no Brasil. Estima-se que 70% da produção e 80% do consumo brasileiro, sejam devidos à região sudeste e particularmente à Minas Gerais e Espírito Santo, no caso da produção. Apenas no mercado interno, as transações comerciais com rochas atingem US$ 600 milhões/ano, US$ 540 milhões dos quais relativos à venda de chapas e US$ 60 milhões, à de blocos.

Segundo dados do Sumário Mineral Brasileiro - SMB, a produção nacional de granitos e mármores situou-se em um patamar de 2,06 milhões de toneladas no ano de 1996. Essa produção, da qual os granitos perfazem 80% e os mármores 20%, teria sofrido incremento de 9,0% de 1995 para 1996.

Ainda de acordo com o SMB, de 1995 para 1996 as exportações brasileiras de granitos e mármores sofreram incremento de 12,0% em valor e 8,9% em peso, totalizando respectivamente US$ 152,6 milhões e 752.000 t. Em volume físico as rochas processadas representaram 9,5% do total exportado, enquanto em valor (US$ 51,84 milhões) corresponderam a 33,9% do faturamento, neste caso com incremento de 14,2% em relação a 1995.

Referências da Secretaria de Comércio Exterior - SECEX, sobre as exportações brasileiras, apontaram faturamento de US$ 138,79 milhões em 1996 e de US$ 173,18 milhões em 1997, portanto com incremento de 24,77%. O faturamento das exportações de "granitos" talhados ou serrados (NBM/ SH6802.23.0000) teria sido de US$ 38,97 milhões em 1996 e de US$ 51,03 milhões em 1997, com incremento de 30,94%.

Apesar dos incrementos nas exportações de rochas processadas, em 1996 o Brasil ainda ocupou a 10ª. posição no mercado mundial e sua participação relativa foi de apenas 1,3% em volume físico e 1% do faturamento, bastante aquém da posição da China e Índia, que são nossos mais diretos concorrentes.

Cerca de 60% de nossas exportações, em volume físico, são canalizadas para a Itália. Esse índice sobe para 80%, quando se considera toda a Europa. Os países do MERCOSUL, no ano de 1993, absorveram apenas 1% do volume físico de nossas exportações, respondendo por 2,1% do faturamento.

No quadro do SMB, as importações brasileiras cresceram substancialmente em 1996, seguindo uma tendência forte de incremento, em valor e volume físico, a partir de 1993. Os números apresentados para 1996, totalizaram 43.231 t (+38%) e US$ 21,57 milhões (+28%), com 92% em peso correspondentes sobretudo a chapas de mármores e travertinos.

Segundo dados do SECEX, as importações brasileiras totalizaram US$ 21,43 milhões em 1996 e US$ 28,03 milhões em 1997, portanto com incremento de 30,79%. A evolução recente dos quadros de importação e exportação brasileiras de rochas processadas, evidencia maior crescimento relativo das importações.

Pelas bases de cálculo do SMB, o consumo interno aparente foi de 1,36 milhões de toneladas no ano de 1996, 7,0% superior ao de 1995. Esse valor seria equivalente a 17,6 milhões de m^2/ano e corresponderia a 3% do consumo mundial de chapas, traduzindo um consumo per capita de 7 a 8 kg/ano de mármores e granitos. Se considerados os quartzitos, ardósias e pedra miracema, outras estatísticas apontam 50 milhões de m^2/ano de consumo para o Brasil.

A posição brasileira em termos mundiais é assim bastante significativa; respondendo em 1996 por 4,8% da produção de granitos e mármores, 10,8% das exportações de granitos brutos, 0,8% das exportações de mármores brutos, 5,6% do volume físico total de exportações, 1,3% da exportação de beneficiados e 2,4% em faturamento. Esses números colocam o Brasil como o 5°. maior exportador em volume físico, atrás da Itália, China, Índia e Espanha; 4°. maior exportador de granitos brutos, atrás da China, Índia e África do Sul; e, 10°. maior exportador de beneficiados.

Em base do exposto registra-se a importância atribuída ao setor e esforços recentes para o seu desenvolvimento, sobretudo através de iniciativas governamentais. Por exemplo, como resultado mais recente dos trabalhos da SECEX e do DECEX, o Brasil foi pela primeira vez representado por estande institucional em um evento internacional do setor (Feira de Verona - Itália, setembro/97).

2.3 SITUAÇÃO DE MINAS GERAIS

Produção

Minas Gerais é o principal produtor nacional de rochas ornamentais e de revestimento, com destaque para granitos, quartzitos, ardósias e pedra sabão. Para granitos, o estado responde por 30% da produção e 40% das exportações brasileiras, enquanto para quartzitos, ardósias e pedra sabão, responde pela totalidade das exportações.

Em contrapartida, é o menos expressivo centro de beneficiamento da região sudeste brasileira, com déficit tanto quantitativo quanto qualitativo para serragem, polimento e acabamento de chapas de mármores e granitos.

A produção total de rochas de ornamentação e revestimento, em Minas Gerais, é estimada em 1,13 milhões de t/ano, 500 mil das quais relativas a granitos, 410 mil a ardósias, 200 mil a quartzitos, 9 mil a mármores e 11 mil a pedra sabão, que compõem cerca de 150 tipos comerciais negociados nos mercados externo e interno. A atual produção de serpentinitos, também lavrados no Estado, é atualmente pouco expressiva frente às demais rochas. Uma síntese quantitativa é apresentada no Quadro 2-2.

Quadro 2-2. Produção Total de Rochas Ornamentais e de Revestimento em Minas Gerais

Produção anual Material	Toneladas	Metros Cúbicos	Metros Quadrados	Observações
Granitos	500.000	170.000	-	80% exportada
Ardósias	410.000	-	15.000.000	Chapas de 1 cm de espessura
Quartzitos	200.000	-	3.500.000	Chapas de 2 cm de espessura média
Mármores	9.000	3.000	90.000	Tipo Aurora, Verde Jaspe, Preto Florido
Serpentinitos	?	?	?	Produção ignorada (Rosso Sacramento)
Pedra-sabão	11.000	3.600	-	Não inclui pedra-talco
Total	1.130.000			

- **Granitos**

A lavra de granitos é efetuada em sete diferentes regiões, designadas como centros produtores Oeste, Sul, Medina (Norte), Guanhães, Aimorés, Mantena e Carlos Chagas. Os principais materiais lavrados referem-se a granitos movimentados, com tipos homogêneos associados sobretudo a Aimorés e Medina. Os centros produtores oeste e sul concentram cerca de 70 frentes de lavra e respondem respectivamente por 70% e 15% da produção do Estado, abrangendo os municípios de Candeias, Camacho, Formiga, Itapecerica, Lavras, São Francisco de Paula, Carmo da Mata, Campo Belo, Cláudio, Oliveira, Caldas, Serrania, Passa Quatro, Consolação e Campos Gerais.

Como aspecto muito favorável na atividade extrativa, assinala-se o incremento da lavra de granitos em maciços rochosos, com utilização de técnicas de corte a frio (sem explosivos e maçaricos) para desmonte dos blocos, sobretudo nos centros produtores Oeste e Sul do Estado. Como aspecto negativo destaca-se a falta de pesquisa geológica para qualificação de jazimentos, registrando-se uma baixa seletividade das frentes de lavra e portanto um alto índice de abandono dessas frentes.

Outra questão comum é a irregularidade das empresas extratoras frente ao DNPM e FEAM. A falta de termos de referência técnicos e legais para lavra, recuperação de áreas, aproveitamento e disposição de rejeitos, impõe dificuldades e induz essas irregularidades no setor produtivo.

Problemas de impacto ambiental relativos à lavra já são reportados no Centro Produtor Oeste e mais intensamente no município de Candeias, devendo-se equacionar essa demanda para obtenção do selo verde das rochas mineiras no mercado internacional.

- **Quartzitos**

Os quartzitos lavrados em Minas Gerais são mais ou menos flexíveis e desenvolvem desplacamento em planos preferenciais de foliação, determinados sobretudo pelo aleitamento metamórfico de micas (minerais placóides). Sua ocorrência é regionalmente associada a seqüências metassedimentares do Proterozóico Médio e Superior (1,4 bilhões a 600 milhões de anos de idade), destacando-se as unidades geológicas designadas grupos Minas, Araxá, Canastra, São João Del Rei/Andrelândia e Espinhaço.

O principal centro produtor localiza-se na região de São Tomé das Letras, tendo-se as demais ocorrências assinaladas em Alpinópolis, Luminárias, Baependi, Conceição do Ri Verde, Ouro Preto e Diamantina. Registra-se expressiva qualificação comercial e crescimento da exportação dos quartzitos São Tomé, sobretudo para as variedades menos friáveis e, portanto, mais resistentes ao desgaste abrasivo.

As designações comerciais são aplicadas sem o rigor técnico desejável, anotando-se Quartzito São Tomé, Carrancas, Carranquinhas, Luminárias, Rio Verde, Ouro Preto, entre outras.

- **Ardósias**

Toda a produção de ardósias de Minas Gerais é derivada da região de Papagaios, Curvelo, Pompéu, Paraopeba, Caetanópolis, Felixlândia, Leandro Ferreira e Martinho Campos, associando-se à seqüência neo-proterozóica (500 a 600 milhões de anos) inseridas no Supergrupo Bambuí.

As principais variedades comerciais produzidas são designadas como Ardósia Cinza, Verde, Grafite, Preta, Ferrugem e Matacão. Todas essas variedades são qualificadas para o mercado internacional, registrando-se que as exportações de chapas e lajotas, para o continente europeu, quase duplicaram a cada ano nos últimos 3 anos. A produção atual totaliza cerca de 410.000 t/ano, que desdobram aproximadamente 15 milhões de m^2 de chapas e ladrilhos. Informações mais detalhadas sobre aspectos técnicos e econômicos, são apresentadas em outra parte do texto e anexos.

- **Mármores**

A produção de mármores no Estado é decrescente, com atividades extrativas preservadas para os mármores do tipo Aurora, em Cachoeira do Campo, e do tipo Verde Jaspe em Campos Altos. No início da década de 90, outros três centros extrativos (Cardeal Mota, Monjolos e Mar de Espanha) participavam de uma produção anual que totalizava

cerca de 15.000t. Esse conjunto de áreas, baliza o potencial para produção de mármores nas unidades geológicas dos grupos Bambuí, Minas e Paraíba do Sul, entre outros.

- **Pedra-Sabão, Esteatitos (Pedra-Talco) e Serpentinitos**

No conjunto das rochas de derivação ultramáfica (rochas pobres em sílica), registra-se a ocorrência de serpentinitos e esteatitos (pedra-sabão) associados ao Supergrupo Rio das Velhas e seqüências crono-correlatas (idades superiores a 2 bilhões de anos). A lavra de serpentinitos (mármores verdes) está sendo retomada no município de Lafaiete, ao sul de Quadrilátero Ferrífero. A exploração de esteatitos para estatuária, artesanato, panelas e peças de lareira, é registrada nas proximidades de Cachoeira do Campo e Ouro Preto. A produção anual de pedra- sabão é estimada em 11.000 t, registrando-se o aumento das exportações de peças padronizadas de lareiras e fornos para o mercado europeu, sobretudo o alemão. Foi recentemente anunciado o início de comercialização de um novo material serpentinítico de Minas Gerais, designado "Rosso Sacramento", aparentemente lavrado na região de Araxá .

Parque Industrial de Beneficiamento

A indústria de beneficiamento de granitos e mármores em Minas Gerais, é a menos expressiva da região sudeste brasileira, com déficit quantitativo e qualitativo para serragem e polimento.

A capacidade de serragem, definida pelo registro de 55 teares instalados, não atende a 10% da produção de granitos do Estado. Plantas de serragem são anotadas sobretudo na Região Metropolitana de Belo Horizonte, com atividades também observadas no Vale do Aço, no Vale do Rio Grande e em alguns dos municípios integrados ao Centro Produtor Oeste.

O polimento, esquadrejamento e acabamento de chapas e outras peças, são executados principalmente em marmorarias, também mais concentradas na Região Metropolitana de Belo Horizonte.

A maior parte das atividades de beneficiamento praticadas em Minas Gerais, é relativa aos quartzitos, ardósias, mármores e pedra sabão produzidos no Estado. Os quartzitos e ardósias, com seus planos preferenciais de descontinuidade físico-mecânica, permitem a extração direta de placas a partir dos maciços rochosos; o beneficiamento dispensa assim a serragem em teares, incluindo apenas levigamento/calibração, acabamento de superfícies e esquadrejamento das chapas. Para a pedra sabão e esteatitos, refere-se principalmente o acabamento em esculturas, panelas, chapas para preparação de alimentos e peças de lareira, estas últimas padronizadas para exportação. Para os mármores a retomada da produção de Cachoeira do Campo e Campos Altos, viabilizou a serragem de blocos e polimento de chapas.

Comercialização

Cerca de 300-350 mil toneladas de granitos produzidos em Minas Gerais, são anualmente comercializadas no mercado externo, sobretudo o europeu, gerando entre US$ 35 e 40 milhões de faturamento. Em valor, cerca de 98% do total exportado corresponde a material bruto (blocos). Em volume, cerca de 90% do total de granitos exportados, são derivados dos centros produtores Oeste e Sul.

Estima-se que 80% do material exportado seja comercializado através de contratos de exclusividade celebrados entre o produtor/minerador e o comprador/ exportador. Muitas vezes, os grandes compradores financiam a produção das rochas de maior interesse, acentuando a dependência de algumas empresas extratoras e determinando o conceito que nossas exportações, em geral, são compradas e não vendidas.

Os contratos de exclusividade vigentes para os granitos, dificultam e, muitas vezes, até impossibilitam a distribuição dos melhores materiais extraídos no mercado interno. Esse mecanismo tanto inibe a categorização, valorização e divulgação dos granitos mineiros nos grandes centros consumidores da região sudeste, quanto restringe a possibilidade de sua exportação como produtos acabados/semi-acabados.

Ademais, pelas condições comerciais vigentes para o mercado interno da região sudeste, que tem sua principal demanda ainda - e infelizmente - calcada no preço de venda dos materiais, o Estado de Minas Gerais não desenvolveu bases de competitividade com o Espírito Santo.

O mesmo não acontece com quartzitos, ardósias e esteatitos, colocados amplamente nos mercados da região sudeste, bem como comercializados na forma de produtos acabados e semi-acabados no mercado internacional. Em relação aos mármores, toda a produção é comercializada no mercado interno, com destaque para o tipo Aurora Pérola.

Apesar do grande potencial geológico, da boa infra-estrutura de transporte e da posição privilegiada em relação aos mercados da região sudeste e aos principais portos exportadores, Minas Gerais ainda se coloca como um grande centro produtor e exportador de blocos, agregando valores pouco significativos, sobretudo na comercialização de granitos.

A mudança do perfil de negócios depende da verticalização do setor produtivo, tanto de ardósias e quartzitos, quanto principalmente de mármores e granitos. Tal verticalização ocorrerá pela montagem de plantas e/ou pólos de beneficiamento, junto aos principais centros produtores, para serragem de blocos e acabamento de chapas, visando os mercados interno e externo.

Programas de Fomento

Existem atualmente três núcleos de trabalho ligados ao setor de rochas no Estado de Minas Gerais, congregando instituições públicas e privadas.

O mais antigo, sob responsabilidade do SENAI, é designado *"Programa Multiregional de Apoio à Modernização do Setor de Mármores e Granitos"*, com equipes atuantes tanto em Minas Gerais quanto nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Espírito Santo, Bahia e Ceará. Seu principal objetivo é agregar competência técnica sobre o setor, visando ministrar cursos para formação de mão-de-obra especializada. Também é almejada a assistência técnica dentro das empresas, visando otimização de processos e racionalização de custos, ou seja, aumento de produtividade.

Outro grupo de trabalho atuante no âmbito do Estado, está ligado ao *"Programa Estadual de Extensão Tecnológica - PEET"*, da Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia. Esse grupo tem a participação e apoio do SIMAGRAN-MG, CETEC, UFMG e FIEMG, neste último caso através do próprio SENAI e do SEBRAE e IEL. Seu objetivo maior é estimular o desenvolvimento do setor em Minas Gerais, promovendo ações de marketing, divulgação e fomento, bem como a formação de recursos humanos.

O terceiro grupo de trabalho em âmbito estadual, envolve a montagem de um laboratório de caracterização tecnológica de rochas e minerais industriais, com ênfase para as rochas ornamentais e de revestimento. Esse projeto, apresentado pelo CPMTC/ UFMG à FAPEMIG com apoio de convênio firmado entre a UFMG e o Sistema FIEMG, também objetiva a criação de curso de especialização para profissionais do setor.

Pode-se assim referir que os três grupos ou vertentes de trabalho no Estado, identificados pelo SENAI, PEET e CPMTC/UFMG, estão atuando de forma integrada e desenvolvendo ações complementares para o setor. Esses grupos têm permitido nuclear,

de forma tecnicamente adequada, temas de abordagem afetos ao setor de rochas em Minas Gerais.

Também a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG e o Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais - INDI, estão integrados a esse esforço de desenvolvimento, gerando e disponibilizando informações técnico-econômicas e oportunidades negociais para investidores.

A partir do conjunto de trabalhos desenvolvidos pelas empresas e instituições atuantes no Estado de Minas Gerais, podem ser destacadas as seguintes realizações no biênio 1997-1998:

- participação institucional de Minas Gerais, com estandes promocionais, nas feiras de Cachoeiro de Itapemirim, São Paulo e Verona;

- desenvolvimento do Curso de Especialização para Rochas e Minerais Industriais através do Instituto de Geociências da UFMG;

- elaboração e divulgação, coordenadas pelo CETEC, de portfólio para parte significativa dos granitos produzidos no estado;

- início de elaboração de guia das marmorarias existentes em Minas Gerais, como referência para consumidores e formadores de opinião;

- início de programa de trabalho para caracterização do perfil técnico-econômico do segmento de ardósias, através de convênio entre a COMIG e Fundação Gorceix;

- definição de bases para elaboração de manual técnico sobre aspectos legais da lavra de rochas ornamentais e de revestimento, abordando questões afetas a meio ambiente e direitos minerários, através de acordo de cooperação firmado entre o SIMAGRAN e a Gerência de Meio Ambiente da FIEMG/SENAI;

- pesquisa geológica de ocorrências de granito, pela COMIG, objetivando novas oportunidades de lavra através de licitação pública de áreas favoráveis;

- início de desenvolvimento de projeto de pesquisa aplicada para otimização de granitos e mármores em revestimento, através de parceria entre a iniciativa privada e o Departamento de Materiais da Escola de Engenharia Civil da UFMG;

- orientação de teses de mestrado para estudo de jazimentos de granitos e mármores, através do Instituto de Geociências da UFMG;

- inclusão de abordagem da atividade extrativa da pedra São Tomé no Projeto Minas Ambiente, visando alternativas para disposição e aproveitamento dos rejeitos de lavra;

- realização de palestras técnicas e institucionais nas cidades de Candeias (segmento de granitos) e Três Corações (segmento de quartzitos), para divulgação de atividades, metas e perspectivas de trabalho do PEET e SIMAGRAN;

- montagem de estande do PEET/SIMAGRAN na V EXPOCIÊNCIA, realizada durante a 49ª. Reunião Anual da SBPC, em julho/97.

Adicionalmente, em 1998, destacam-se outras iniciativas de trabalho da COMIG, envolvendo qualificação de novas ocorrências favoráveis e o cadastramento das atividades de lavra e beneficiamento em Minas Gerais.

Principais Demandas

As principais demandas para o desenvolvimento do setor de rochas ornamentais e de revestimento, em Minas Gerais, são comuns às de outros estados brasileiros produtores.

Refere-se nesses casos à necessidade de controle censitário de informações técnicas e econômicas, capaz de produzir diagnósticos consistentes sobre volume de atividades, desempenho e perspectivas setoriais, para cada grupo de materiais com perfil mercadológico específico (granitos, mármores, quartzitos, ardósias e serpentinitos - esteatitos).

Trabalhos de cadastramento dos vários segmentos de atividades afetas ao setor, destacando-se os de lavra (empresas mineradoras, lavras ativas e tipos comerciais produzidos), beneficiamento (plantas de serragem e polimento), acabamento e aplicação (marmorarias), são fundamentais para o balizamento de ações de fomento e devem ser continuamente atualizados.

A definição de linhas de crédito, financiamento e incentivos fiscais, desburocratizadas e adequadas para as atividades produtivas, são também muito importantes e da mesma forma dependentes do diagnóstico setorial. A atração de investimentos/investidores e a obtenção de incentivos fiscais e tributários, estão condicionadas ao credenciamento do setor junto a governos estaduais e federal, o que também se remete à exposição de motivos de um diagnóstico setorial consistente.

Para Minas Gerais, onde são muito significativas as atividades extrativas, é oportuna a fixação de bases metodológicas adequadas para pesquisa geológica e lavra de maciços rochosos. Essas bases permitiriam tanto uma melhor seleção de frentes quanto uma maior recuperação na lavra, reduzindo-se os custos de produção e os impactos ambientais, bem como aumentando-se a competitividade do Estado nos mercados interno e externo.

É notório que todos os países historicamente atuantes e bem sucedidos no setor de rochas, alicerçaram seu desempenho nos segmentos de lavra e aplicação. Para Minas Gerais essa adequação depende do desenvolvimento da atividade extrativa e da competitividade no mercado interno, antes de um credenciamento efetivo no mercado externo de produtos acabados e semi-acabados. Deve-se orientar a qualificação de demandas, objetivando a modificação do atual perfil de atividades do setor no Estado.

Perspectivas Setoriais

A perspectiva de um melhor desempenho setorial em Minas Gerais, deve ser assumida como resultado do aumento de competitividade para obras de revestimento na construção civil, que consome 80% do total da produção. Essa competitividade diz respeito tanto à concorrência de materiais artificiais (cerâmicas, concretos estampados, vidros, metais e metalóides) e de rochas de outros estados produtores, quanto de rochas importadas.

Considerando-se que a maior parte e os melhores granitos produzidos em Minas Gerais são exportados como blocos, o aumento de competitividade só ocorrerá se esses bons materiais forem disponibilizados para o mercado interno. A colocação de blocos de primeira qualidade para as empresas brasileiras de beneficiamento, possibilitará a comercialização de produtos acabados e semi-acabados no mercado externo, bem como proporcionará a desejada competitividade frente aos materiais cerâmicos e rochas importadas, no mercado interno.

Seria importante avaliar a possibilidade de direcionamento de esforços para pólos regionais de industrialização, a exemplo de Cachoeiro de Itapemirim e Carrara, nos quais a diversidade e quantidade de empreendimentos potencializariam e dinamizariam a atividade produtiva. Pelos atributos reconhecidos, pode-se aventar quatro pólos dessa natureza em Minas Gerais: para granitos, no centro-oeste do Estado; para quartzitos, em São Tomé das Letras; para ardósias, em Papagaios; e, para serpentinitos/pedra-sabão, a região sul do Quadrilátero Ferrífero (Cachoeira do Campo-Conselheiro Lafaiete).

A partir dos atributos anteriormente referidos, bem como de uma base mais profissional de apoio e articulação do setor em Minas Gerais, pode-se projetar:

- produção total de 2,5 milhões de t/ano de rochas para ornamentação e revestimento;
- incremento das exportações de produtos acabados e semi-acabados, sobretudo de granitos e mármores;
- maior participação dos granitos mineiros no mercado interno;
- valorização dos produtos de quartzitos e ardósias, para o mercado interno;
- otimização da lavra de esteatitos/pedra sabão e abertura de novas frentes extrativas para serpentinitos;
- alocação de 10 a 12 mil empregos diretos e indiretos, com lavra, beneficiamento, transporte e outros serviços; e
- transações formais de US$ 500 milhões/ano no setor em Minas Gerais.

Essas metas são consideradas factíveis num horizonte de cinco anos.

3 PANORAMA DAS ARDÓSIAS EM MINAS GERAIS

3.1a CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA E SÓCIO-ECONÔMICA DA REGIÃO PRODUTORA

As áreas de extração e beneficiamento de ardósias de Minas Gerais concentram-se na Região Central do Estado, a uma distância média de 150 km de Belo Horizonte, no rumo noroeste, abrangendo totalmente o município de Papagaios e parcialmente os municípios de Caetanópolis, Felixlândia, Pompéu, Paraopeba, Curvelo, Martinho Campos e Leandro Ferreira (Fig. 3-1).

A região está morfologicamente inserida na denominada Depressão São-Franciscana, posicionada entre os chapadões sedimentares a oeste e os terrenos cristalinos mais antigos a leste. Neste contexto o relevo regional é suavemente ondulado, com altitudes máximas que não excedem 1.100 m (o ponto mais elevado é a Serra do Ibiruçu, com 1.065 m, na divisa dos municípios de Caetanópolis e Paraopeba) e cotas mínimas observadas na Represa de Três Marias (502 m), em Felixlândia.

O clima é quente e úmido, com duas estações bem marcadas: chuvosa, no verão, e de seca rigorosa no inverno. A temperatura média anual oscila entre 22°C e 24°C, com amplitude térmica anual de 7-9°C. O índice pluviométrico médio anual varia entre 1.200-1.300 mm, com máximas de 1.600 mm registradas em Leandro Ferreira e mínimas de 1.126 mm em Curvelo.

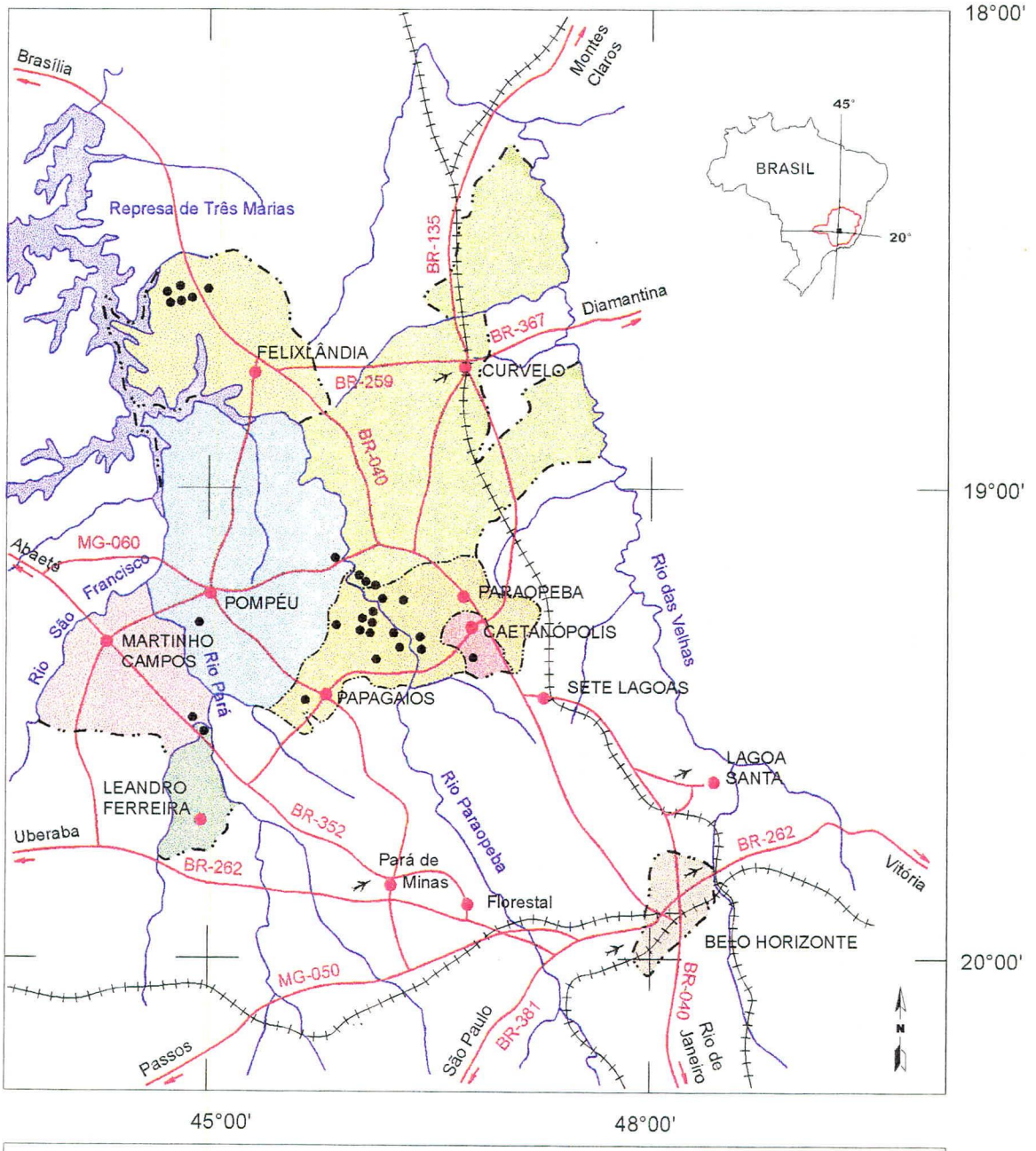
Em função das características do clima, do solo ácido e pouco fértil, e abundância da água de subsolo, desenvolveu-se uma vegetação predominantemente arbustiva, marcada pela presença de espécies arbóreas de pequeno a médio porte (3 a 6 m de altura), com troncos e galhos retorcidos, cascas grossas e copas irregulares, espalhadas em meio a coberturas descontínuas de gramíneas, e entremeadas por matas de galerias. A lixeira, o pau-terra, pequi, pau-santo, barbatimão, ipê e peroba do campo são representantes dessas espécies arbóreas e, das gramíneas, principalmente o capim-flecha e o barba-de-bode. Essa vegetação, típica de cerrado, foi devastada durante um ciclo extrativista que objetivou a produção de carvão vegetal, sobretudo a partir da década de 70.

A região é banhada pelo Rio São Francisco e afluentes da margem direita no seu alto curso (Rio Pará e Rio Paraopeba são os principais na região). O Rio São Francisco nasce na Serra da Canastra, localizada a sudoeste da região estudada, percorrendo 3.160 km até a sua desembocadura no Oceano Atlântico; sua bacia tem 670.000 km^2 de área, sendo a maior com ocorrência exclusiva em território nacional.

A Represa de Três Marias, formada pelo Rio São Francisco, compõe o limite noroeste da região de ocorrência de ardósias. Tem um volume de água de 20 bilhões de m^3, e além do suprimento hidrelétrico, destina-se principalmente a deter as enchentes do Rio São Francisco, garantindo neste os 2.000 km navegáveis durante o ano inteiro.

As principais vias de acesso rodoviário à região produtora de ardósias são a BR-040 para Caetanópolis, Felixlândia e Paraopeba, BR-135 para Curvelo, BR-262 para Leandro Ferreira, BR-262 e BR-352 para Martinho Campos e Papagaios, e MG-060 para Pompéu. O município de Curvelo é o único com acesso aeroviário e disponibilidade de rede ferroviária.

Todos os municípios produtores dispõem de rede de ensino de 1°. e 2°. graus e curso técnico de nível médio, com exceção de Leandro Ferreira que só tem o 1°. grau. Curvelo, além dos citados, tem ensino superior na área de ciências humanas e administrativas.



Fonte: Estado de Minas Gerais, Mapa Geopolítico; Escala, 1:1.500.000.Instituto de Geociências Aplicadas. (SECTMA/CETEC), 1994.

Ferrovia

Limite Municipal

Rodovia

Curso d' água

Aeroporto

Lavras de Ardósia

Sede de Município

Fig. 3-1. Localização das Áreas Produtoras de Ardósia

A digitalização deste mapa foi executada pela AJS Engenharia e Informática. A edição final foi elaborada pela COMIG, através do técnico em informática industrial Pedro Paulo da Luz.

A concessão para o abastecimento de água e saneamento básico é da COPASA, com exceção de Caetanópolis e Papagaios onde são efetuados pela prefeitura. A concessionária de energia elétrica para todos os municípios é a CEMIG. Leandro Ferreira e Papagaios não têm hospitais. Todos os municípios são servidos por rede bancária, sistema de telefonia por DDD e DDI, correios e telégrafos, hotéis e restaurantes. Os municípios de Pompéu, Paraopeba e Curvelo editam jornais, e Curvelo tem três emissoras de rádio.

Os dados censitários comparativos mostram que a população de Paraopeba e Papagaios dobrou de 1970 para 1996, provavelmente devido às atividades relacionadas com a extração, beneficiamento e industrialização de ardósia.

No "Perfil Sócio-Econômico dos Municípios Produtores de Ardósia", apresentam-se dados compilados e tabelados a partir de informações fornecidas pelo INDI - Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais (1997) e pela Secretaria de Estado da Cultura (1995). São contemplados, em um detalhamento por município, aspectos fisiográficos, infra-estrutura e serviços, dados censitários, arrecadação de impostos, distâncias rodoviárias e ferroviárias aos principais centros consumidores, informações sobre produtos agrícolas, pecuária, reflorestamento, consumo de energia elétrica e dados do censo cultural.

No transcorrer do presente estudo, foram solicitadas às prefeituras dos municípios produtores, informações mais atualizadas sobre empresas cadastradas ligadas ao setor de ardósias. As listagens recebidas foram incluídas como anexo deste relatório. Os totais de empresas são apresentados a seguir:

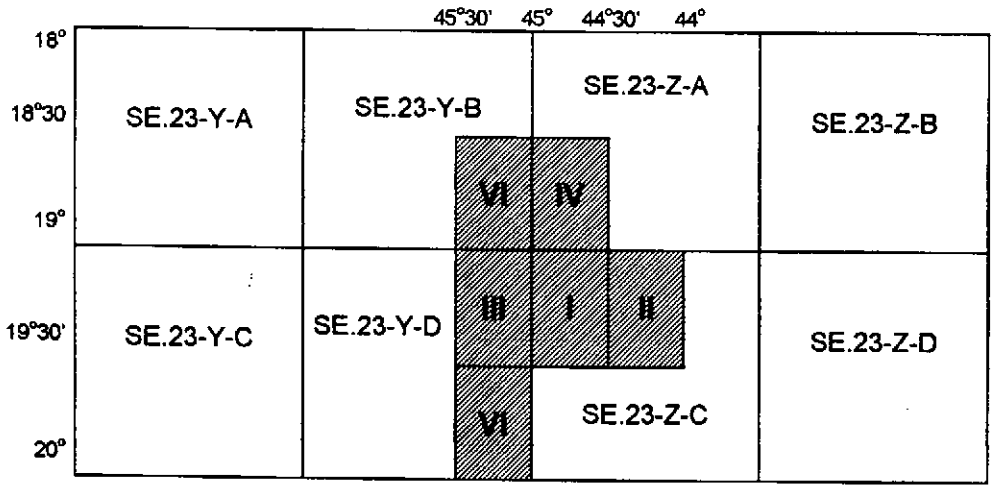
Município	**N°. Empresas do Setor de Ardósias**
Curvelo	40
Felixlândia	47 (16 indústrias extrativas)
Martinho Campos	2 (1 indústria extrativa)
Papagaios	314 (46 indústrias extrativas)
Paraopeba	110
Leandro Ferreira	0
Caetanópolis	não respondeu
Pompéu	não respondeu

A orientação dos trabalhos de campo foi referenciada através de bases plani-altimétricas na escala 1:100.000, editadas pelo IBGE (folhas Sete Lagoas, Pompéu, Abaeté e Bom Despacho) e Serviço Geográfico do Exército (folhas Morada Nova de Minas e Morro da Garça). Essas folhas estão inseridas nas bases plani-altimétricas de Três Marias, Bom Despacho, Curvelo e Belo Horizonte, escala 1:250.000, utilizadas na elaboração do Mapa Geológico-Mineiro.

Identificação das Folhas Topográficas Utilizadas

ESCALA 1:250.000		**ESCALA 1:100.000**	
SE.23-Y-B	TRÊS MARIAS	SE.23-Y-B-VI	MORADA NOVA DE MINAS
SE.23-Y-D	BOM DESPACHO	SE.23-Y-D-III	ABAETÉ
SE.23-Z-A	CURVELO	SE.23-Y-D-VI	BOM DESPACHO
SE.23-Z-C	BELO HORIZONTE	SE.23-Z-A-IV	MORRO DA GARÇA
		SE.23-Z-C-I	POMPÉU
		SE.23-Z-C-II	SETE LAGOAS

Articulação das Folhas Topográficas Utilizadas



A localização mais detalhada das 29 frentes de lavra de ardósia cadastradas no presente estudo, é mostrada nas Figs. 3-2, 3-3 e 3-4, tendo como fundo as bases topográficas na escala 1:250.000.

Relação das Lavras Cadastradas

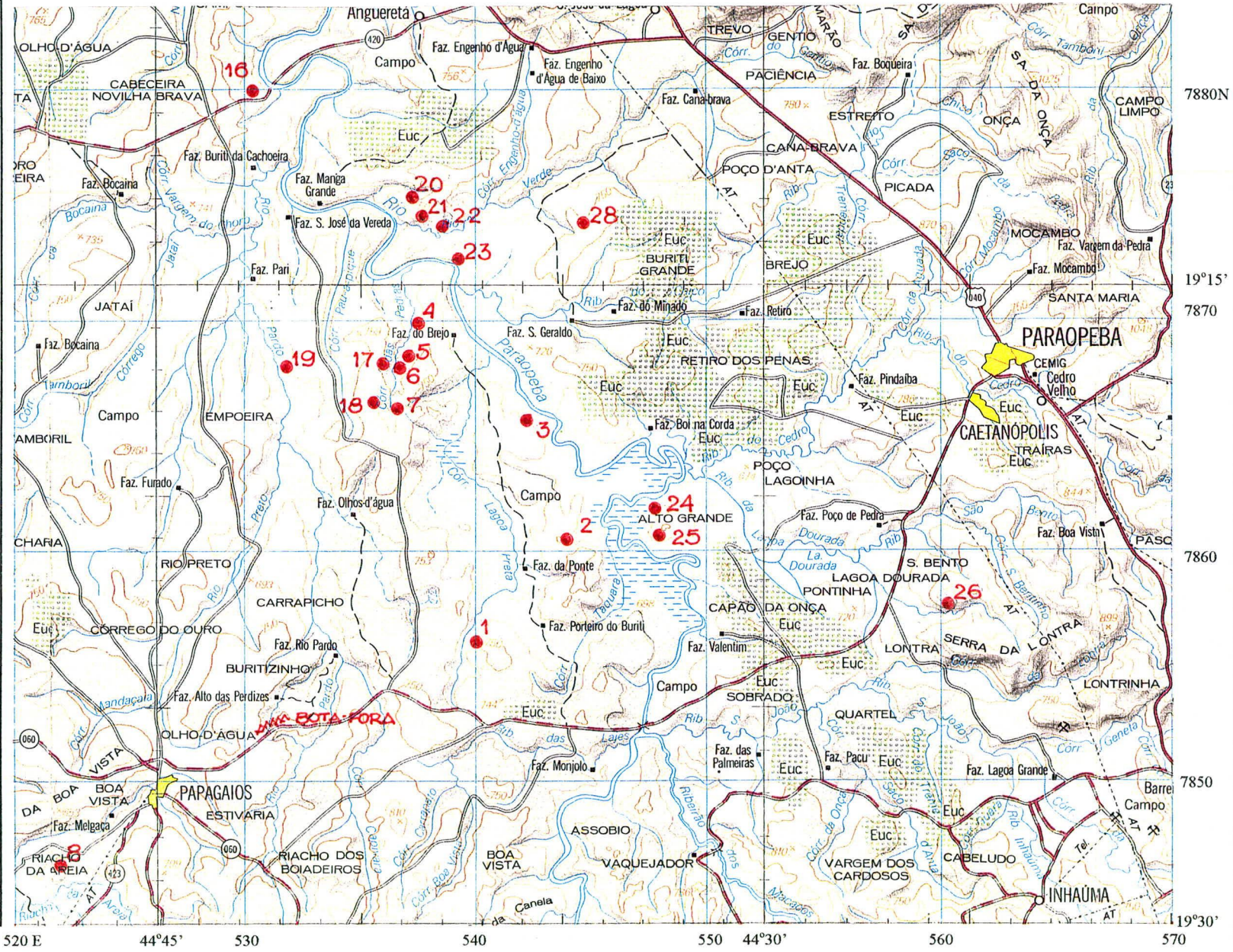
1 Fazenda Poço d'Anta
2 Fazenda Olhos d'Água
3 Fazenda Brejinho ou Paulo Bahia
4 Alto das Pedras / Fazenda Rio Preto
5 Alto das Pedras / Fazenda Rio Preto
6 Alto das Pedras / Fazenda Rio Preto
7 Alto das Pedras / Fazenda Rio Preto
8 Fazenda Boa Vista
16 Porto Mesquita
17 MICAPEL / Fazenda Vereda
18 Vereda
19 Rio Pardo
20 Rio Verde / Grota da Ardósia
21 Grota da Ardósia
22 Fazenda Grota Funda
23 Margem do Paraopeba
24 Alto Grande
25 Alto Grande / Tonico Reis
26 São Bento
28 Fazenda Guacho

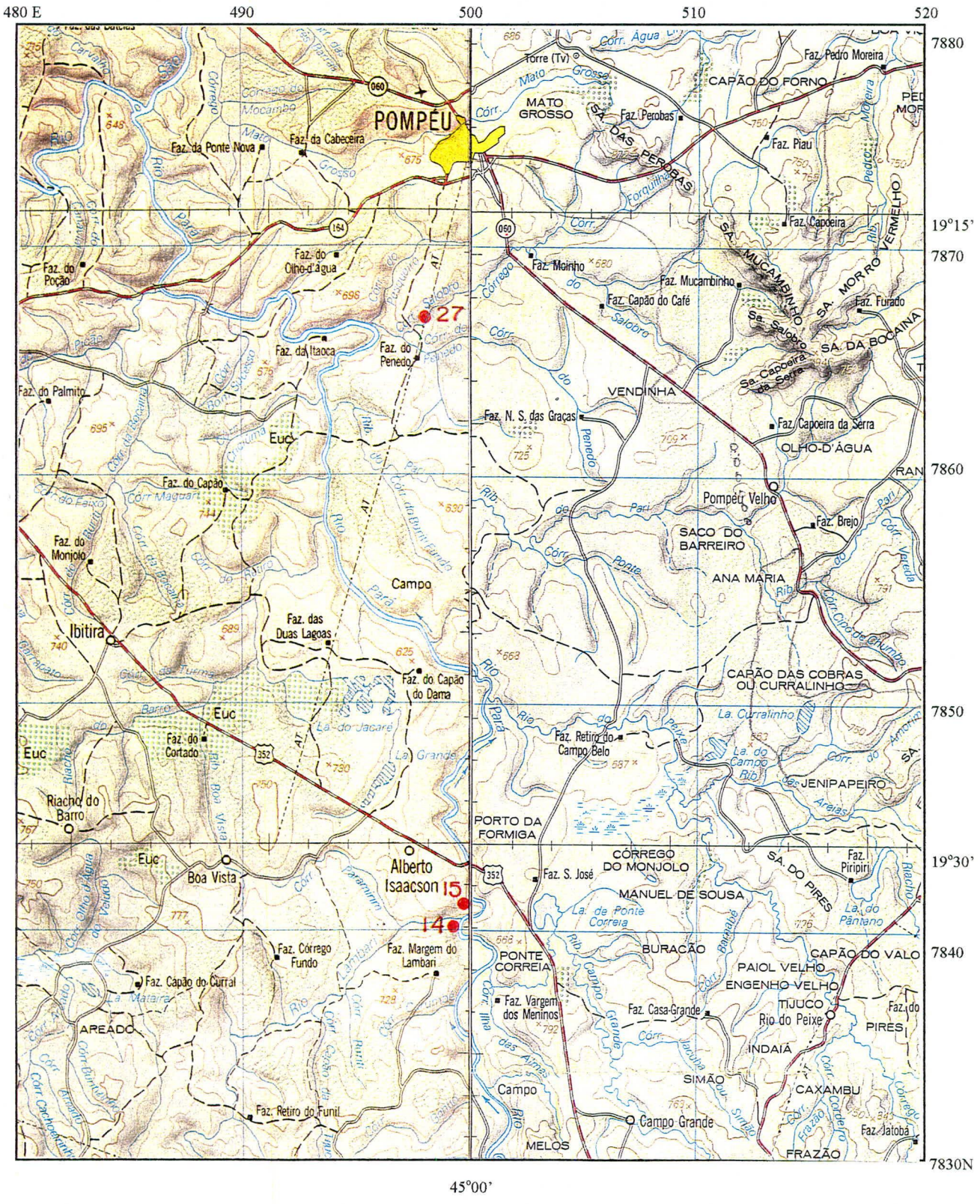
Base topográfica: Folha Belo Horizonte SE.23-Z-C, IBGE, 1979, escala 1:250.000

N

0 2,5 5 7,5 10 km

Figura 3-2 - Localização das Lavras da Região de Papagaios - Paraopeba





Relação das Lavras Cadastradas

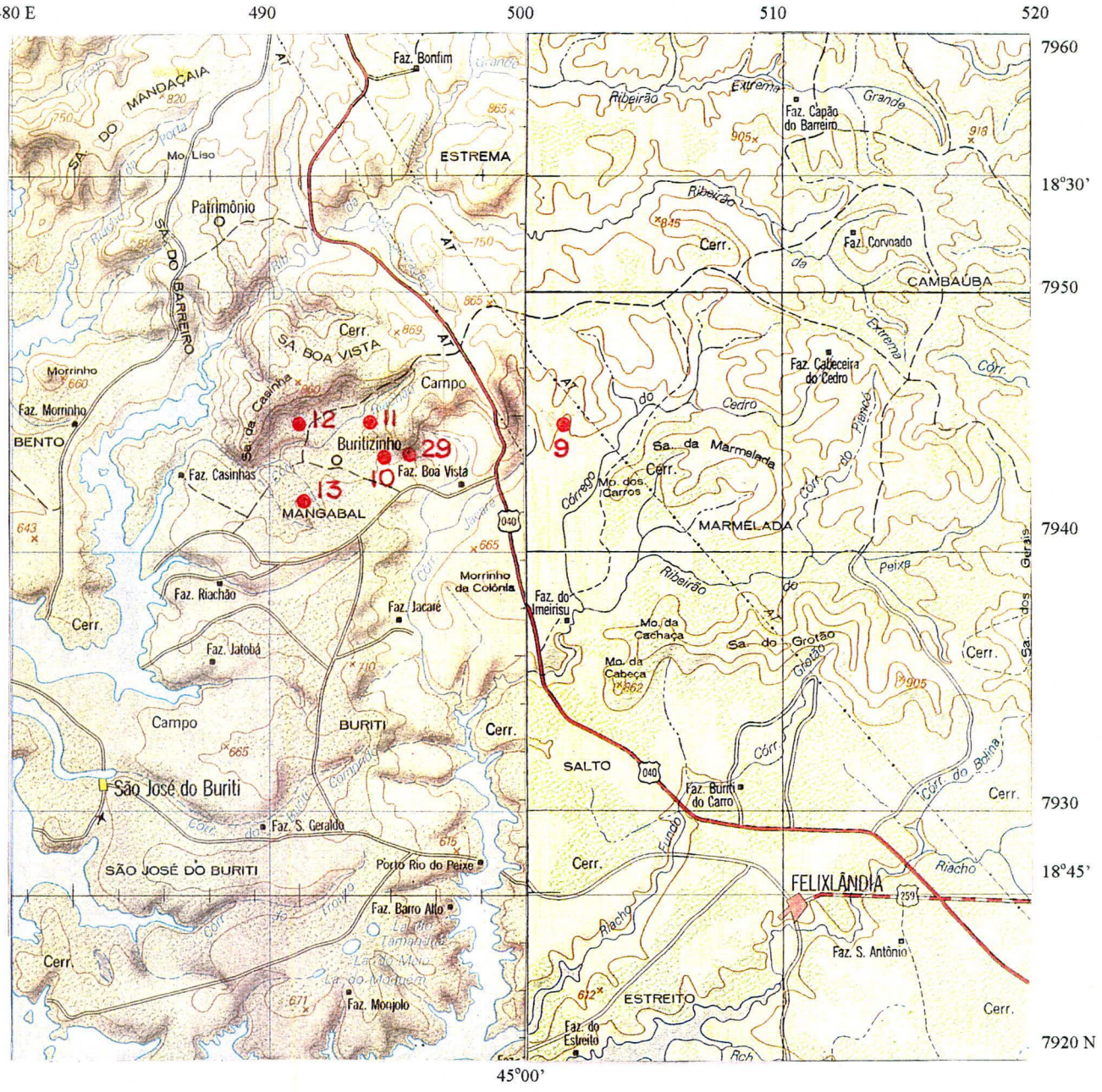
14 Margem do Lambari

15 Porto Formiga

27 Greenslate

Bases topográficas: Folha Belo Horizonte SE.23-Z-C, 1979 e Folha Bom Despacho SE.23-Y-D, 1979, IBGE, escala 1:250.000

Figura 3-3 - Localização das Lavras da Região de Pompéu - Lambari



0 2,5 5 7,5 10 km

N

Relação das Lavras Cadastradas

9	Pedreira Marabá / Fazenda Saquinho	12	SIGÊ / Greenslate
10	Serra Pelada / Fazenda Buritizinho	13	Fazenda Buritizinho
11	Pedreira do Salésio / Fazenda Riachão	29	Fazenda Boa Vista

Bases topográficas: Folha Três Marias SE.23-Y-B, 1979 e Folha Curvelo SE.23-Z-A, 1980, IBGE, escala 1:250.000

Figura 3-4 - Localização das Lavras da Região de Felixlândia

Tabela 3-1. Aspectos Fisiográficos

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
Área (km^2)	157	3.306	1.236	356	1.063	638	355	2.402
Altitude máxima (m)	1.065	1.021	961	885	792	1.065	853	989
Local	Serra do Ibiruçu	Serra do Crioulo	Serra dos Gerais	Cab. Córr. Moinhos	Cab. Córrego da Barra	Serra do Ibiruçu	Serra da Boa Vista	Serra Mucambinho
Altitude mínima (m)	900	540	502	630	648	706	650	595
Local	Córrego da Lontra	Faz. Córrego Estreito	Repr. Três Marias	Foz Rio Lambari	Foz do Rio Pará	Foz do Rio Verde	Curvelo/Pompéu	Represa Três Marias
Temperatura (°C)	23	24	22	22,9	22,9	22	22,90	24,00
Índice pluviométrico (mm)	1.186	1.126	1.200	1.600	1.350	1.350	1.200	1.200
Relevo	30% plano 70% ondulado	30% plano 70% ondulado	60% plano 35% ondulado 5% montanhoso	20% plano 30% ondulado 50% montanhoso	20% plano 60% ondulado 20% montanhoso	30% plano 65% ondulado 5% montanhoso	30% plano 60% ondulado 10% montanhoso	50% plano 45% ondulado 5% montanhoso
Principais rios	Ribeirão São Bento Ribeirão São C. da Lontra	Rio Paraopeba Ribeirão dos Gomes	Rio Paraopeba Riacho Fundo Repr. Três Marias	Rio São João Ribeirão das Areias	Rio do Picão Rio São Francisco	Rio Paraopeba Ribeirão do Cedro	Rio Preto Córrego Pontinha	Rio Paraopeba Rio São Francisco
Área natural sob proteção		Estação Biológica de Curvelo - Fundação Biodiversitas - 800 ha	Reserva Biológica Colônia 31 de Março - IEF - 5.033 ha			Estação Florestal de Experimentação EFLEX		

Temperatura média anual; índice médio pluviométrico anual. Fonte: Instituto de Geociências Aplicadas - IGA (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997); IBAMA (in: SEC. *1°. Censo Cultural de Minas Gerais*, 1995)

Tabela 3-2. Infra-Estrutura e Serviços

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
Transp. rodoviário	BR-040	BR-259 e BR-135	BR-040 e BR-259	BR-262	BR-262 e BR-352	BR-040 e MG-231	BR-262 e BR-352	MG-420 e MG-060
Aeroporto		aeroporto c/ pista de asfalto 1.200 x 23 m						Pista de terra (1.200 m x 70 m)
Ferroviário		FEPASA						
Armazenagem Cap. estática		2 armazéns 5.530 t	11 armazéns 30.041 t					
Ensino	1°. grau, 2°. grau, técnico contabilidade	1°. grau, 2°. grau, técnico contabilidade, Faculdade Ciências Humanas e de Ciências Administrativas	1°. grau, 2°. grau, técnico contabilidade	1°. grau	1°. grau, 2°. grau, técnico contabilidade	1°. grau, 2°. grau, auxliar laboratório análises químicas	1°. grau, 2°. grau, técnico contabilidade	1°. grau, 2°. grau, técnico contabilidade
Comunicações	Telefone DDD e DDI, correios e telégrafos, STM-400	Telefone DDD e DDI, Correios e telégrafos, 20 aparelhos telex, STM-400, 3 emissoras de rádio, 4 jornais	Telefone DDD e DDI, correios e telégrafos, 1 apare-lho telex, STM-400	Telefone DDD e DDI, correios e telégrafos, 1 apare-lho telex, STM-400	Telefone DDD e DDI, correios e telégrafos, 2 aparelhos telex, STM-400,	Telefone DDD e DDI, correios e telégrafos, 3 aparelhos telex, STM-400, 1 jornal	Telefone DDD e DDI, correios e telégrafos, 1 aparelho telex, STM-400	Telefone DDD e DDI, correios e telégrafos, 7 apare-lhos telex, STM-400, 1 jornal
Água e esgoto	Prefeitura Municipal	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	Prefeitura Municipal	COPASA
Saúde	1 hospital, 1 centro de saúde, 76 leitos	2 hospitais, 1 centro de saúde, 2 postos de assistência médica, 159 leitos	1 hospital (21 leitos)		1 hospital, 40 leitos	1 hospital (42 leitos)	1 centro de saúde	1 hospital (36 leitos), 1 centro de saúde, 1 sindicato rural
Instituições financeiras	BEMGE	Banco Brasil, BEMGE BRADESCO, CEF, Real, Mercantil	Banco Mercantil do Brasil, Credicentro	BEMGE	Banco do Brasil, BEMGE	Banco do Brasil, BEMGE, Banco Itaú, Cooperativa de Crédito Rural de Paraopeba	BEMGE, AGRIMISA, BRADESCO	Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Unibanco, BEMGE, Cooperati-va de Crédito Rural de Pompéu
Hospedagem Alimentação	1 hotel restaurante	4 hotéis restaurante	1 hotel restaurante	1 hotel	3 hotéis	3 hotéis restaurante	2 hotéis	2 hotéis restaurante

Fontes: Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais; Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo (Ministério da Aeronáutica); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB); Secretaria de Estado da Educação; Telemig; EBCT; EMBRATEL; COPASA; Secretaria de Estado da Saúde (in: INDI . *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-3. Dados Censitários

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
População residente total:								
1970	5.357	45.423	9.870	4.277	11.629	9.919	6.304	17.037
1980	5.764	50.770	10.648	2.768	9.352	10.835	6.625	17.156
1991	7.403	59.015	11.926	2.928	11.856	17.015	10.119	20.350
1996	7.589	64.382	10.719	3.071	11.358	18.565	12.820	21.578
População ocupada, por setores econômicos (1980)	2.067	18.020	3.705	858	3.088	3.747	2.237	6.935
Agropecuário	282	4.696	1.999	679	2.016	854	1.214	3.517
Industrial (1)	1.054	3.660	440	46	247	1.334	286	835
Comércio de mercadorias	95	2.045	139	21	135	282	141	629
Transporte, comunicação, armazenagem	91	885	158	26	88	176	127	172
Outros serviços (2)	545	6.734	969	86	602	1.101	469	1.782

(1) inclui indústria de transformação, mineração, construção e serviços industriais de utilidade pública; (2) inclui prestação de serviços, atividades sociais, administração pública e outras atividades.
Fonte: IBGE (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-4. Consumo de Energia Elétrica

Município		CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
1994	Consumo (kWh)	17.907.445	51.657.425	7.853.212	1.452.152	8.565.415	27.816.607	12.364.262	13.588.003
	N°. consumidores	2.380	16.311	3.372	821	3.565	4.412	2.424	5.667
1995	Consumo (kWh)	22.605.776	59.746.170	11.273.272	1.727.044	10.232.030	35.837.708	14.355.592	15.585.586
	N°. consumidores	2.337	17.141	3.847	853	3.724	4.747	2.708	6.010
1996	Consumo (kWh)	27.440.246	61.152.949	11.786.695	1.992.360	10.775.017	41.050.8557	15.382.328	17.279.049
	N°. consumidores	2.436	17.897	4.008	899	3.930	4.986	2.947	6.280

Fonte: CEMIG (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-5. Finanças - Arrecadação Municipal

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
ICMS								
1994	1.215.089	2.255.993	142.941	10.274	207.838	811.536	775.222	348.586
1995	3.901.362	3.445.983	138.207	20.468	449.423	1.174.832	1.227.592	772.533
1996	5.589.154	3.449.224	171.567	20.467	716.775	3.028.613	1.586.376	803.259
Outros								
1994	24.119	516.471	47.636	5.764	49.319	98.588	131.137	141.510
1995	60.332	1.288.004	124.563	18.829	142.359	226.819	259.308	368.379
1996	102.293	1.906.890	175.180	23.815	179.184	407.331	381.349	572.312
Total								
1994	1.239.208	2.772.464	190.577	16.038	257.157	910.124	906.359	490.096
1995	3.961.694	4.733.987	262.770	39.297	591.782	1.401.651	1.486.900	1.140.912
1996	5.961.447	5.356.114	346.747	44.282	895.959	3.435.944	1.967.725	1.375.571

Fonte: Secretaria de Estado da Fazenda (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-6. Transporte Rodoviário - Distâncias dos Principais Centros (km)

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
Belo Horizonte	96	163	209	150	193	97	151	164
Rio de Janeiro	531	598	639	585	645	532	580	590
São Paulo	683	749	772	690	640	683	685	735
Brasília	652	670	545	880	670	625	745	675
Vitória	637	703	730	690	705	637	690	700

Fonte: Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-7. Transporte Ferroviário - Distâncias dos Principais Centros (km)

Município	CURVELO
Belo Horizonte	222
Rio de Janeiro	862
São Paulo	1.081
Brasília	1.395
Vitória	928

Fonte: Rede Ferroviária Federal S.A; Estrada de Ferro Vitória-Minas (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-8. Distâncias aos Municípios Limítrofes e/ou Centralizadores de Serviços Públicos (km)

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
Sete Lagoas	20	99	118		132	29	75	111
Abaeté					26			50
Bom Despacho				61	50		145	80
Luz				105	99			129
Divinópolis				60	128		136	170
Pitangui				54	51		56	
Pará de Minas				62			53	103
Paraopeba	2		98					82
Curvelo	79		45		135	79		105
Montes Claros		251	296			330		
Corinto		41	86					

Fonte: INDI. *Perfil Municipal*, 1997

Tabela 3-9. Principais Produtos Agrícolas - Área Colhida (Ha)

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
Abacaxi	3	10	5		2			10
Alho	6		2					2
Amendoim	5					1		
Arroz em casca sequeiro			30		158	10		55
Arroz em casca irrigado		50	20	50	20		30	
Arroz em casca várzea úmida	80	200	200	60	200	15	600	110
Banana	40	75	8		12		2	20
Cana-de-açúcar	350	75	50		75	35		5.997
Café	20	120	6		20	20		12
Feijão (1a. safra)	70	250	200	60	200	80	100	95
Feijão (2a. safra)	150	200	66	60	42	40	100	42
Feijão (3a. safra)	140	100			12	35	20	25
Fumo		4		20		1		3
Laranja	20	380	60		18		14	35
Mandioca	40	685	105	50	80	25	3	90
Milho	600	5.800	3.000	300	2.140	2.500	1.600	2.550
Soja		10	100		15			25
Tomate	3	2				12	2	2

Fonte: IBGE, 1996 (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-10. Pecuária - Principais Efetivos (N°. de Cabeças)

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
Bovinos	5.082	87.700	40.100	11.507	40.265	21.035	29.578	82.776
Suínos	1.334	13.050	8.700	2.467	5.537	828	3.800	6.944
Eqüinos	800	3.800	1.500	643	1.325	1.490	596	2.870
Asininos	2			584	9	9		10
Muares	50	500	60	120	126	97	90	216
Bubalinos	8				5	35	112	
Coelhos		200	120					
Ovinos		70			49	61		195
Caprinos	2225	350	60		73	46	150	148
Galináceos	5.170	98.000	48.500	100.890	64.823	9.015	84.061	126.110

Fonte: IBGE, 1994 (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-11. Área Cultivada com Reflorestamento (ha)

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	L. FERREIRA	M. CAMPOS	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
Eucalipto	644	21.258	7.995		11.057	7.264	1.093	10.723

Fonte: IBAMA, 1990 (in: INDI. *Perfil Municipal*, 1997)

Tabela 3-12. Dados do Censo Cultural

Município	CAETANÓPOLIS	CURVELO	FELIXLÂNDIA	PARAOPEBA	PAPAGAIOS	POMPÉU
Meios de comunicação				1 jornal		1 jornal 1 rádio FM
Instituições culturais	biblioteca pública, museu	biblioteca pública, centro cultural	biblioteca pública	biblioteca pública		biblioteca pública
Espaços culturais	2 salões comunitários, 1 escola da comunidade (ginásio e auditório), praça central		centro comunitário municipal	estádio; praça central		praça centra;
Produção cultural	artesanato (fios, bambu), banda de música, coral, 2 grupos musicais, 3 grupos folclóricos		artesanato (pedra ardósia, cavamistas, pintura autodidata); banda de música; grupo de teatro	banda de música; grupo musical; grupo de teatro; grupo de dança; 2 grupos folclóricos; escola de samba	banda de música; coral	artesanato (fios, madeira, tecido, tinta, papel machê, barro, chocolate); banda de música; grupo musical; grupo de teatro; grupo de dança; grupo folclórico; escola de samba
Cursos/oficinas culturais			curso de música			
Patrimônio		estação biológica	reserva biológica	estação florestal		
Eventos permanentes	1 festa religiosa e exposição agropecuária	1 festa religiosa, 1 festa cívica, exposição agropecuária e industrial, evento cultural, jogos festivos.	3 festas religiosas; festival da canção	2 festas religiosas; 1 festa cívica; exposição do cavalo mangalarga marchador		4 festas religiosas; feira de arte e cultura
Eventos desportivos			torneio municipal de futebol de salão			
Mercado cultural	discos		fotografia	discos; fotografia; gráfica; vídeo; livraria		fotografia; papelaria

Fonte: Secretaria de Estado da Cultura. *1°. Censo Cultural de Minas Gerais*, 1995

Tabela 3-13. Origem das Cidades

CAETANÓPOLIS	*A história de Caetanópolis esteve sempre ligada à da Companhia de Fiação e Tecelagem Cedro e Cachoeira, pioneira da indústria têxtil em Minas, desde o seu surgimento como povoado, em meados do século XIX. Anteriormente denominado Cedro, quando se emancipou, em 1953, teve seu nome mudado para Caetanópolis, em homenagem a um dos fundadores da Companhia. A grande atração da cidade é um dos mais interessantes museus da indústria têxtil do país, fundado em 1872. O museu recebe visitantes do Brasil e, até mesmo, do exterior.*
CURVELO	*Por volta de 1700, viajantes procedentes do Rio e de Piratinga, com destino à Bahia, hospedavam-se na região, onde hoje se encontra Curvelo, antes habitada pelos índios Coroados - ou Arrepiados - e os Goianás. O povoado inicia-se a partir de 1706, com o estabelecimento de portugueses e baianos em sítios de lavoura e de criação de gado. Em 1714, é fundado o povoado de Santo Antônio da Estrada (nessa época, fazendas e currais proliferavam na região). Seu fundador foi o Padre Antônio Corvelo de Ávila. É elevado à freguesia em 1720, com o nome de Santo Antônio de Curvelo e, em 1831, eleva-se à categoria de vila, sendo então desmembrado de Sabará. Foi de grande importância a participação de sacerdotes missionários na colonização primitiva de Curvelo, assim como os imigrantes italianos, que implantaram hábitos urbanos no local. Em 1832 é elevado a município sendo, posteriormente, elevado à categoria de cidade, em 1875.*
FELIXLÂNDIA	*Em 19 de abril de 1762, em Sabará, o Padre Félix Ferreira da Roche, morador da Fazenda do Bagre, quis fundar uma capela para Nossa Senhora da Piedade. Padre Félix doou meia légua de terras, entre o Riacho das pedras e o Riacho dos Bois, para construção da capela que, depois de construída, tornou-se o centro das atenções e atraía inúmeros fiéis. Em 1842, criou-se o distrito de Piedade do Bagre, que foi emancipado em 1949, recebendo o nome de Felixlândia em homenagem ao padre Félix.*
PAPAGAIOS	*Segundo a tradição histórica oral, o casal Manoel e Catarina Gonçalves Fraga, proprietários da Fazenda Morrinhos, faleceram sem deixar herdeiros, já que seus dois únicos filhos haviam desaparecido. Uma vez abandonada, a propriedade deu origem ao povoado que denominaram de Papagaios. A origem do nome tem duas versões, a primeira diz da existência de um papagaio falador na região, e a segunda, de uma várzea conhecida como Várzea do Papagaio. O distrito surgiu em 1911, constituído de território desmembrado do também distrito de Maravilhas, e, em 1953, tornou-se município.*
PARAOPEBA	*Famílias residentes em Paraopeba, freguesia de Nossa Senhora de Boa Viagem do Curral Del Rey, solicitaram a determinação de um local onde pudessem erigir uma capela. Deferido o requerimento por Dom Frei João da Cruz, em 1742, tem início a construção da capela, logo transformada em curato de Taboleiro Grande e elevado à paróquia em 1840, pertencendo ao município de Curvelo. Em 1911, foi criado o município, desmembrado de Curvelo, com a denominação de Paraopeba, designado um dos grandes afluentes do São Francisco e que significa "rio do peixe chato".*
POMPÉU	*A história de Pompéu remonta a mais de duzentos anos atrás, mas, somente em 1840, se dá a fundação do arraial por Joaquim Cordeiro Valadares. A matriarca do município foi Dona Joaquina Bernarda Silva de Abreu Castelo Branco Souto Mayor, mais conhecida como Dona Joaquina do Pompéu. Em 13 de janeiro de 1939, o então arraial Buriti da Estrada foi elevado à categoria de cidade, com o nome de Pompéu, homenageando, assim, seu primeiro habitante, Antônio Pompéu Taques. Como atrativos naturais, a cidade apresenta a Montanha da Serpente, a Gruta das Orquídeas com antigas escrituras nas pedras, e a Represa de Três Marias, formada pelo Rio São Francisco.*

Fonte: Secretaria de Estado da Cultura. *1°. Censo Cultural de Minas Gerais*, 1995

3.2 ASPECTOS GERAIS DA GEOLOGIA DAS ARDÓSIAS

Generalidades

As ardósias em Minas Gerais, sob um ponto de vista comercial, têm região de ocorrência claramente delimitada (ver Mapa Geológico-Mineiro - Prancha Um) segundo uma figura poligonal cujos vértices posicionam-se em:

a) encosta ocidental da Serra do Barreiro
b) desembocadura do Córrego Gentio no Rio Pará
c) encosta ocidental da Serra de Santa Helena
d) extremo sudeste da Serra do Boiadeiro

Os vértices mencionados definem uma forma aproximadamente trapezoidal. Propõe-se denominar a região de ocorrência das ardósias como "*Província de Ardósia de Minas Gerais*", ocupando superfície equivalente a cerca de 7.000 km^2. Uma província mineral é um grande setor da crosta da terra, que pertence a uma plataforma ou a uma faixa móvel, com jazimentos situados dentro dos seus limites.

A Província de Ardósia de Minas Gerais (ver Tabela 3-14) pode ser subdividida em "*distritos minerais*", que são caracterizados por uma concentração local de jazimentos e neste contexto podem ser especificados quatro distritos: 1) Felixlândia, 2) Rio Pará, 3) Rio Paraopeba e 4) Riacho da Areia.

O Distrito de Felixlândia tem um "*campo mineral*" bem definido, que é o "*Campo do Buritizinho*", com os depósitos ou jazidas denominadas Pedreira do Salésio, SIGÊ, Fazenda Buritizinho, Pedreira Marabá, Fazenda Boa Vista e Serra Pelada.

O Distrito de Felixlândia é, essencialmente, portador de ardósia verde e/ou roxa (ver adiante).

O Distrito do Rio Paraopeba tem um campo muito característico, que é o "*Campo Córrego das Pedras*", com jazidas contínuas situadas nas margens direita (Alto das Pedras) e esquerda (Fazenda Vereda) do Córrego das Pedras. Outro campo é denominado "*Campo Alto Grande*", com dois jazimentos e um terceiro, o "*Campo Rio Verde*", com cinco jazimentos.

No Distrito do Rio Paraopeba as ardósias são cinzentas e/ou cinzento-ferrugem (ver adiante).

No Distrito do Rio Pará não há, até o momento, conjuntos de jazidas atribuíveis a um determinado campo; o que se tem é uma jazida isolada. Em virtude de se encontrar posicionada do lado ocidental da província, mostra-se totalmente desvinculada dos jazimentos dos outros distritos e, por isso, pode ser atribuída a um distrito específico, o Distrito do Rio Pará. Outros jazimentos poderão, em futuro próximo, ser desenvolvidos no distrito.

As ardósias do Distrito do Rio Pará são de cor cinza.

Um distrito singular é o Distrito Riacho da Areia, posicionado no bordo sul da Bacia Bambuí. Contém o "*Campo Lambari*" (com duas jazidas). As ardósias do distrito são escuras (negras e grafite).

Na Tabela 3-14 mostra-se a relação dos jazimentos que foram cadastrados no presente trabalho. A tabela é organizada por Distrito, por Campo e por Jazimento. Alguns

jazimentos não são até agora atribuíveis a campos. O número de identificação do jazimento é o que consta do Mapa Geológico-Mineiro. Adicionalmente, apresentam-se informações sobre à qual folha topográfica escala 1:100.000 se refere o jazimento, suas coordenadas UTM (centro do jazimento), designação local, município, tipo de ardósia (cor), empresa que opera e altitude do topo do jazimento.

Definição

A definição científica de ardósia (*slate* em inglês, *ardoise* em francês, *pizarra* em espanhol, *Schiefer* em alemão, *skiffer* em sueco, *ardesia* em italiano) é fundada na presença da variedade de estrutura xistosa chamada "*clivagem ardosiana*". A estrutura xistosa (ou xistosidade) consiste na orientação comum dos minerais tabulares e prismáticos paralelamente a um determinado plano e se apresenta em boa parte das rochas metamórficas. Em conseqüência da xistosidade, essas rochas são cliváveis paralelamente a um plano.

Na clivagem ardosiana "*os constituintes minerais são afaníticos ou apenas visíveis com a lupa. A rocha apresenta uma perfeita clivagem segundo superfícies paralelas notavelmente planas. As rochas que apresentam esta estrutura são ardósias. A granulação é fina devido a um grau de metamorfismo menor...*" (Barbosa, 1974)

"*De todas as rochas, a ardósia é a que apresenta a mais notável anisotropia mecânica. Os planos de menor coesão, que são chamados de clivagem ardosiana, podem ser abertos a golpes de talhadeira, de modo a desdobrar um bloco de ardósia em placas cada vez mais finas, até reduzi-las a poucos milímetros de espessura podendo conservar, entretanto, se manuseadas com cuidado, muitos decímetros quadrados e até metros quadrados, de área plana contínua. Apesar de ser facilmente riscável com o canivete, a ardósia tem coesão suficiente para apresentar arestas vivas e cortantes.*" (Barbosa, *op.cit.*)

"*As propriedades mecânicas das ardósias permitem o seu aproveitamento como material de revestimento, como superfície para escrever a giz (lousas), etc., casos estes em que o esforço mecânico a que estão sujeitas as placas é baixo.*" (Barbosa, *op. cit.*)

"*As ardósias são de aparência homogênea, de textura tão fina que seus constituintes não podem ser discernidos com a lente e dotadas de uma excelente clivagem.*" (Barbosa, *op. cit.*)

Composição Mineralógica

As ardósias, em geral, derivam de sedimentos que originalmente eram muito finos (materiais pelíticos). Seus constituintes principais são mica branca quase uniaxial (30 a 40%), quartzo (30 a 45%), clorita verde claro (10 a 20%) e grafita opaca (como pó fino ou formando lentículas). Quantidades variáveis, em geral acessórias, de carbonato, turmalina, titanita, rutilo, feldspato, óxidos de ferro e pirita podem ocorrer. Epidoto só está presente como constituinte principal quando as ardósias (verdes) derivam de sedimentos tufáceos e é sempre acompanhado por albita. Os óxidos de ferro são representados por octaedros de magnetita e escamas de hematita.

Propriedades Físicas

A ardósia tem dureza média, baixa porosidade e alta resistência mecânica; a granulação é fina e os minerais constituintes são estáveis e resistentes à meteorização. As ardósias têm peso em torno de 2.700 quilos por metro cúbico (isto é, densidade 2,7 g/cm^3).

As cores mais comuns são cinzentas, negra (dependendo do seu teor em matéria orgânica, total ou parcialmente transformada em grafita) e verde (com clorita), enquanto cores menos comuns são azul, vermelha e púrpura. As diferenças de cor dependem dos

constituintes mineralógicos; genericamente pode ser afirmado que ardósias negras contêm grafita, ardósias cinzentas e verde claro contêm sericita, ardósias verdes contêm clorita e compostos ferrosos, ardósias vermelhas e púrpuras contêm compostos férricos.

Como as ardósias são constituídas essencialmente por quartzo e filossilicatos estáveis (mica e clorita) são resistentes à meteorização e por isso são materiais altamente duráveis. Há telhados de ardósia em muitas cidades históricas da Europa (especialmente na Região da Turíngia, Alemanha), assentados há séculos. Impurezas contribuem para a diminuição da durabilidade, a saber, argilo-minerais e carbonatos; estes últimos as tornam porosas porque, sujeitas ao ataque por água com conteúdo variável de gás carbônico, desintegram-se. Águas ácidas de chuva corroem as ardósias com carbonatos; os ácidos reagem com o carbonato, gerando gipsita, que ao expandir, esboroa a ardósia. A presença de pirita é danosa, por causa da reação com água.

Origem

As ardósias provêm do metamorfismo de baixo grau de vasas e argilas. As argilas, ao se consolidar, passam a argilitos e folhelhos e estes, por metamorfismo (elevação de pressão e temperatura), a ardósias e filitos e com metamorfismo intenso, a xistos e gnaisses, conforme o esquema:

$$\text{argila} \Rightarrow \text{folhelho} \Rightarrow \text{ardósia} \Rightarrow \text{filito} \Rightarrow \text{xisto} \Rightarrow \text{gnaisse}$$

Os folhelhos são resultados de sedimentação. Nos folhelhos a clivagem é paralela aos planos de estratificação, enquanto nas ardósias ela corta os referidos planos.

A clivagem ardosiana é produzida por: a) achatamento mecânico das partículas no plano perpendicular às pressões exercidas sobre a rocha; b) rotação dos minerais tabulares, como micas, clorita e caolim, até ficarem no plano perpendicular à direção de pressão máxima; c) recristalização, durante a qual novos minerais se orientam segundo o referido plano.

Do modo mencionado os planos de fissilidade das ardósias, provocados por um conjunto dominante de planos, derivam da forte orientação preferencial das escamas de mica e clorita. A clivagem ardosiana pode cortar a estratificação original — indicada por um bandamento persistente de cor e/ou composicional — em qualquer ângulo. Em muitas ardósias, a clivagem desenvolve-se paralelamente às superfícies de movimentação diferencial (deslizamento ou cisalhamento) que provoca deformação. A clivagem pode ser acentuada por finas lâminas de quartzo. Dois ou mais conjuntos de superfícies planares que se interceptam são atribuídos a diferentes estágios de deformação. Ao estágio inicial pertencem superfícies de deformação pré-cristalina ou paracristalina, marcadas por escamas não deformadas de filossilicatos que se cristalizaram após o movimento de deslizamento sobre as superfícies planares. Movimentos pós-cristalinos realinham as escamas, fletindo-as e girando-as. As primeiras superfícies são chamadas clivagem ardosiana e as últimas, clivagem de fratura. Essa segunda direção de partição é menos pronunciada que a clivagem ardosiana e, geralmente, forma ângulos fortes com a mesma. A direção da clivagem de fratura é usada na obtenção de fraturas uniformes, para separação de grandes blocos nas frentes de lavra e sua consequente redução de tamanho. Na manufatura de telhas de ardósia, a clivagem de fratura deve ser paralela ao eixo maior da telha, de modo que se ocorrer quebra, a fratura será paralela ao caimento do telhado, minimizando goteiras e infiltrações.

Juntas

São fraturas nas rochas, sem movimentação dos blocos adjacentes. São críticas no processo de extração. Ocorrem segundo sistemas regulares, onde as fraturas são paralelas entre si. Por isso as faces das pedreiras são mantidas paralelas e com ângulos retos em relação às fraturas, facilitando o desmote da rocha.

Um maciço rochoso com estrutura horizontalizada (no caso específico das ardósias de Minas Gerais) contém dois sistemas de juntas verticalizadas e em ângulo reto um com o outro (juntas de tensão) cortados por outro sistema ou um par conjugado de fraturas que se orientam segundo ângulo de 30 graus com um dos sistemas de tensão.

Tabela 3-14. Relação dos Centros de Lavra de Ardósia Cadastrados em Minas Gerais

Distrito	Campo	Identif.	Folha	Designação Local	Município	Tipo de Ardósia	Empresas Extratoras	Cotas (m)	C. UTM E	C. UTM N
Felixlândia	Buritizi-nho	9	Morro da Garça	Pedreira Marabá / Faz. Saquinho	Felixlândia	Verde	Florindo Fernandes Costa	640	501.320	7.944.527
		10	Morada Nova de Minas	Serra Pelada / Faz. Buritizinho	Felixlândia	Verde	7 empresas, 3 ativas: Raimundo Geraldo José Maria Pereira Osmar e Paulo Tiago de Araújo	640	494.520	7.943.760
		11	Morada Nova de Minas	Faz. Riachão / Pedreira do Salésio	Felixlândia	Verde	TB Loch Mineração	640	493.760	7.945.280
		12	Morada Nova de Minas	SIGÊ - Greenslate	Felixlândia	Verde e Roxa (Vinho)	Green Slate Mining	640	490.710	7.944.710
		13	Morada Nova de Minas	Faz. Buritizinho	Felixlândia	Roxa (Vinho)	Campos Indústria [1]	640	492.050	7.941.840
		29	Morada Nova de Minas	Fazenda Boa Vista	Felixlândia	Verde	João Vial Miguel Henrique Costa	650	495.730	7.943.710
Riacho da Areia		1	Pompeu	Faz. Poço d'Anta	Papagaios	Grafite / Ferrugem	Mineração Bahia e Filhos	700	540.300	7.856.400
		8	Pompeu	Serra da Boa Vista	Papagaios	Grafite	Mineração Alto da Boa Vista Boa Vista Slate - BVS	740	522.000	7.845.800
		26	Sete Lagoas	São Bento	Caetanópolis	Grafite	TB Loch	720	560.200	7.857.140
	Lambari	14	Bom Despacho	Margem do Lambari	Leandro Ferreira	Preta	Mineração Sol Nascente	600	498.900	7.840.450
		15	Bom Despacho	Porto Formiga	Martinho Campos	Preta	Mineração Barcamp	600	499.890	7.841.540
Rio Pará		27	Abaeté	Agropéu	Pompéu	Cinza	Greenslate Mining	620	498.000	7.866.520
Rio Paraopeba		2	Pompeu	Faz. Olhos d'Água	Papagaios	Cinza / Ferrugem	Mineração Letícia Mineração Universal Lincar Pedras Mineração Olhos d'Água Mineração Arizona	700	544.000	7.860.250
		3	Pompeu	Faz. Brejinho ou Paulo Bahia	Papagaios	Cinza / Ferrugem	TB Loch Mineração Santa Luzia José do Carmo Flávio José Valadares Bahia	700	542.300	7.865.400
	Córr. das Pedras	4	Pompeu	Alto das Pedras / Faz. Rio Preto	Papagaios	Cinza / Ferrugem	Mineração Alto das Pedras (MAP) Mineração Rio Preto Mineração Ardomar	700	537.400	7.869.700
		5	Pompeu	Alto das Pedras / Faz. Rio Preto	Papagaios	Cinza / Ferrugem	Mineração Eldorado outra	700 (-20)	537.500	7.868.750

Tabela 3-14 (continuação). Relação dos Centros de Lavra de Ardósia Cadastrados em Minas Gerais

Distrito	Campo	Identif.	Folha	Designação Local	Município	Tipo de Ardósia	Empresas Extratoras	Cotas (m)	C. UTM E	C. UTM N
Rio Paraopeba	Córrego das Pedras	6	Pompeu	Alto das Pedras / Faz. Rio Preto	Papagaios	Cinza / Ferrugem	Cava Norte: Ardósia Reis Mineração Padre Libério Mineração Vale das Pedras Recan Mineração Cava Sul: Ela Mineração Sociedade de Ardósia Vale Verde Mineração	720 (-30)	537.050	7.868.200
		7	Pompeu	Alto das Pedras / Faz. Rio Preto	Papagaios	Cinza / Ferrugem	Mineração Pedra Forte Mineração Morrinhos	720 (-30)	536.900	7.866.900
		17	Pompeu	MICAPEL / Faz. Vereda	Papagaios	Cinza / Ferrugem	MICAPEL	700 (-30)	536.280	7.868.130
		18	Pompeu	Vereda	Papagaios	Cinza / Ferrugem	Arbrás MICAPEL Ardósia J.J. Ardósia Barcelos Ardósia Palmas	720 (-30)	536.250	7.866.950
		16	Pompeu	Porto Mesquita	Pompeu	Cinza / Ferrugem	Mineração Porto Mesquita Ardósia Campo Alegre - ARCAL	680	530.615	7.879.643
		19	Pompeu	Rio Pardo	Papagaios	Cinza	Ignorada (2)	680	531.990	7.868.190
	Rio Verde	20	Pompeu	Rio Verde / Grota da Ardósia	Curvelo	Cinza	Ardósia Santa Catarina (3)	700	537.280	7.875.400
		21	Pompeu	Grota da Ardósia	Curvelo	Cinza	Ardósia Santa Catarina	700	537.920	7.874.500
		22	Pompeu	Faz. Grota Funda	Curvelo	Cinza / Matacão	Mineração São José da Lagoa (propr. Geraldo Davi)	680	538.780	7.873.920
		23	Pompeu	Margem do Paraopeba	Paraopeba	Cinza	Lavra paralisada	680	539.080	7.872.450
		28	Pompéu	Fazenda Guacho	Paraopeba	Cinza	Ardósia e Bilhar Universo	720	543.780	7.873.900
	Alto Grande	24	Pompeu	Alto Grande	Paraopeba	Cinza	Mineração Alto Grande e Amaros	700	547.900	7.861.500
		25	Pompeu	Alto Grande / Tonico Reis	Paraopeba	Cinza	Barcamp Ltda. Ardósia Verona	700	548.470	7.860.515

Obs: (1) lavra paralisada desde 12/97; (2) início de operação; (3) a confirmar. O único centro de lavra não cadastrado corresponderia à Pedreira do Sr. Arlindo Português, que exploraria ardósia roxa no município de Felixlândia, próximo ao Ponto 13.

3.3 GEOLOGIA DA PROVÍNCIA DE ARDÓSIA DE MINAS GERAIS

Estratigrafia

Conforme assinalado por Teixeira da Costa & Grossi Sad (1987) a melhor alternativa para se estabelecer uma estratigrafia válida para a "Série" Bambuí, em Minas Gerais, "*é levar em conta as influências da tetônica sobre os processos de sedimentação.*" Assim, as unidades estratigráficas constituem arranjos adaptados às zonas tectônicas em que a sedimentação se processa. Conforme será mostrado adiante esse conceito tem prima importância para o desenvolvimento das ardósias comercialmente produzidas no Estado.

Em 1960, Teixeira da Costa & Rodrigues Branco propuseram um arranjo estratigráfico para a "Série" Bambuí (atualmente a melhor designação seria Supergrupo Bambuí) facilmente aplicável para a zona estável (isto é, para a área cratônica em que se processou a sedimentação) entre duas zonas dobradas de leste (ou oriental) e de oeste (ou ocidental). Com pequenas modificações (segundo Teixeira da Costa & Grossi Sad, *op. cit.* e Grossi Sad & Quade, 1985), tem-se a seguinte coluna geológica:

Supergrupo Bambuí		Formação Três Marias
	Grupo Paraopeba	Formação Lagoa do Jacaré
		Formação Santa Helena
	Grupo Ribeirão da Mata	Formação Sete Lagoas
		Formação Vespasiano
		Formação Carrancas

O Grupo Ribeirão da Mata é constituído por conglomerado basal (Formação Carrancas), cálcio-filitos com discretas intercalações de calcário (Formação Vespasiano) e calcários/dolomitos (Formação Sete Lagoas). No Mapa Geológico-Mineiro não foram representadas as formações Vespasiano e Carrancas, cuja distribuição não é bem conhecida.

O Grupo Paraopeba é constituído predominantemente por ardósias (Formação Santa Helena) e siltitos-calcários (Formação Lagoa do Jacaré). A Formação Santa Helena, na região de Felixlândia (ou mais precisamente na Região do Rio Paraopeba) foi subdividida, por Parenti Couto (1980), em três unidades. Esse autor utiliza o nome Formação Paraopeba para a Formação Santa Helena, o que não é justificável, porque desde a serra homônima, onde a formação foi definida, há afloramentos contínuos da mesma. O que muda é a presença de nível carbonático entre o topo e a base da formação, na área do Rio Paraopeba. Parenti Couto (*op.cit.*) usa os nomes Unidade Inferior (ou Unidade A), Unidade Média (ou Unidade B) e Unidade Superior (ou Unidade C), para as quais propomos usar os nomes Membro Inferior, Memebro Médio e Membro Superior. No Mapa Geológico-Mineiro os diversos membros não foram discriminados.

O Membro Superior (Unidade C), que aflora conspicuamente por toda a área da Região do Paraopeba, é constituído por pacote de cerca de 140 m de espessura (segundo Parenti Couto, *op. cit.*) e contém siltitos argilosos e folhelho síltico, de cor acinzentada a esverdeada; é caracteristicamente clivado segundo placas de espessura variável, mais

finas quando se trata de folhelho síltico e mais grossas quando se tem siltito argiloso. Níveis subordinados de marga são citados pelo autor mencionado.

Esse Membro Superior é o responsável pela presença das ardósias comerciais de cores verde e cinza, com parte do material tendo cor de ferrugem e cor roxa.

O Membro Médio (Unidade B), com cerca de 50 m de espessura, é constituído por margas e folhelhos cinzentos, observados apenas em testemunhos de sondagem realizada na morraria situada a 10 km ao norte da cidade de Felixlândia (Morro da Cabeça, Morro da Cachaça, Serra do Grotão, Serra dos Gerais e Serra do Boiadeiro). Recentemente, furos de sondagem realizados na jazida Alto das Pedras (operada pela Mineração Alto das Pedras - MAP; dados gentilmente cedidos pelo Sr. Renato Filgueiras) tocaram em margas, cortando-as por alguns metros (margas claras e escuras, localmente chamadas "pedrão"). Há afloramentos destas margas, porém não tivemos oportunidade de examiná-los.

Entre os rios Preto e Paraopeba, ao norte da rodovia que liga Papagaios a Paraopeba, há um trato de terreno rebaixado a cotas próximas de 700 m ou menos que isso, que conforma uma baixada coalhada de lagoas naturais, que pensamos originadas por processo cárstico imposto ao Membro Médio.

O Membro Inferior (Unidade A), segundo Parenti Couto (*op.cit.*), na morraria acima mencionada, também não aflora (como o Membro Médio) e é constituído por cerca de 90 m de ritmito síltico-argiloso, cinza esverdeado - cinza escuro-negro, carbonatado. Essa espessura é mínima, de vez que não se tocou o contato, durante as sondagens, com a Formação Sete Lagoas.

Os autores acreditam, mas não podem provar, que as ardósias escuras ("Grafite" ou "Negra") da porção sul da província pertencem a esse membro.

Uma investigação detalhada, com levantamento de perfis estratigráficos, da Serra de Santa Helena para o norte e oeste, poderá lançar luz sobre a distribuição regional dos três membros da Formação Santa Helena.

Uma questão em aberto diz respeito às margas do Membro Médio; caso constituam material de aspecto agradável, poderão ser futuramente usadas para revestimento, com extração realizada em nível topográfico sob as ardósias do Campo Córrego das Pedras, Distrito do Rio Paraopeba. Isso se tornará factível se condições topográficas locais permitirem a lavra comercial.

Em resumo, pode ser mencionado que o Membro Superior da Formação Santa Helena tem ampla distribuição regional, o Membro Médio é de distribuição restrita à região de Felixlândia e à área das lagoas anteriormente mencionadas e o Membro Inferior ocorre no bordo sul da Bacia Bambuí.

Na Prancha Dois são ilustradas as relações estratigráficas acima expostas.

Relações Tectônicas

Segundo Teixeira da Costa & Grossi Sad (1987), na área sob discussão, o Supergrupo Bambuí foi depositado em área cratônica (estável) e por isso as rochas sedimentares permaneceram horizontalizadas ou subhorizontalizadas, enquanto lateralmente, houve clara instabilidade, denunciada por dobramento e falhamento de empurrão, às vezes intensos. Essas estruturas são originadas, a oriente, pela zona de falhamento de empurrão (reverso) que bordeja a Serra do Espinhaço, onde unidades quartzíticas do Supergrupo Espinhaço recobrem calcários (mármores) e metapelitos Bambuí. O dobramento imposto aos metapelitos gera estruturas com eixos organizados segundo N10E a N30E, com caimento curvilinear. O traço das falhas de empurrão associadas ao rompimento das dobras também tem orientação NE.

Na porção ocidental (Rio São Francisco) nota-se forte aumento da espessura para oeste e rápida variação de fácies de sedimentação (alternâncias entre folhelhos, argilitos e siltitos, com grau metamórfico muito baixo; ocorrem folhelhos verdes — "*verdetes*" — e calcários lenticulares); esses fatos indicam a aproximação de uma zona elevada.

Enquanto na zona ocidental os planos axiais das dobras mergulham para oeste, ocorre o oposto na zona oriental.

Admite-se que o dobramento e falhamento que afetam a Formação Santa Helena nas zonas oriental e ocidental foi originado durante a orogenia do Ciclo Brasiliano.

O aspecto singular impresso pela tectônica do Brasiliano sobre o Supergrupo Bambuí é a clivagem ardosiana subhorizontalizada-horizontalizada na parte estável (não dobrada) da bacia e o dobramento apertado nas zonas menos estáveis. O dobramento é intenso nas rochas pelíticas (incompetentes) e inexistente ou pouco significativo nos calcários. A clivagem ardosiana horizontal não tem, ainda, uma explicação. Esforços tangenciais teriam, possivelmente, se propagado através da zona estável, segundo um complexo de componentes. Neste contexto é importante mencionar a origem da clivagem ardosiana, exposta em outra parte do texto.

A conseqüência prática do arranjo tectônico acima discutido é o desenvolvimento da Província de Ardósia de Minas Gerais. No Mapa Geológico-Mineiro, o leitor observará que a província é limitada a ocidente e oriente por linhas um tanto sinuosas, que delineiam a porção da bacia que denominamos estável, com clivagem ardosiana e estratificação horizontalizada. Para oeste da linha ocidental e para leste da linha oriental não se encontram ardósias com clivagem e estratificação horizontalizadas e nem jazimentos das mesmas. Essas linhas ou limites são aproximados, dado o caráter do trabalho realizado.

A presença de zona cratônica (estável) no bordo sul da bacia possibilitou o desenvolvimento de uma plataforma carbonática, originando-se a Formação Sete Lagoas, presente em especial na área onde se localiza a cidade homônima. A Formação Santa Helena depositou-se sobre a plataforma carbonática e para oeste recobriu-a e avançou sobre o Complexo Basal (de idade Arqueana). O material pelítico da base da unidade, em virtude de ter sido submetido a um certo confinamento, tem conteúdo em carbono bem maior que aquele das porções mais distais da bacia.

Durante a sedimentação essencialmente pelítica ocorreu soerguimento de parte do piso da bacia, possibilitando a deposição de outro ciclo carbonático, em certas porções da mesma. Finalmente, a sedimentação pelítica retoma seu curso, recobrindo a porção basal e a porção carbonática do pacote sedimentar. O conjunto constitui a Formação Santa Helena.

Falhas de gravidade posicionam-se preferencialmente na zona não dobrada da bacia. Uma dessas falhas, que passa cerca de 10 km a oeste de Sete Lagoas, tem rumo N45W e persiste reconhecidamente por cerca de 50 km.

Um importante sistema regional de juntas se orienta segundo N70W, enquanto outro é normal ao mesmo. Constituem típicas fraturas de tensão, em rochas horizontalizadas. Essas fraturas podem ter se desenvolvido durante o Período Mesozóico, oportunidade na qual a Bacia Bambuí foi intensamente fraturada. Os dois sistemas de juntas têm enorme importância na lavra das ardósias. De um modo geral as faces das bancadas de extração orientam-se paralelamente a tais juntas.

Petrografia - Aspectos Sedimentares

As ardósias da Formação Santa Helena são rochas terrígenas de granulação fina que têm mais de 50% dos grãos com tamanho menor que 0,06 mm e uma percentagem de fração do tamanho de argila compreendida entre 30 e 60 por cento.

De um modo geral têm planos de estratificação preservados, classificados como laminação (espessura menor que 10 mm). As ardósias que recebem o nome comercial de "Ardósia Verde" podem ter planos de estratificação mais espessos que 10 mm (a estrutura é chamada leito), alternados com lâminas mais finas. Comumente a laminação tem entre 5,0 e 0,5 mm de espessura, isto é, ela é mediana a finamente laminada. Contudo, a partição é do tipo plaqueada, e não papirácea, devido à clivagem ardosiana, paralela aos leitos e lâminas.

As ardósias têm a estratificação preservada (estratificação é o acamamento que resulta de diferenças verticais em composição, textura e/ou granulometria). Os planos de partição das ardósias (clivagem ardosiana) abarcam várias lâminas e leitos. A espessura da estratificação depende da composição, da textura e/ou granulometria. No caso da clivagem ardosiana, depende do arranjo preferido planar dos minerais tabulares. Assim, ela é função das quantidades de filossilicatos e matéria carbonosa (decrescente a espessura da estratificação com o aumento desses minerais; é crescente em espessura com o aumento de grãos síltticos e matéria carbonatada) e, também, do grau de orientação (dos filossilicatos).

A estratificação observada nas ardósias é plano-paralela e horizontal (em alguns casos a deformação imprime ângulos de mergulho, em média, próximos de 10 graus. Ângulos menores são comuns). Camadas síltticas, comuns nas ardósias verdes, originam estratificação maciça, alternada com estratificação plano-paralela. Estratificação lenticularizada é incomum, bem como marcas de onda, observadas em material produzido na jazida Porto Mesquita. As marcas de onda são anastomosadas ou exibem cristas e calhas com eixos paralelos. Parecem restritas aos leitos síltticos.

Um trabalho detalhado na Província de Ardósia poderá lançar luz sobre direções de transporte sedimentar, com uso das marcas de onda.

Estruturas compactacionais parecem existir (tipo *load casts*) mas não foram investigadas, do mesmo modo que estruturas diagenéticas (por exemplo, concreções).

O bandamento de cor existente nas ardósias verde e cinza — tonalidades mais claras alternadas com tonalidades mais escuras — observado no plano de corte normal à estratificação pode, em parte, ser atribuído a um processo diagenético de difusão; contudo, a observação de campo sugere que é provocado por variações de composição.

As ardósias "Verdes" têm aspecto e textura síltica, com planos de partição um tanto escalavrados. Em amostras de mão a estratificação nem sempre é discernível. Sua textura clástica mostra arranjo uniforme, marcado pela presença de grãos de quartzo com tamanho ao redor de 0,1 mm ou menor. Esses grãos mostram distribuição relativamente uniforme por toda a rocha, exibem extinção ondulante e são isolados uns dos outros, quando seu tamanho é maior. Tendem ao alongamento paralelo à xistosidade, marcada por forte orientação preferida da mica branca. A clorita tem granulação muito fina e compõe a matriz da rocha, junto com mica branca não orientada. A maior ou menor proporção de clorita, em relação à mica, confere laminação.

As superfícies de xistosidade das ardósias verdes são um tanto sinuosas.

Óxidos de ferro (magnetita e/ou hematita) são um acessório comum. Sua decomposição libera hidróxidos que mancham os planos de partição, originando certo

zoneamento de cor a partir das fraturas. Finos grãos de feldspato intersticial foram identificados, com dúvida.

As ardósias verdes não reagem ao HCℓ (teste ao microscópio petrográfico).

O exame de seções microscópicas paralelas à clivagem ardosiana não mostra orientação preferida linear dos filossilicatos. O mesmo acontece com outros tipos de ardósia.

As ardósias "Cinzentas" exibem cor relativamente uniforme e não se observa mesoscopicamente os planos de estratificação. A superfície dos planos de clivagem é um tanto áspera, esse aspecto sendo mais discreto que nas ardósias "verdes". A clivagem não é observada através do exame de amostras de mão, isto é, não se nota minerais orientados.

O exame microscópico mostra que existem grãos de quartzo fragmentados, com tamanho ao redor de 0,25 mm (alguns deles atingem 0,4 mm) distribuídos por toda a preparação, porém com tendência de se organizarem segundo lâminas mais ricas e menos ricas em quartzo. Os grãos podem ser alongados paralelamente à clivagem ou não, predominando esse aspecto.

A matriz das ardósias "Cinzentas" é constituída por massa intercrescida de mica branca e clorita verde claro, de baixa birrefringência. As lâminas mais escuras contêm mais clorita e as mais claras, mais mica branca. A laminação é muito fina e perfeita. Poeira de material carbonoso é pouco comum.

A clivagem é definida pela forte orientação preferida da mica branca, em escamas alongadas. O quartzo exibe extinção ondulante e pequenos grãos de feldspato não geminado, intersticial, parecem ocorrer.

A reação da rocha ao ataque com HCℓ (lâminas delgadas sem cobertura) é discreta.

As ardósias escuras ("Grafite" e "Negra") exibem superfícies de partição um tanto escalavradas, mas superfícies lisas são comuns; superfícies discretamente rugosas podem ocorrer. A laminação é claramente marcada por alternâncias de cor (negro e cinza escuro), cada lâmina tendo 0,3 mm de espessura, em média, mas se observa tendência das lâminas mais claras de se apresentarem mais espessas. Estrias de movimentação, contidas nos planos de partição são observadas, às vezes.

Ao microscópio as ardósias escuras mostram laminação muito bem desenvolvida, marcadas por alternâncias de cor (por causa do conteúdo variável de matéria carbonosa) e de granulação. As lâminas mais claras têm elevada proporção de grãos de quartzo, fragmentados e que tendem ao alongamento paralelamente à laminação. Os grãos de quartzo têm tamanho máximo de 0,25 mm. Boa parte dos mesmos exibe extinção ondulante e forma clástica irregular. Por vezes há tendência de agrupamento dos grãos, formando lentículas alongadas paralelas à estratificação. Essa foi afetada por movimento diferencial, atestado por orientação preferida ondulada, de raras escamas de mica branca, com eixo maior tendo 0,3-0,4 mm. Em certas preparações a orientação preferida planar é acentuada.

Os grãos de quartzo apresentam-se imersos em matriz filossilicática não orientada, muito fina e de cor cinzenta (poeira carbonosa). A matriz reage ao HCℓ porém os grãos de carbonato não são observados, sugerindo que se trata de cimento.

As lâminas mais escuras têm baixa proporção de quartzo e são constituídas por um pouco de matéria carbonosa que mancha o agregado filossilicático. Lâminas carbonosas

puras, esfarrapadas e lenticularizadas, podem marcar o contato entre as lâminas mais claras e mais escuras. Têm espessura inferior a 0,1 mm e mostram-se onduladas e, por vezes, atravessadas por grãos de quartzo e, outras vezes, amoldadas aos mesmos.

Escamas de mica branca mostram orientação preferida discreta, sugerindo uma segunda xistosidade. Esse arranjo é incomum.

Grãos opacos de óxidos de ferro mostram, algumas vezes, contornos hexagonais (hematita ?); a maioria dos grãos opacos é formada por magnetita.

Uma estimativa preliminar de composição mineralógica dos tipos básicos de ardósia comercial é mostrada no quadro a seguir (% em volume):

	Escura	Cinza	Verde
Quartzo	24-26	26-30	30-32
Mica branca	31-33	32-34	34-36
Clorita	20-23	18-20	18-20
Feldspato	12-15	12-15	14-15
Carbonato	3-5	2-3	0,5-1,0
Óxidos de ferro	2-3	2-3	2-3
Matéria carbonosa	0,5-1,0	0,2-0,6	< 0,09

As amostras examinadas não continham pirita, mineral relativamente comum, como acessório (<1%). É altamente característico das ardósias cinzentas a presença de arranjos com contorno circular e estrutura interna fibro-radial; o tamanho de cada unidade circular varia bastante, desde 0,5 cm a uma dezena de centímetros. Em geral, são constituídos por matéria ferruginosa hidratada, mas originalmente continham pirita. O processo de oxidação-hidratação origina caprichosas formas circulares que podem interferir umas com as outras. Não é improvável que o material original fosse algum tipo primitivo de organismo.

Um tipo singular de ardósia exibe cor arroxeada (ou vinho rosado) e o material aparece intercalado nas ardósias verdes do Distrito de Felixlândia. O exame microscópico sugere que a clorita é o mineral responsável por essa peculiar coloração.

Geoquímica Inorgânica

O acervo de dados químicos relacionados às ardósias é pobre. As análises disponíveis não são completas, sob o ponto de vista de elementos maiores (óxidos) e não se dispõe de análises de elementos menores e elementos traço, incluindo elementos terras-raras.

Não existem, até o momento, estudos das ardósias relacionando composição química, mineralogia e petrologia, visando interpretar a história geológica da bacia. É importante lembrar que a composição dos folhelhos, proto-rochas das ardósias, em geral, é absolutamente diferente de outras rochas sedimentares clásticas (orto-quartzitos ou arenitos, grauvacas e arcósios).

Sob o ponto de vista de proveniência (isto é, área fonte) Björlykee (1974) demonstrou que a razão $(Al_2O_3 + K_2O)/(MgO + Na_2O)$ pode detectar a presença de uma proveniência de arco vulcânico, em folhelhos ordovicianos da Noruega. As ardósias de Minas Gerais, certamente não provêm de um arco vulcânico, usando o critério do autor citado.

No presente estudo foram examinadas, sob um ponto de vista químico, quatro amostras de ardósias escuras, quatro amostras de ardósias cinzentas, duas amostras de ardósias verdes e uma amostra de ardósia roxa, conforme tabelas 3-15, 3-16, 3-17 e 3-18. Em termos de elementos maiores as análises são completas; onze elementos traço também foram analisados.

Na Tabela 3-19 mostram-se os dados médios para cada variedade comercial, juntamente com valores médios para ardósias do Arqueano e do Paleozóico. As ardósias Bambuí têm idade atribuída ao Proterozóico Superior, próximo da passagem Precambriano-Paleozóico.

Examinadas em um contexto global, as ardósias sob enfoque são comparáveis às suas similares mais antigas e mais novas (ver Tabela 3-19). Diferem do material Arqueano por terem um conteúdo mais baixo de SiO_2, Al_2O_3, FeO, CaO e MgO e do material Paleozóico por terem conteúdo maior de Na_2O e menor, de CaO e H_2O. Contudo, as diferenças apontadas não são singulares a ponto de eliminar as comparações.

Os dados da Tabela 3-19 indicam que na área fonte, o material Arqueano seria um tanto mais máfico e menos oxidado que as áreas fonte para as ardósias Bambuí e do Paleozóico (relação FeO/Fe_2O_3 para ardósias Arqueanas igual a 3,7; para as ardósias Bambuí varia de 2,68 a 1,63, conforme a cor e para as ardósias do Paleozóico, a relação é igual a 1,43).

A razão Al_2O_3/Na_2O é um índice químico de maturidade (Pettijohn, 1957) e conforme esse autor, fornece indicações sobre a morfologia e meteorização da área fonte; valores elevados indicam área fonte imatura, não totalmente arrasada; contudo Condie (1970) interpreta tal razão como reflexo da composição dos materiais da área fonte e dos processos diagenéticos (mobilização do Na no meio sedimentar), o que nos parece mais apropriado, tendo em vista a grande semelhança entre os resultados analíticos disponíveis. De qualquer modo nota-se que o conteúdo de Na das ardósias Arqueanas é mais elevado que aquele de ardósias mais novas, refletindo maior conteúdo em plagioclásio sódico.

As ardósias Arqueanas têm menor conteúdo em K_2O (e maior em Na_2O) que aquelas mais novas, fato claramente notado quanto se examina a relação Na_2O/K_2O ou os próprios valores relativos a esses óxidos.

Algumas observações de caráter geral em relação aos dados das ardósias Bambuí, apresentados na Tabela 3-19, são expostas a seguir.

A sílica é o óxido dominante e está contida no quartzo, nos filossilicatos (representados por sericita - illita - clorita) e no plagioclásio sódico. A alumina está contida principalmente nos filossilicatos e, em menor proporção, no plagioclásio, do mesmo modo que a soda e a potassa. Parte da potassa está presente como sericita. MgO e FeO compõem a clorita, parte do Fe_2O_3 ocorre como hematita e parte, juntamente com FeO, como magnetita. Enxofre ocorre como pirita, P_2O_5 como apatita (não observada ao microscópio). Os óxidos CaO e CO_3 representam calcita. O óxido TiO_2 deve ocorrer como rutilo e seus produtos hidratados (leucoxênio) mas não foram identificados ao microscópio.

Uma questão ainda não investigada relaciona-se ao carbono. Somente estudo radio-cristalográfico permitirá identificar como ocorre o elemento, que pode estar fixado, em parte como grafita e em parte como matéria carbonosa pura.

Os elementos traço não exibem nenhuma singularidade. As médias mundiais para folhelhos normais (Wedepohl, 1969-1978) compreendem: Cr - 90 ppm, Ni - 68 ppm, F - 680 ppm, Zn - 100 ppm, Ba - 550 ppm, Ga - 19 ppm, Sr - 300 ppm, Li - 66 ppm, Cu - 42 ppm e Pb - 25 ppm. Nota-se apenas (ver Tabela 3-19), que os conteúdos das ardósias, para Sr e Li são menores que as médias mundiais para folhelhos.

Tabela 3-15. Composição química de amostras de ardósias "Grafite" ou "Preta" (% em peso para óxidos, ppm para elementos traço). Carbono expressado em % em peso, Sn em todas as amostras < 5 ppm, Cℓ em todas as amostras < 20 ppm. Análises executadas por Lakefield Geosol Ltda.

	8	***14***	***1***	***26***	***média***
SiO_2	58,9	61,0	61,7	62,2	60,95
TiO_2	0,71	0,77	0,71	0,78	0,74
Al_2O_3	15,8	16,60	15,8	15,7	15,97
Fe_2O_3	1,6	2,20	1,8	1,6	1,80
FeO	4,9	4,6	4,8	5,0	4,82
MnO	0,12	0,08	0,10	0,10	0,10
MgO	3,1	3,20	3,0	3,00	3,07
CaO	2,9	0,78	1,60	1,20	1,62
Na_2O	1,7	1,80	1,50	1,80	1,70
K_2O	3,7	3,80	3,60	3,60	3,67
H_2O^+	3,31	3,57	3,20	3,05	3,28
CO_2	2,28	0,61	1,26	0,94	1,27
P_2O_5	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16
C	0,766	0,326	0,48	0,31	0,47
Na_2O / K_2O	0,46	0,47	0,42	0,50	0,46
Al_2O_3 / Na_2O	9,29	9,22	10,53	8,72	9,39
FeO / Fe_2O_3	3,06	2,09	2,67	3,12	2,68
Cr	109	103	96	116	106
Ni	71	78	63	71	71
F	960	1100	900	940	975
Zn	83	98	83	106	92,5
S	270	760	790	330	537
Ba	418	454	429	452	438
Ga	27	27	27	26	27
Sr	311	136	179	144	192
Li	18	28	21	23	22,5
Cu	21	31	20	27	25
Pb	< 5	17	< 5	21	14,5

Tabela 3-16. Composição química de amostras de ardósia "Cinza" (% em peso para óxidos, ppm para elementos traço). Carbono expressado em % em peso, Sn em todas as amostras < 5 ppm, Cℓ em todas as amostras < 20 ppm. Análises executadas por Lakefield Geosol Ltda.

	2	***5***	***12***	***16***	***média***
SiO_2	61,0	62,7	63,4	64,3	62,85
TiO_2	0,71	0,76	0,84	0,85	0,79
Al_2O_3	15,5	15,8	15,6	15,0	15,47
Fe_2O_3	1,7	1,4	3,4	0,96	1,86
FeO	4,6	5,0	3,4	5,3	4,57
MnO	0,12	0,09	0,15	0,10	0,11
MgO	2,9	3,0	2,50	2,90	2,82
CaO	2,3	1,1	0,45	0,78	1,16
Na_2O	1,7	1,6	1,5	2,10	1,72
K_2O	3,7	3,7	4,4	3,30	3,77
H_2O^+	2,99	2,97	3,14	2,77	2,97
CO_2	1,81	0,86	0,35	0,61	0,91
P_2O_5	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16
C	0,578	0,235	0,122	0,181	0,28
Na_2O / K_2O	0,46	0,43	0,34	0,64	0,46
Al_2O_3 / Na_2O	9,11	9,87	10,40	7,14	8,99
FeO / Fe_2O_3	2,70	3,57	1,00	5,52	2,46
Cr	103	123	130	130	121,5
Ni	63	55	78	71	67
F	960	940	900	980	945
Zn	75	73	106	98	88
S	350	60	< 50	100	140
Ba	395	493	643	454	496
Ga	24	28	28	27	27
Sr	248	142	104	136	157
Li	26	22	16	28	23
Cu	18	27	5	31	20
Pb	< 5	< 5	7	17	8,5

Tabela 3-17. Composição química de amostras de ardósia "Verde" (% em peso para óxidos, ppm para elementos traço). Carbono expressado em % em peso, Sn em todas as amostras < 5 ppm, *Cℓ* em todas as amostras < 20 ppm. Análises executadas por Lakefield Geosol Ltda.

	12	***10***	***média***
SiO_2	64,6	64,3	69,45
TiO_2	0,87	0,84	0,85
Al_2O_3	15,5	15,3	15,4
Fe_2O_3	2,3	2,3	2,3
FeO	4,3	4,4	4,35
MnO	0,10	0,14	0,12
MgO	2,50	2,80	2,65
CaO	0,27	0,43	0,35
Na_2O	1,60	1,40	1,50
K_2O	3,90	3,80	3,85
H_2O^+	2,93	3,05	2,99
CO_2	0,31	0,34	0,27
P_2O_5	0,15	0,14	0,14
C	0,041	0,107	0,07
Na_2O / K_2O	0,41	0,37	0,39
Al_2O_3 / Na_2O	9,69	11,0	10,27
FeO / Fe_2O_3	1,87	1,91	1,89
Cr	116	105	110,5
Ni	71	71	71
F	960	900	930
Zn	112	112	112
S	< 50	120	85
Ba	640	651	645
Ga	28	22	25
Sr	71	91	81
Li	17	17	17
Cu	39	107	73
Pb	52	45	48,5

Tabela 3-18. Composição química de amostra de ardósia "Roxa" (% em peso para óxidos, ppm para elementos traço). Carbono expressado em % em peso, Sn em todas as amostras < 5 ppm, Cℓ em todas as amostras < 20 ppm. Análise executada por Lakefield Geosol Ltda.

SiO_2	61,2
TiO_2	0,84
Al_2O_3	16,6
Fe_2O_3	4,50
FeO	3,00
MnO	0,12
MgO	2,70
CaO	0,37
Na_2O	1,20
K_2O	5,10
H_2O^+	3,30
CO_2	0,29
P_2O_5	0,12
C	0,11
Na_2O / K_2O	0,23
Al_2O_3 / Na_2O	13,83
FeO / Fe_2O_3	0,67
Cr	116
Ni	78
F	110
Zn	126
S	< 50
Ba	804
Ga	30
Sr	95
Li	18
Cu	5
Pb	6

Tabela 3-19. Composição química média (% em peso para óxidos e para C, ppm para elementos traço) de ardósias Bambuí e de ardósias Arqueanas (Henderson, 1972, *apud* Condie, 1981) e Paleozóicas (Eckel, 1903, *apud* Garrels & Mackenzie, 1971), identificadas como A e B, respectivamente.

	Grafite	*Cinza*	*Verde*	*Roxa*	*A*	*B*
SiO_2	60,95	62,85	64,45	61,2	57,8	60,64
TiO_2	0,74	0,79	0,85	0,84	0,70	0,73
Al_2O_3	15,97	15,47	15,40	16,6	18,4	17,32
Fe_2O_3	1,80	1,86	2,30	4,50	1,67	2,55
FeO	4,82	4,57	4,35	3,00	6,21	3,66
MnO	0,10	0,11	0,12	0,12	0,09	—
MgO	3,07	2,82	2,65	2,70	3,93	2,60
CaO	1,62	1,16	0,35	0,37	1,89	1,54
Na_2O	1,70	1,72	1,50	1,20	2,19	1,19
K_2O	3,67	3,77	3,85	5,10	3,26	3,69
H_2O^+	3,28	2,97	2,99	3,30	3,11	4,13
CO_2	1,27	0,91	0,27	0,29	0,17	1,47
P_2O_5	0,16	0,16	0,14	0,12	0,19	—
C	0,47	0,28	0,07	0,11	—	—
Na_2O / K_2O	0,46	0,46	0,39	0,23	0,67	0,32
Al_2O_3 / Na_2O	9,39	8,99	10,27	13,83	8,4	14,55
FeO / Fe_2O_3	2,68	2,46	1,89	0,67	3,7	1,43
Cr	106	121	110	110		
Ni	71	67	71	71		
F	975	945	930	930		
Zn	92,5	88	112	112		
S	537	140	85	85		
Ba	438	496	645	645		
Ga	27	27	25	25		
Sr	192	157	81	81		
Li	22,5	23	17	17		
Cu	25	20	73	73		
Pb	14,5	8,5	48,5	48,5		

O leitor perceberá, de imediato, que a ardósia "Roxa" mostra duas singularidades composicionais: a razão $FeO/Fe_2O_3 = 0,67$ (em outros tipos tal razão é >1) e o conteúdo de K_2O, muito alto (5,1%), quando comparado com o dos outros tipos.

As rochas sedimentares que deram origem às ardósias sob exame eram materiais de granulação muito fina (pelitos ou lutitos). Como é de se esperar, essas rochas dominam a coluna estratigráfica do Supergrupo Bambuí. A ardósia média de Eckel (1903), conforme mostrado na Tabela 3-19 (coluna B da tabela), corresponde muito bem às nossas ardósias. A composição normativa da ardósia média é a seguinte: quartzo 24%; caolinita 23%, feldspato potássico 23%, feldspato sódico 12%, clorita de Mg 7%, óxidos de ferro (hematita) 8%, carbonato de cálcio 3%, sulfeto de ferro 1%.

A composição mineralógica (estimada) das ardósias Bambuí, conforme quadro apresentado na seção de petrografia, corresponde não a minerais virtuais (normativos) e sim a minerais reais (moda); considerando que nossas rochas não têm feldspato potássico — e sim mica branca (e illita, provavelmente) — não têm caolinita e nem alta proporção de óxidos de ferro (esses minerais normativos contribuiriam para formar albita e clorita de Fe-Mg) vê-se excelente correlação entre norma e moda.

Não se acredita que a composição química tenha se modificado durante a transformação folhelho → ardósia. O metamorfismo foi essencialmente isoquímico, com alguma perda de água e o ferro foi parcialmente reduzido por uma reação do tipo

$$6\ Fe_2O_3 + C \rightarrow 4\ Fe_3O_4 + CO_2$$

Pode se imaginar que a caolinita original dos folhelhos seria utilizada para formar plagioclásio sódico, conforme a seguinte reação esquemática (Na proveniente da água do mar):

$$Al_2Si_2O_5(OH)_4 + SiO_2 + Na^+ \rightarrow NaAlSi_3O_8 + H_2O$$

Considerando as relações das razões em peso dos valores logarítmicos de SiO_2/Al_2O_3 e $(Na_2O + CaO)/K_2O$, Garrels & Mackenzie (1971) constroem um gráfico (ver Fig.3-5) e comentam que a primeira razão é uma representação numérica da distinção entre arenitos (com alta sílica) e folhelhos (mais aluminosos). A segunda razão fornece uma estimativa da natureza argilosa ou calcária de um sedimento. Folhelhos têm baixa razão $(Na_2O + CaO)/K_2O$ por causa da sua composição mineralógica, enquanto sedimentos carbonatados têm alta razão, refletindo seu conteúdo alto em CaO e baixo em K_2O.

O campo pontilhado da Fig. 3-5 corresponde à composição de pelitos modernos. Nossas amostras (valores médios) compõem um *trend* muito claro, com correlação negativa entre as razões log SiO_2/Al_2O_3 e log $(Na_2O + CaO)/K_2O$, para a ardósia escura — ardósia cinzenta — ardósia verde. Os valores numéricos são os seguintes:

	Escura	**Cinzenta**	**Verde**
log SiO_2/Al_2O_3	0,58	0,61	0,62
log $(Na_2O + CaO)/K_2O$	-0,04	-0,12	-0,32

Assim, quanto mais elevado o valor log SiO_2/Al_2O_3, menor o valor log $(Na_2O + CaO)/K_2O$. Essas relações são muito sensíveis na demonstração das discretas variações mineralógicas entre os diferentes tipos de ardósias Bambuí.

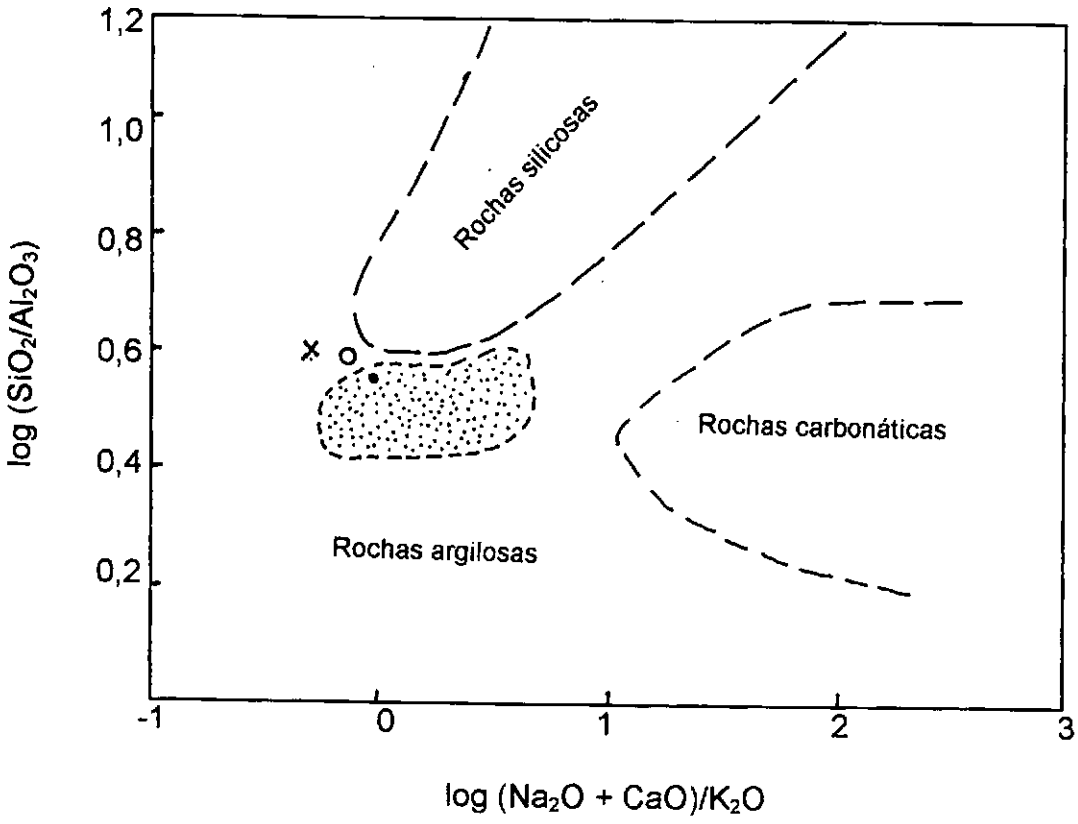


Fig. 3-5. Composição química de sedimentos modernos, como função de SiO_2, Al_2O_3, Na_2O, K_2O e CaO. O campo pontilhado mostra a faixa composicional aproximada dos sedimentos argilosos (segundo Garrels & Mackenzie, 1971). Registram-se as composições das ardósias Bambuí (símbolos representam: ardósia escura •, ardósia cinzenta O, ardósia verde **x**).

Na Fig. 3-6 a composição dos lutitos é comparada com a composição das rochas ígneas (segundo Garrels & Mackenzie, *op. cit.*), em termos das razões Na_2O/Al_2O_3 e K_2O/Al_2O_3. Rochas pelíticas, independentemente da idade e grau metamórfico, têm razão Na_2O/Al_2O_3 menor que qualquer rocha ígnea. Conforme comentam os autores citados, as composições dos pelitos ajustam-se a um *trend* que intercepta o limite inferior do campo ígneo segundo ângulo quase reto. Além disso não há, para as rochas pelíticas, nenhuma correlação entre as variações e sua posição no alinhamento do *trend* (considerando-se idade, grau metamórfico, localidades).

Registramos no diagrama de Garrels & Mackenzie a composição dos diferentes tipos de ardósia Bambuí, cujos valores numéricos são os seguintes:

	Escura	Cinzenta	Verde	Roxa
Na_2O/Al_2O_3	0,11	0,11	0,097	0,07
K_2O/Al_2O_3	0,23	0,24	0,25	0,31

Há um nítido *trend* com correlação negativa entre as razões Na_2O/Al_2O_3 e K_2O/Al_2O_3; quando comparado com o *trend* geral das rochas pelíticas, observa-se que as ardósias Bambuí exibem razões K_2O/Al_2O_3 maiores. O *trend* aponta para composição que corresponde a de uma rocha ígnea granodiorítica, o que está de acordo com o tipo provável de rocha da área fonte.

Na Fig. 3-7, tem-se registros de todas as amostras analisadas, para diferentes percentagens em peso de Na_2O, K_2O e MgO *versus* percentagem em peso de Al_2O_3; os campos para rochas pelíticas sedimentares e metamórficas (originalmente sedimentares) foram definidos por Garrels & Mackenzie (*op. cit.*). Observa-se uma superposição quase completa em termos das variáveis representadas; ademais, existe tendência de diminuição do conteúdo de Na_2O em relação a Al_2O_3, uma certa constância de conteúdo de MgO para Al_2O_3 crescente e uma correlação positiva entre K_2O e Al_2O_3.

As ardósias Bambuí exibem variações muito discretas para os elementos representados; de qualquer modo são típicas rochas pelíticas (sedimentares) metamorfoseadas em grau baixo.

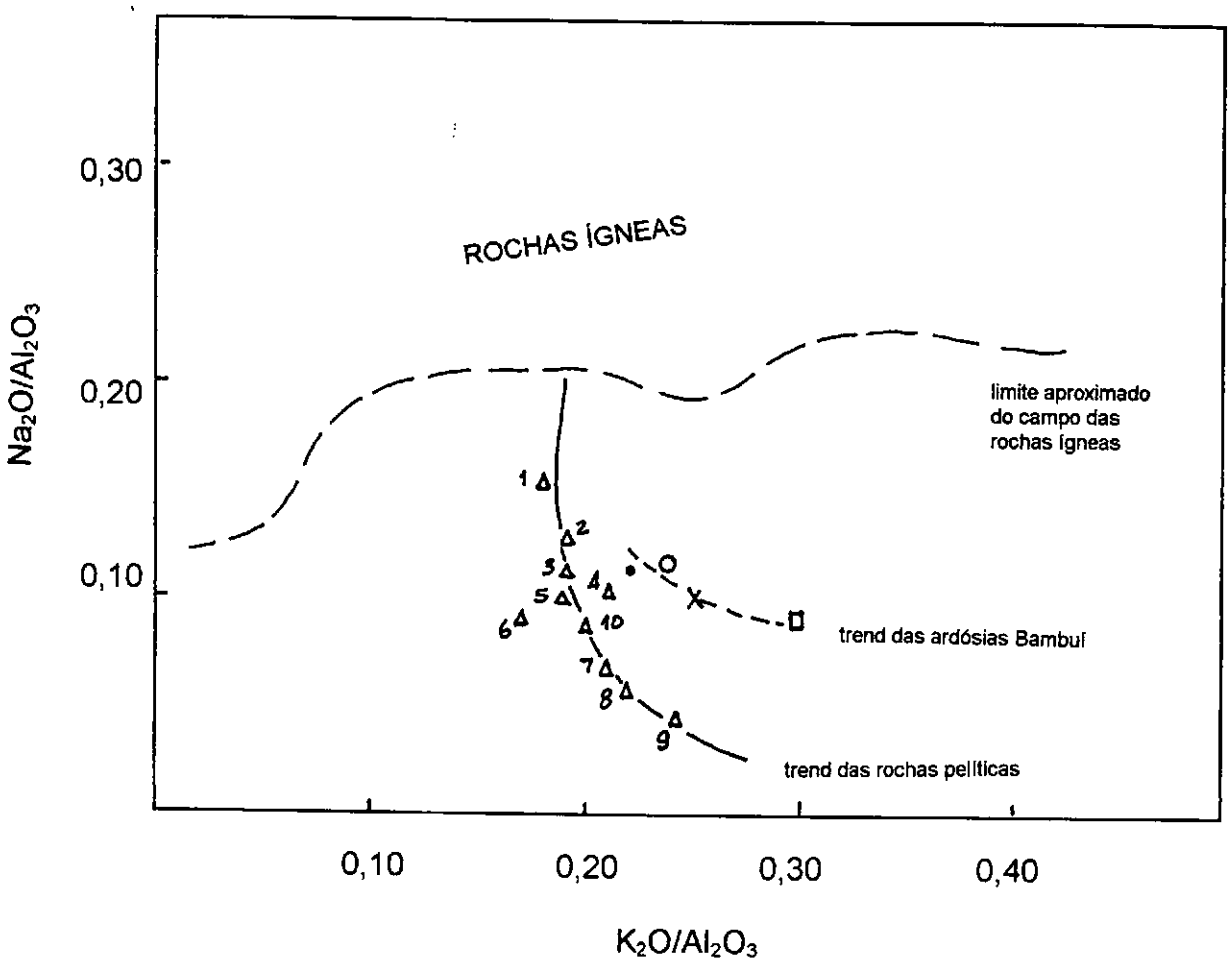
Um registro C *versus* S é mostrado na Fig. 3-8. Há um notável *trend* exponencial, com correlação positiva entre as variáveis assinaladas. Outro *trend* exponencial ocorre entre Ba e Sr, porém a correlação é negativa (Fig. 3-9).

Para outros elementos traço não se notam correlações.

Cor

Não conhecemos nenhuma investigação relacionada à cor das ardósias Bambuí. Um ensaio preliminar é oferecido a seguir. Observe-se que as cores são o aspecto mais conspícuo das ardósias.

Diversos autores têm demonstrado que a cor dos folhelhos (e das ardósias) é fortemente dependente da razão Fe^{3+}/Fe^{2+} e inteiramente independente do conteúdo total de ferro (por exemplo, Pettijohn, 1975). Cores verdes, neste contexto dependem apenas da redução de Fe^{3+} para Fe^{2+}. Segundo Potter *et al.* (1980), a quantidade de carbono orgânico é outro importante controle de cor e é parcialmente independente (ver Fig. 3-10). Os autores comentam que os limites assinalados para os campos de cor na figura são baseados em valores médios. Por outro lado o registro mostra dois campos no diagrama. Essa distribuição é causada pelo efeito do carbono orgânico sobre a razão Fe^{3+}/Fe^{2+} — quantidades mesmo pequenas de carbono favorecem a redução do ferro para Fe^{2+}.



1. Ardósia; 2. Folhelho Mesozóico-Cenozóico; 3. Xistos de alto grau; 4. Filitos; 5. Micaxistos; 6. Sedimentos pelágicos; 7; Ardósia Paleozóica; 8. Ardósia Precambriana; 9. Folhelho da Plataforma Russa; 10. Ardósia e Filito.

Fig. 3-6. Composição média de rochas pelíticas em termos das relações soda/ alumina e potassa/alumina. Dados médios para pelitos segundo vários autores. Símbolos identificando as ardósias Bambuí: • escura; O cinzenta; **x** verde; □ roxa.

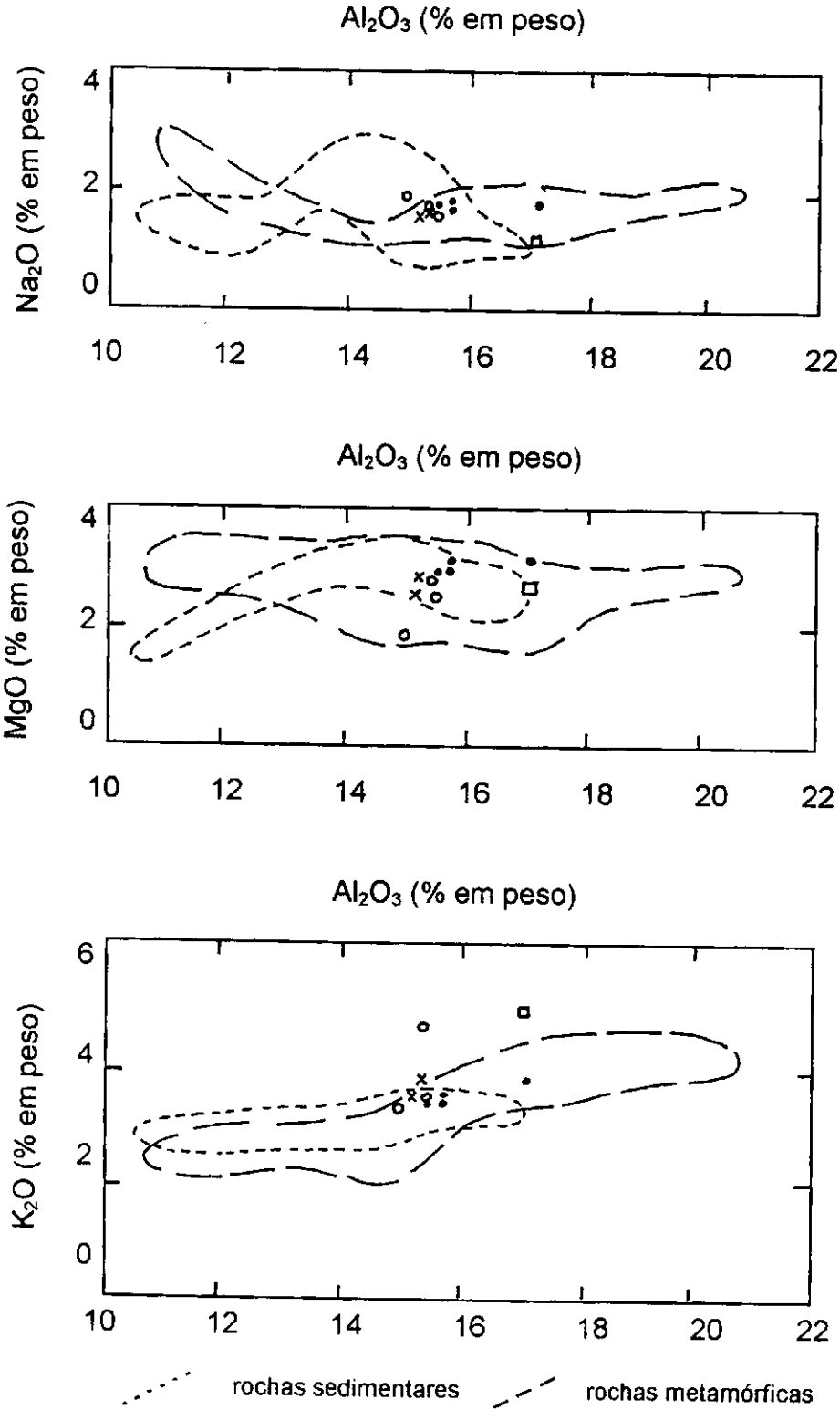


Fig. 3-7. Percentagens em peso de Na_2O, K_2O e MgO *versus* percentagens em peso de Al_2O_3, para rochas pelíticas. Registro de ardósias Bambuí (mesmos símbolos da Fig. 3-6). Campos delimitados segundo dados de vários autores.

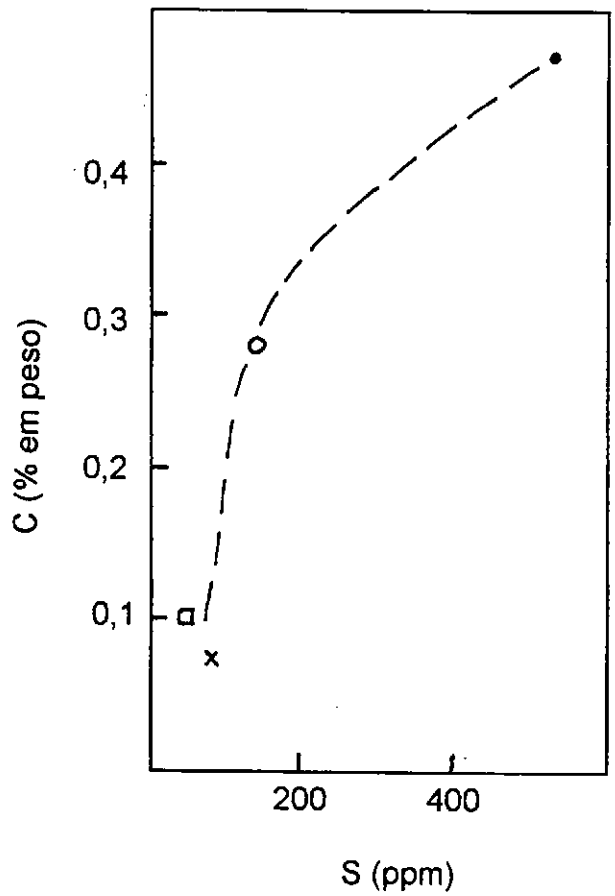


Fig. 3-8. Correlação entre conteúdos de C e de S, nas ardósias Bambuí; observar que o conteúdo de C é um importante elemento de cor. Registram-se valores médios. Símbolos iguais aos da Fig. 3-6.

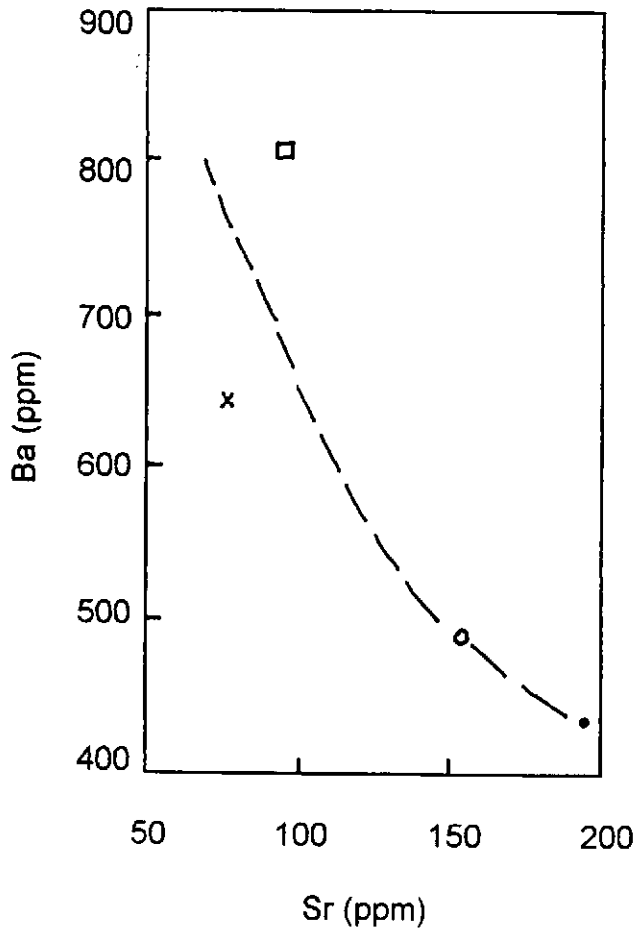


Fig. 3-9. Correlação entre conteúdos de Ba e Sr, nas ardósias Bambuí; o *trend* mostra correlação negativa.

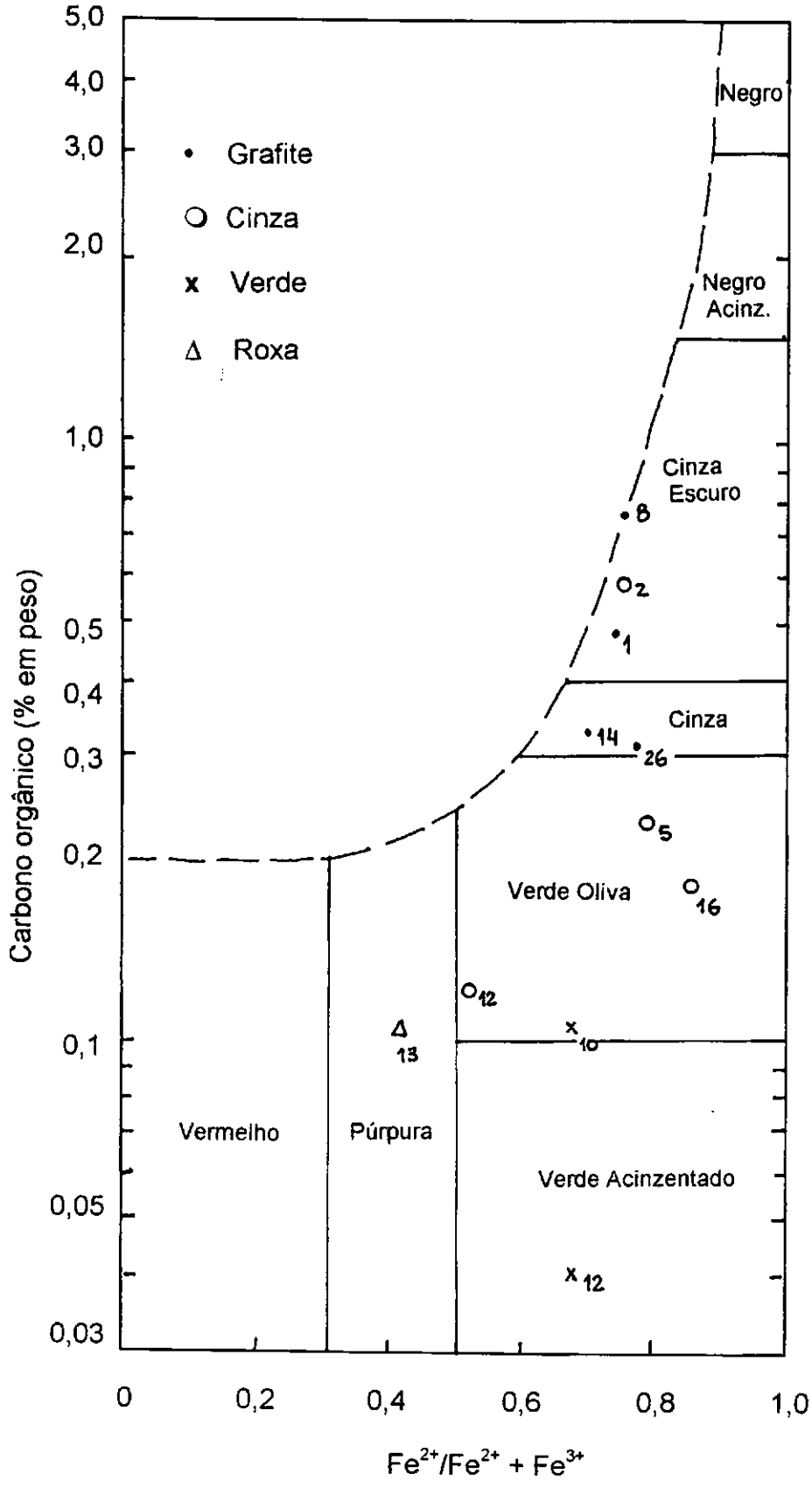


Fig. 3-10. Relação da cor dos folhelhos com o conteúdo de carbono e com o estado de oxidação do ferro. Os valores fracionados indicam a proporção do ferro total no estado +2. Cores determinadas em amostras secas em luz natural e correspondem à classificação da carta de cor da Geological Society of America (diagrama segundo Potter *et al.*, 1980). Os números associados a símbolos são aqueles identificados na Tabela 3-14. • ardósia grafite ou cinza; O ardósia cinza; x ardósia verde; Δ ardósia púrpura.

Os folhelhos mostram partição em duas séries, uma vermelho → púrpura → cinza esverdeado, baseada na razão Fe^{3+}/Fe^{2+}, outra cinza esverdeado → cinza → negro, baseada no conteúdo de carbono. Assim, a pigmentação é devida ao Fe^{3+} na primeira série e ao carbono na segunda, uma vez que Fe^{3+} é convertido para Fe^{2+}. A cor dos folhelhos é, pois, controlada por duas variáveis rochosas diretamente determinadas, Fe^{3+} e carbono (Potter *et al.*, *op. cit.*).

A aplicação do diagrama de Potter *et al.*, para o estudo das cores das ardósias, Bambuí sugere ser possível classificá-las em duas séries, a primeira púrpura → verde e a segunda verde → cinza → escura, controladas pela razão Fe^{3+}/Fe^{2+} e pelo conteúdo de carbono, respectivamente (Fig. 3-11).

A representatividade do nosso diagrama de cor só será estabelecida quando se dispuser de um número bem mais amplo de dados químicos. Por outro lado deve ser comentado que as amostras só serão "representativas" quando se dispuser de material tomado em canal vertical à estratificação (ou de furos de sondagem), de modo a se garantir amostras médias.

A não influência do conteúdo total de ferro (em algumas análises consultadas anteriormente disponíveis, todo o ferro é calculado como Fe_2O_3 ou como FeO e tal procedimento não contribui para um melhor conhecimento da questão da cor) sobre as cores das ardósias Bambuí é demonstrada no diagrama da Fig. 3-12, onde se tem registro das percentagens de Fe^{2+} *versus* Fe^{3+} e do conteúdo total de ferro. Mais uma vez fica comprovada a importância do estado de oxidação do elemento.

Um notável arranjo regional de cor foi estabelecido durante o presente trabalho. Como era de se esperar, a fácies de cor escura (ardósias comercialmente chamadas Grafite e Negra) é proximal, isto é, corresponde à sedimentação ocorrida no bordo sul da bacia Bambuí, em uma zona de deposição que seria um tanto confinada. Havia uma depressão entre o continente e o mar aberto, limitada por um alto-fundo que restringia a oxigenação e renovação de água, tornando anóxico o ambiente de sedimentação.

Mais distalmente, para o norte, ocorrem as ardósias Cinzentas, onde se tem sedimentação com baixo conteúdo de carbono e onde não se tem redução do estado de valência do ferro. Tal fácies de cor tem como material associado a variedade chamada Ferrugem, mas essa cor não é originada por processos ligados à deposição e diagênese. Aparentemente, organismos proliferaram no ambiente mais distal e ao se depositarem, foram substituídos por sulfeto de ferro. Esse, por sua vez, foi oxidado e hidratado, durante meteorização.

Uma terceira zona ou fácies de cor aparece em seguida (considerando-se um arranjo horizontal). Sua cor é verde e a granulometria, síltica; o primeiro aspecto deriva de processo de transformação de Fe^{2+} para Fe^{3+} e, o segundo, de uma provável zona emersa, que abastecia a bacia. Comente-se que tal modelo persistiu durante a sedimentação da Formação Três Marias, portadora de arcósios e siltitos arcosianos. Não há evidência de clima frio ou glacial durante a sedimentação Três Marias, o que faz admitir relevo alçado e deposição rápida e à curta distância, possibilitando a preservação do feldspato, que no caso é plagioclásio. É mais ou menos evidente que o mineral não deriva do continente ao sul da bacia; se assim fosse, haveria presença de dois feldspatos, um potássico, outro plagioclásico.

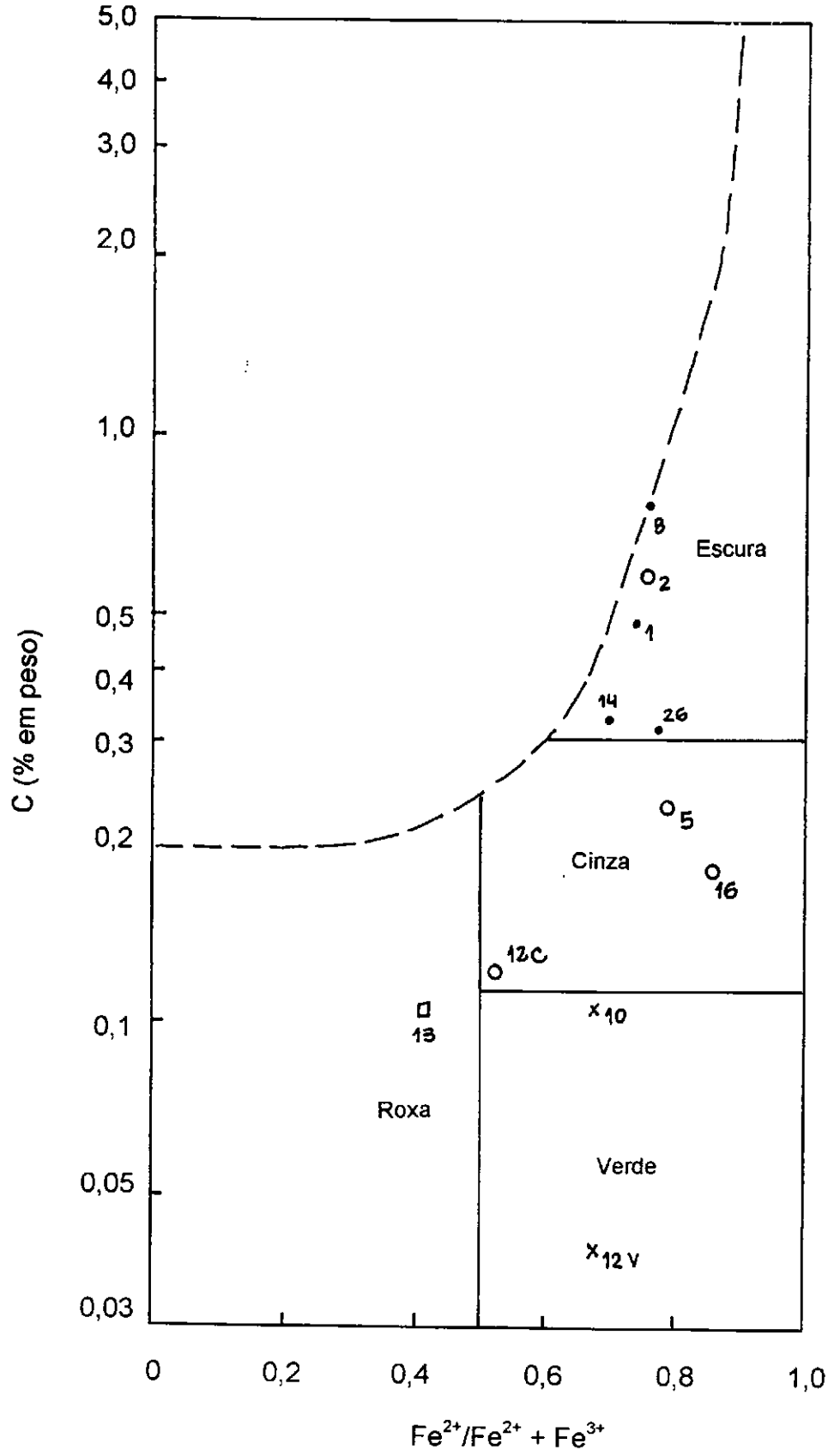


Fig. 3-11. Registro do conteúdo de C *versus* razão $Fe^{2+}/Fe^{2+} + Fe^{3+}$, para as ardósias Bambuí. Uma classificação preliminar de cores, usando os nomes comerciais é apresentada. Observar que não há ardósias "negras" de acordo com a carta de cores da Sociedade Geológica da América.

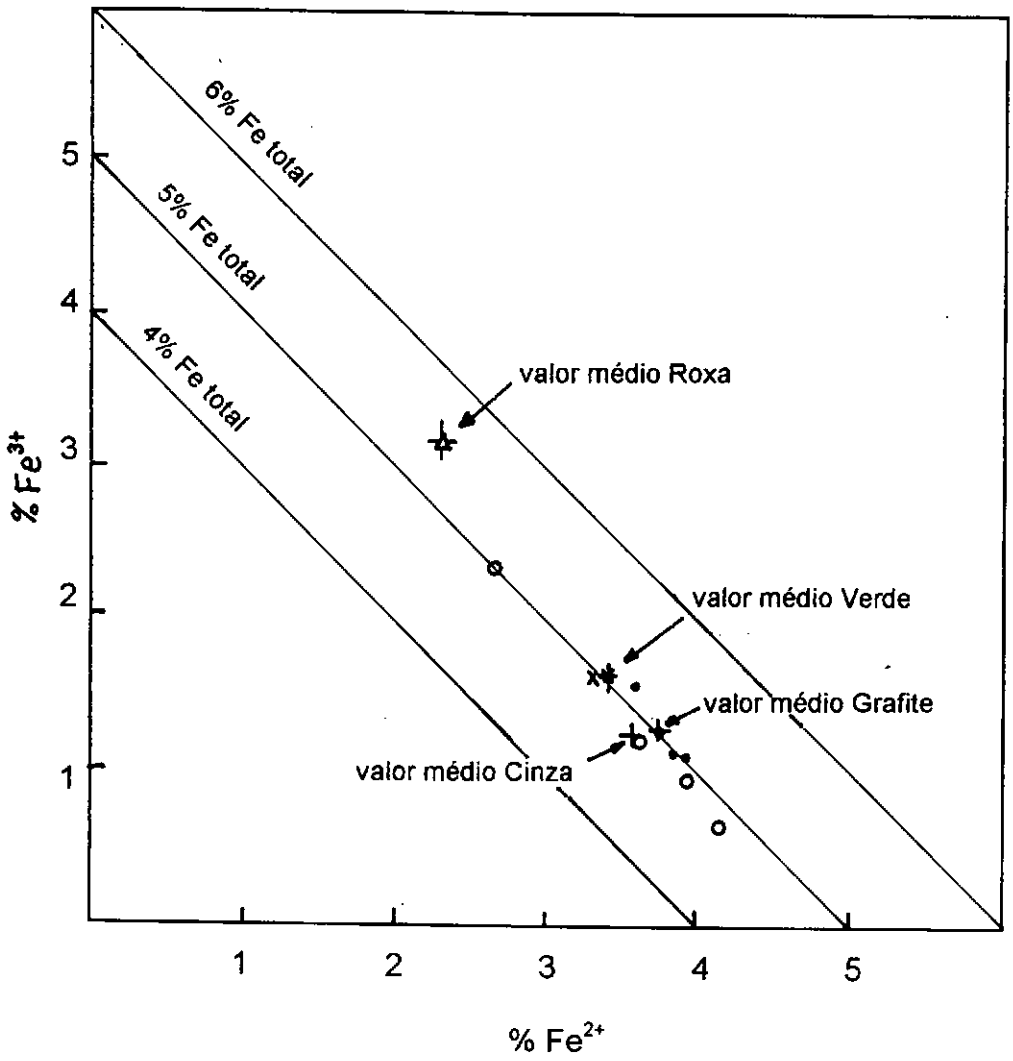


Fig. 3-12. Registro de Fe^{2+} *versus* Fe^{3+} para ardósias de cores diferentes. O conteúdo de Fe total não tem influência sobre as cores das ardósias (valores ao redor de 5% de Fe_t). A razão Fe^{3+}/Fe^{2+} condiciona as cores. Os valores médios para a razão são 0,33 (Grafite), 0,36 (Cinza), 0,48 (Verde) e 1,35 (Roxa).

Propriedades Físicas

Artigo contido na Revista Roc Maquina, de setembro de 1994, dedicado às ardósias da Galícia, Espanha (Docampo & Grovas, 1994), contém informações muito interessantes, parcialmente reproduzidas a seguir.

As propriedades físicas e químicas exigidas para ardósias usadas em revestimento externo de edifícios devem cumprir as seguintes exigências:

a) **incombustibilidade**. A ardósia não deve "arder" a temperaturas elevadas, mesmo acima de 200°C.

b) **impermeabilidade**. A ardósia deve ser impermeável à água e óleos, mesmo com espessura inferior a um milímetro.

c) **porosidade**. A ardósia não pode ser porosa e nem absorver água (mesmo nas faces de corte) e não pode apresentar capilaridade.

d) **inalterabilidade**. A ardósia não deve reagir a ácidos e a bases sendo, pois, insensível aos agentes atmosféricos.

e) **invariabilidade de cor**. A estabilidade cromática deve ser para sempre.

f) **resistência mecânica**. A ardósia é tanto mais resistente quanto mais flexível.

g) **inclusões**. Sulfeto de ferro (pirita) transforma-se facilmente em sulfato, o que não é desejável. Os autores citados escrevem: "*Si la pirita está en forma cristalizada cubica, no se alterará*". Isso não se aplica a ambientes tropicais úmidos.

A norma técnica UNE 22-201 espanhola rege os atributos das ardósias para telhados, em materiais elaborados. Outras normas estabelecem valores admissíveis para os parâmetros físicos e químicos, que incluem peso nominal (centésima parte do peso de 100 placas secas ao ar, expresso em g/placa), peso específico aparente, absorção d'água, resistência ao congelamento, resistência à flexão, resistência a variações térmicas, resistência a ácidos e conteúdo de carbonato.

Ardósias para piso e outros usos são testadas para resistência à compressão, resistência ao desgaste (abrasão) e resistência ao choque.

Outras especificações estabelecem:

1) o peso das placas não deve variar mais de 10% em relação ao peso nominal da partida de material.

2) o peso específico aparente não pode ser inferior a 2,6 g/cm^3.

3) as placas não podem ter absorção de água superior a 3%.

4) a ardósia seca não pode ter módulo de ruptura ou flexão inferior a 290 kg/cm^2.

5) a ardósia embebida em água não pode ter módulo de ruptura inferior a 20% em relação aos valores obtidos em material seco.

6) placas de ardósias com mais de 5% de carbonatos devem ter espessura superior a 5 mm.

Algumas características de ardósias da Galícia são mostradas no quadro abaixo.

Jazida	Cor	Densidade (g/cm^3)	Coeficiente de absorção (%)	Conteúdo de carbonato (%)	Resistência à flexão (kg/cm^2)
Mondoñedo	Verde	2,80	1,03	0,7	410-530
Valdeorras	Marrom	2,84	0,25	0,2	650
Valdeorras	Cinza	2,80	0,35	0,5	740
Valdeorras	Rosada	2,80	0,39	< 0,3	500-600
Lugo	Verde	2,80	1,03	0,7	410-530

Os dados disponíveis para as ardósias Bambuí são muito singelos. A MAP - Mineração Alto das Pedras forneceu os seguintes parâmetros para materiais por ela produzidos (Laboratório Politécnico de Torino, Itália):

Área Presumível	Serra Boa Vista	Alto das Pedras	Alto das Pedras	Felixlândia
Cor	"Preta"	Cinza	Ferrugem	Verde
Densidade (g/cm^3)	2,744	2,736	2,722	2,720
Coeficiente de absorção (%)	0,386	0,207	0,490	0,616
Conteúdo de carbonato (%) *	3,4	0,54	0,38	0,38
Resistência à flexão (Mpa) **	36,5	76,1	31,3	24,3
Resistência à flexão após resfriamento (MPa)	30,5	30,9	20,6	20,0
Desgaste por atrito (coeficiente de abrasão medido em tribômetro - mm)	6,85	6,50	7,54	7,57

* Valor estimado a partir do conteúdo de CaO

** 1MPa corresponde a 9,8066 kgf/cm^2

Observa-se que a ardósia preta desgasta mais que a ardósia cinza, as ardósias ferrugem e verde desgastam mais que as ardósias pretas. Assim, em termos de desgaste crescente tem-se:

cinza → preta → ferrugem → verde

Em relação à resistência à flexão as ardósias cinzas são mais resistentes que aquelas de cores preta e ferrugem (que se equivalem); as menos resistentes são as ardósias verdes.

Outros ensaios disponíveis referem-se à ardósia cinza clara, produzida na jazida da Fazenda Olhos d'Água, da Mineração Letícia (Laboratório do CETEC, MG):

Densidade	2,76 g/cm^3
Coeficiente de absorção	0,46%
Resistência à compressão	166 MPa (1.628 kgf/cm^2)
Resistência à compressão do material saturado	67 MPa (657 kgf/cm^2)
Resistência à abrasão (Mohs)	4,5

Os dados de resistência à abrasão (risco) do quadro não têm qualquer valor, uma vez que foi usada a escala de Mohs, exclusiva para minerais. Trata-se de escala relativa.

Alguns comentários se fazem necessários, em relação aos dados expostos anteriormente.

Não se informa, nem no caso da Galícia, nem no caso de Minas Gerais, quantas amostras foram testadas. Os dados das ardósias da Galícia parecem corresponder a valores médios (por exemplo, valores de resistência à flexão variam dentro de certo *range* e, por isso, supomos testes em várias amostras). O mesmo não pode ser afirmado em relação às ardósias de Minas Gerais.

Um quadro comparativo de propriedades é mostrado abaixo (dados da Galícia, Gal., e Minas Gerais, MG, em material da MAP).

Cor	Densidade		Coeficiente Absorção		Conteúdo de Carbonato		Resistência à Flexão	
	Gal.	MG	Gal.	MG	Gal.	MG	Gal.	MG
Cinza	2,80	2,74	0,35	0,21	0,5	0,54	740	746
Verde	2,80	2,72	1,03	0,62	0,7	0,38	470-530	283

De maneira geral os valores expostos para a Galícia e Minas Gerais se assemelham de modo muito próximo (exceto para a ardósia verde, no teste de resistência à flexão).

A ardósia cinza (MG) é notavelmente mais resistente que qualquer outro tipo, enquanto a ardósia verde é a menos resistente. As ardósias preta e ferrugem equivalem-se em resistência. O arranjo textural descrito em outra seção, justifica tal comportamento.

Do mesmo modo, as diferenças nos coeficientes de absorção dos materiais da MAP são explicadas pelo arranjo textural.

Os conteúdos de carbonato já foram explicados em termos de distribuição do zoneamento das faixas de cor (ver Mapa Geológico-Mineiro).

O desgaste por atrito combina influência de duas variáveis: textura e composição química. No caso da ardósia ferrugem a explicação deriva da origem das formas oxidadas e hidratadas, que diminui a resistência ao atrito.

Pode ser afirmado que as propriedades físicas e químicas das ardósias são variáveis dependentes da textura, composição mineralógica e composição química.

Importância da Fisiografia para a Mineração de Ardósias

A inspeção de um diagrama de freqüência de cotas dos jazimentos de ardósia (cota superior do aparecimento de rocha fresca, comercialmente aproveitável) demonstra a

importância da evolução do relevo na geração desses jazimentos (ver Fig. 3-13). Em uma amostra de 29 jazimentos verificou-se que quase quarenta por cento dos mesmos têm cotas de topo de cerca de 700 m; cerca de 20% das jazidas têm cota de 720 m e cerca de outros 20%, cota de 640 m.

Uma breve nota sobre a fisiografia da província vem exposta a seguir (ver Fig. 3-14 e Prancha Três).

Os níveis topográficos mais elevados estão localizados na Serra de Santa Helena (topo a 1.076 m), Serra da Lontra (topo a 946 m), Serra da Jaboticaba (topo a 1.012 m), Serra do Funil (topo a 1.046 m), Serra da Onça (topo a 1.025 m), Serra do Crioulo (topo a 1.021 m), Serra da Bocaina (topo a 946 m), Serra do Grotão (topo a 918 m) e Serra da Boa Vista (topo a 888 m). Como se trata de rochas horizontalizadas afetadas pela superfície cimeira, e por não haver controle estrutural, as serras têm alinhamento muito variado.

Aparentemente, trata-se da mesma superfície cimeira, com restos preservados nas serras acima mencionadas, isto é, trata-se da superfície de aplainamento mais elevada da Província de Ardósia. Não se detectaram falhas cujo rejeito apontaria para um arranjo afetando a antiga superfície, que se instalou sobre folhelhos (das formações Santa Helena e Lagoa do Jacaré) e arenitos (da Formação Três Marias). As serras acima mencionadas têm encostas abruptas, com declives fortes, o que evidencia terem sido recortadas por erosão posterior, que afetou a superfície já instalada. A diferença de cotas cimeiras pode claramente ser atribuída a discreto basculamento regional para N-NE, que produziu um gradiente de cerca de 1,2 m por quilômetro, de modo contínuo.

A superfície cimeira tem capeamento laterizado, com concreções ferruginosas repousando sobre rocha decomposta e/ou solo, esse com espessura decimétrica.

Uma segunda geração de aplainamento tem cota variável entre 800 m (ou um pouco mais) e 750 m (ver mapa da Prancha Três). Esse aplainamento afetou a Superfície Cimeira (como era de se esperar) e o processo erosivo responsável por sua instalação originou um relevo abaulado, de encostas suavizadas e formas subarredondadas, com topos aplainados e sem qualquer orientação preferencial de cristas e de vales. Não houve desenvolvimento de capa ferruginosa, cimentando detritos; desenvolveram-se solos vermelhos, silto-argilosos, estáveis e com espessura decamétrica. O terceiro período de aplainamento, modelou topografia com cotas entre 750-650 m e tem ampla distribuição regional; aparentemente, nenhum controle estrutural interferiu no estabelecimento do aplainamento. O processo erosional provocou o desenvolvimento de formas topográficas com contornos ameboidais, impressos na interface com a Segunda Superfície de Aplainamento. A interface manifesta-se nas cotas ao redor de 750 m. A maioria dos jazimentos de ardósia do Distrito do Rio Paraopeba e da porção leste do Distrito do Riacho da Areia posiociona-se abaixo dessa cota; são capeadas por solo de espessura variável, além de rocha decomposta em um *continuum*. Ao se afastar da interface acima mencionada, o aspecto amebóide da incisão atenua-se e, mesmo, desaparece. Em consequência, não há jazimentos importantes, porque a espessura do capeamento protetor de solo-rocha decomposta, mantem-se, diminuindo consideravelmente a espessura lavrável de ardósia (ardósia comercial). A comprovação do conceito fica claramente visualizada ao se observar o desenvolvimento conspícuo de lagoas na faixa 650-700 m, dada a proximidade do Membro Médio da Formação Santa Helena. Tais lagoas têm provável origem cárstica.

O parágrafo anterior é o retrato da indicação prospectiva mais importante na seleção de áreas favoráveis para a descoberta e explotação de novos jazimentos.

Controles prospectivos geológico-fisiográficos são indicativos da presença de depósitos minerais mas, não são absolutos.

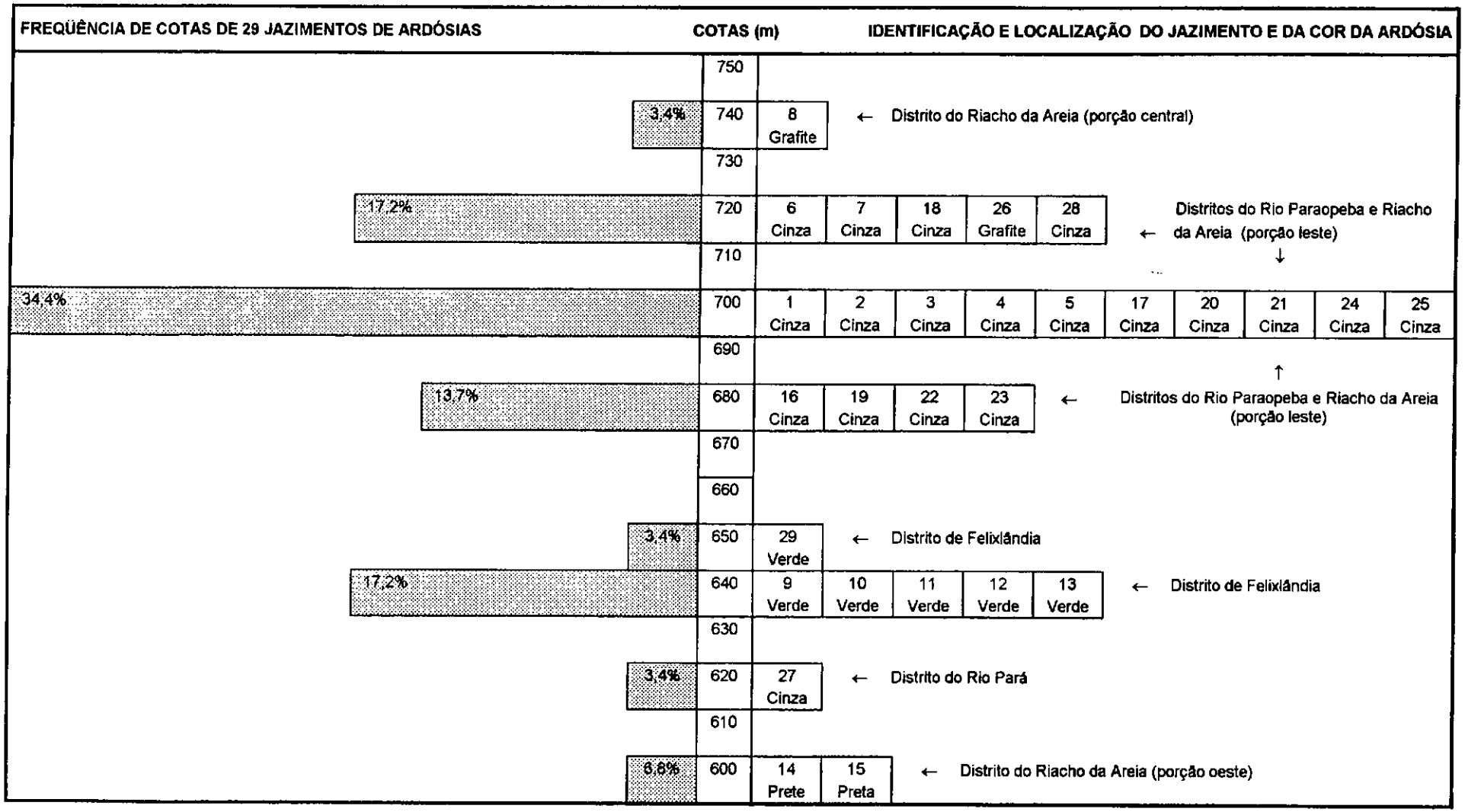
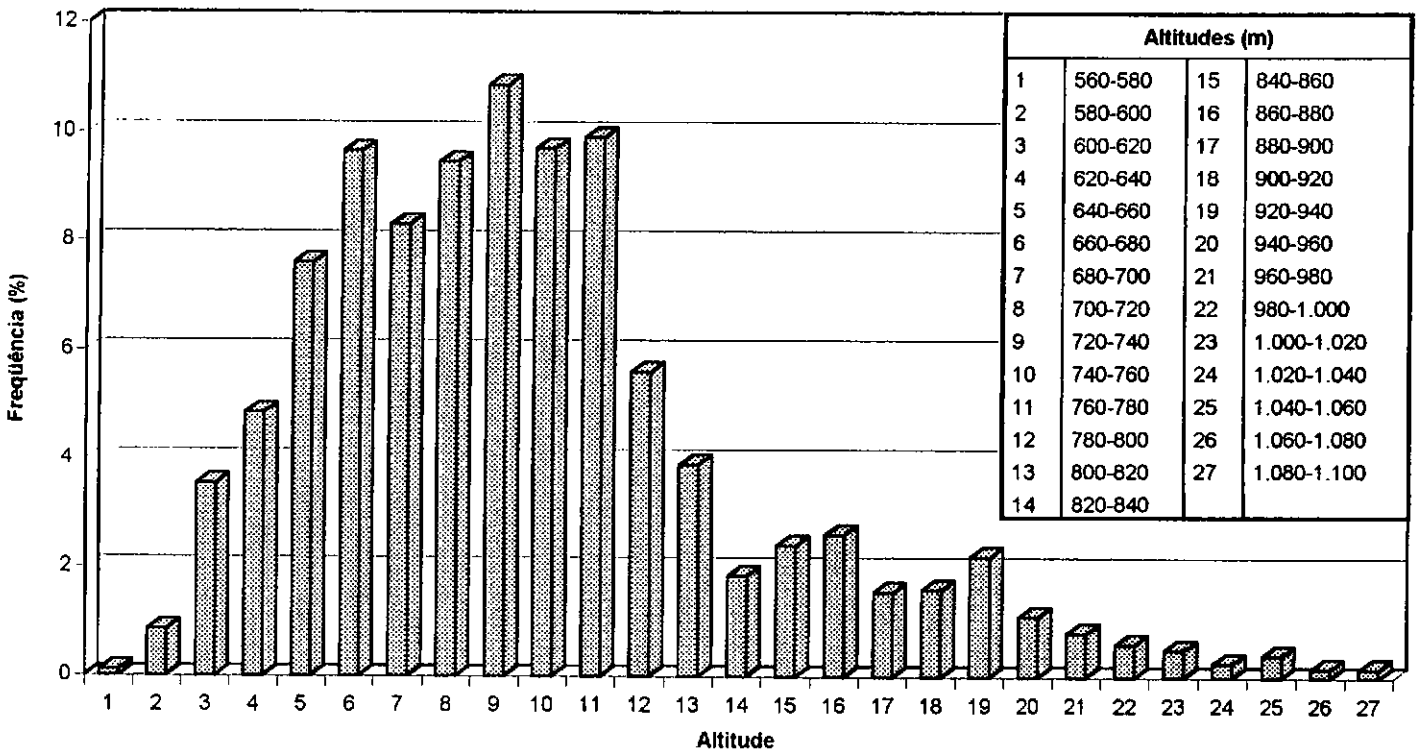


Fig. 3-13. Diagrama de freqüência de cotas e posicionamento topográfico dos jazimentos de ardósia

Fig. 3-14. Diagrama de freqüência de pontos cotados (1.406 medidas), nas folhas Morro da Garça, Pompéu e Sete Lagoas (escala 1:100.000). Ver texto para explicação.



Altitudes (m)			
1	560-580	15	840-860
2	580-600	16	860-880
3	600-620	17	880-900
4	620-640	18	900-920
5	640-660	19	920-940
6	660-680	20	940-960
7	680-700	21	960-980
8	700-720	22	980-1.000
9	720-740	23	1.000-1.020
10	740-760	24	1.020-1.040
11	760-780	25	1.040-1.060
12	780-800	26	1.060-1.080
13	800-820	27	1.080-1.100
14	820-840		

Um quarto período erosivo instalou-se na Província de Ardósia e é responsável pela configuração da rede atual de drenagem. Aparentemente, as fraturas que afetam o sistema rochoso Santa Helena controlam o arranjo da rede de drenagem. Assim, o Rio Paraopeba flui segundo direção geral N30W e em vista de meandrar, encontra-se em fase senil de evolução. Na sua margem direita os afluentes organizam-se segundo direções N60E até WE, enquanto na margem esquerda fluem segundo o meridiano, para norte. Terraços aluvionares aparecem na cota 670 m e aluviões recentes, abaixo dessa cota.

Não há jazimentos de ardósia associados ao Ciclo Erosivo Atual.

Para o caso do Distrito do Rio Pará os conceitos acima não são aplicáveis. O exame dos mapas topográficos e o exame local indicam que o jazimento ali presente alinha-se segundo quebra topográfica de possível origem neotectônica, com escalonamento da Terceira Superfície Erosiva. Ressalte-se ainda que o posicionamento das jazidas Porto Formiga e Margem do Lambari (no extremo oeste do Distrito do Riacho da Areia) é definido pelo mesmo alinhamento. As jazidas sob consideração são encontradas no entalhamento originado pelo Ciclo Atual de Erosão; aparentemente isto ocorre quando o entalhamento orienta-se segundo o paralelo (leste-oeste).

No caso do Distrito de Felixlândia, os jazimentos foram desenvolvidos em uma superfície de cota ao redor de 640 m, que se confronta com o escarpamento topográfico da face meridional da Serra da Boa Vista, que emprestou proteção ao topo estratigráfico da Formação Santa Helena. Para o sul e com o afastamento da proteção citada, o entalhamento não foi capaz de proporcionar as condições fisiográficas necessárias para a implantação de lavras de ardósia.

Conforme já referido, as principais variedades de ardósia extraídas em Minas Gerais, são comercialmente diferenciadas pelo padrão cromático, anotando-se ardósias cinzas, verdes, pretas, grafite e roxas (vinho). As variedades cinzas, pretas e grafite podem dar origem à ardósia "ferrugem", sobretudo como resultado da oxidação de finas lamelas de pirita com estrutura fibro-radial, interestratificadas.

Onde os planos de desplacamento são mais espaçados, formam-se as ardósias do tipo "matacão", cuja incidência cresce de sul para norte na região produtora. Os tipos marrons ou "rolinha", produzidos em menor escala, representam o início do processo de alteração intempérica das variedades cromáticas primárias de ardósia.

As atividades de lavra dessas ardósias em Minas Gerais, distribuem-se por oito municípios, a saber:

- Papagaios (ardósias cinzas, grafite e ferrugem);
- Felixlândia (ardósias verdes e roxas);
- Pompéu (ardósias cinzas e ferrugem);
- Paraopeba (ardósias cinzas e ferrugem);
- Caetanópolis (ardósias grafite e ferrugem);
- Curvelo (ardósias cinzas e ferrugem);
- Martinho Campos (ardósias pretas);
- Leandro Ferreira (ardósias pretas).

A partir dos levantamentos de campo foram cadastradas 28 lavras ativas, 11 das quais com mais de uma empresa atuando na mesma cava (vide Tabela 3-1). Segundo estimativas das empresas mineradoras, a produção líquida deve totalizar 410 mil t/ano, que desdobram aproximadamente 15 milhões de m^2 em chapas e ladrilhos com espessura média de 1 cm.

O principal foco de extração e beneficiamento é o município de Papagaios, que deve concentrar cerca de 80% do total da produção. A principal variedade produzida é a ardósia cinza, seguindo-se as ardósias verdes, ferrugem, grafite, pretas e roxas.

A maior concentração de lavras é a do Córrego das Pedras, onde foram cadastradas seis grandes pedreiras de ardósia cinza, e a área contígua na barra do Rio Verde, com três pedreiras também de ardósia cinza. O outro centro produtor expressivo, em termos do número de pedreiras ativas, é o de ardósias verdes e roxas lavradas contiguamente ao sul da Serra da Boa Vista, no município de Felixlândia.

Todas as lavras são do tipo "céu aberto", normalmente com grande desenvolvimento horizontal e expressão vertical determinada pela espessura do capeamento estéril. Algumas pedreiras de ardósia cinza chegam a ter 200-300 m de extensão e até 50 m de profundidade.

As estruturas das ardósias lavradas, definidas pelos planos de acamamento e clivagem, são paralelas e horizontais (no máximo subhorizontais) em toda a região produtora. Esses planos formam assim um piso regular para as pedreiras, além de compor paredes verticais sólidas e seguras, pouco sujeitas a escorregamentos, mesmo a grandes profundidades.

Sistemas paralelos de fraturamento vertical, podem ser por vez utilizados como fator auxiliar para o desenvolvimento da lavra. Isto ocorre quando é possível fixá-las como limites naturais paralelos ou perpendiculares às paredes, visando avanço da frente de lavra e esquadrejamento do piso da cava.

O emboque das lavras é efetuado em terrenos inclinados, avançando-se a escavação contra o relevo e seguindo-se um plano horizontal/subhorizontal que acompanha o banco (nível) de ardósia objetivado. Os acessos e vias de circulação na cava e arredores são assim muito pouco inclinados e dispensam veículos especiais para as operações de transporte.

Por causa das condições geomorfológicas regionais dos terrenos ardosianos, marcados por uma topografia plano-colinosa, os emboques de lavra distribuem-se preferencialmente no flanco das calhas de drenagem, onde ocorrem os referidos terrenos inclinados. Outras situações topográficas favoráveis para lavra, são associadas ao flanco de terrenos mais abaulados, como os da Serra da Boa Vista a WSW de Papagaios (ardósias grafite) e os da serra homônima em Felixlândia (ardósias verdes).

O capeamento estéril das ardósias chega a atingir 30-40 m de espessura, o que constitui um tipo de limite para a economicidade da lavra. Por exemplo para uma ampliação de 5.000 m^2 (100 m x 50 m), com 40 m de capeamento, deverão ser removidos 200.000 m^3 de material estéril, com peso correspondente a cerca de 400.000 t (base 2t/m^3).

A remoção desse capeamento para as pilhas de bota-fora é efetuada, na maior parte dos casos, por caminhões-caçamba convencionais. Esses caminhões transportam 8 t a 12 t de carga, demandando-se assim cerca de 40.000 viagens para a situação ilustrada.

Depois de acessado o banco de ardósias lavráveis, a taxa média de recuperação situa-se em 30% a 40%, conforme indicação de diversos mineradores consultados. Para o mesmo banco de ardósias referido, com 10 m de espessura lavrável, seriam gerados de 30 mil m^3 a 35 mil m^3 de rejeito, correspondentes a 80 mil -95 mil t de ardósia não aproveitada (base 2,7 t/m^3).

A taxa de recuperação na lavra de ardósias é portanto bastante baixa, não ultrapassando 10%-15% na fase de pleno desenvolvimento de uma pedreira. Se considerarmos a fase inicial de desenvolvimento, a taxa média final de recuperação na lavra deve se situar em 5% a 10%. Este valor é compatível ao noticiado para outros centros mundiais de lavra de ardósia, por exemplo da região da Galícia, na Espanha.

O desmonte do capeamento estéril, formado por solo, toá (rocha intemperizada e fragmentada) e rocha alterada, é efetuado por meios mecânicos convencionais, utilizando-se retroescavadeiras, pás carregadeiras, etc. Detonações são necessárias para os níveis inferiores de capeamento, onde rochas fisicamente pouco alteradas têm de ser removidas.

O desmonte do banco de ardósias aproveitáveis, é por sua vez efetuado pela extração de placas no piso da cava, configurando-se uma lavra em degraus únicos sucessivos ou em degraus múltiplos largos. As placas extraídas têm de 15 a 25 cm de espessura, sendo designadas como "lajões" quando bem esquadrejadas e como "lajinhas" quando formam ângulos agudos e implicam maiores perdas no beneficiamento.

O desacoplamento das lajes (lajões e lajinhas) é primeiramente efetuado, em suas laterais, por corte contínuo a frio, através de discos diamantados acoplados aos "carrinhos de chão" ou "carrinhos de piso". A liberação das lajes a partir do piso da cava, ou seja, o levante, é efetuado por cunhas manuais longas chamadas de "remos". Após a liberação do piso, as lajes são erguidas por empilhadeiras e estocadas nas proximidades, para posterior carregamento e transporte.

A espessura das lajes extraídas é limitada pela profundidade de corte das serras utilizadas nos carrinhos de chão. Esses carrinhos seguem, irregularmente, linhas traçadas no piso através de esquadros metálicos.

Os principais fatores de perda na lavra estão relacionados à ocorrência de "lavados", que é a designação utilizada para fraturas que cortam os planos de clivagem ardosiana, bem como a dos designados "jacarés", que representam níveis de espessura submétrica fortemente fraturados e caulinizados, interestratificados na seqüência. Leitos de ardósia matacão, ainda muito pouco aproveitada em Minas Gerais, são geralmente removidos através de detonações e também caracterizam perdas expressivas.

Os "jacarés" guardam certa semelhança, pelo que se depreende da literatura, com estruturas designadas como "*ribbons*" (fitas, bandas), descritas em ardósias ocorrentes nos EUA e sobretudo na Pensilvânia. Essas estruturas formam níveis paralelos ao acamamento, tendo composição, cor e características físico-mecânicas das ardósias encaixantes, além de estarem por vezes enriquecidas em carbonatos e muito fraturadas.

Visando aumento de produtividade na lavra de ardósias, outras técnicas de corte contínuo deveriam ser pesquisadas para o Estado de Minas Gerais. Destaca-se a aplicação de fio diamantado para extração de ardósias verdes em Felixlândia, onde é bem acentuada a incidência do tipo matacão, visando obtenção de blocos e desdobramento de chapas em teares. Refere-se ainda à tentativa frustrada de utilização, por alguns produtores, de cortadeiras de corrente adquiridas na Itália.

No primeiro caso (fios diamantados), parece haver algum problema para padronização dos blocos lavrados, justamente pela sua partição ao longo dos planos de clivagem ardosiana. No segundo caso (cortadeira de corrente), a baixa produtividade obtida foi conseqüência das diferenças físico-mecânicas existentes entre as ardósias italianas, para as quais o equipamento foi especificado, e as ardósias brasileiras, muito mais resistentes ao desgaste abrasivo. Em ambos os casos, ressalta-se a importância do conhecimento das características tecnológicas dos materiais, tanto para efeito da qualificação dos equipamentos de lavra, quanto para adequação dos produtos de ardósia aos variados campos de aplicação conhecidos e potenciais.

Dentro dos padrões tecnológicos convencionais, o investimento necessário para abertura de uma pedreira com capacidade para 15.000 m^2/mês, é estimado em R$ 300 mil. O custo de lavra, nos mesmos padrões de produção, é de no mínimo R$ 1,50 para o m^2 de "pedras" com 2,0 a 2,5 cm de espessura, que permitem o desdobramento de 3 m^2 de ladrilhos com espessura inferior a 1 cm.

As peças de 2,0-2,5 cm são comercializadas por R$ 2,80 a R$ 4,00/m^2 (preço FOB mina). Pela tendência de retração de preços dos produtos de ardósia no mercado interno, alguns mineradores "relaxam" as medidas das pedras, tanto em área (até 15%) quanto em espessura (até 20%), proporcionando vantagens aos compradores.

Outras questões de interesse sobre as atividades de lavra de ardósias, podem ser observadas no Álbum Fotográfico, que constitui o Volume II deste relatório.

3.5 CONDIÇÕES DE BENEFICIAMENTO

Os produtos comerciais das ardósias extraídas em Minas Gerais, referem-se quase exclusivamente a material de ornamentação e revestimento, elaborado em chapas com dimensões e acabamento variados.

O principal produto, ao qual se remete pelo menos 70% dos 15 milhões de m^2 de chapas elaboradas anualmente, são os ladrilhos/lajotas padronizados, utilizados sobretudo para revestimento de pisos. O restante da produção é destinado à elaboração de chapas para peças "*cut-to-size*", que incluem tampos de mesa, pia e bilhares, revestimento de paredes e pisos, divisórias, mobiliário, telhas, lousas (quadros negros) e artesanato.

Os ladrilhos são, em geral, menos espessos (0,5 a 1,5 cm) e as chapas "*cut-to-size*" mais espessas (1,5 a 3,0 cm). Cerca de 80% dos ladrilhos produzidos têm 40 x 40 cm, com espessura de 8 a 11 mm.

As principais operações de beneficiamento envolvem esquadrejamento (recorte de peças), acabamento de superfícies (levigamento, polimento, fresamento/sulcamento), acabamento de canto (bisotado, boleado, etc.), regularização de espessura (calibração), cortes curvos e perfurações. O primeiro passo e mais importante, refere-se no entanto à delaminação (abertura) das placas mais espessas derivadas da lavra, com uso de martelo e talhadeira.

As unidades de beneficiamento estão instaladas junto às pedreiras, bem como nas sedes dos municípios produtores. Existe maior concentração de atividades nos municípios de Papagaios, Pompéu, Paraopeba e Felixlândia, com grande destaque para Papagaios. Não foram anotados distritos industriais específicos para ardósias, quer nas proximidades dos centros de lavra, quer no âmbito das sedes municipais.

Os produtos elaborados são comercializados no mercado interno e no mercado externo, que mostram padrões bastante distintos de exigência para qualificação das mercadorias. Assim, o perfil tecnológico e o nível organizacional das unidades de beneficiamento e empresas controladoras, são atualmente balizados pela destinação dos produtos.

Para o mercado interno, os ladrilhos não sofrem polimento, calibração e acabamento lateral, sendo portanto apresentados com faces naturais e variações dimensionais, sobretudo na espessura. As empresas que atendem a esse mercado utilizam apenas serras simples, a disco diamantado, para corte/esquadrejamento de chapas, incorporando politrizes manuais (monocabeça, do tipo cabrita) e furadeiras, quando também produzem tampos, divisórias, mobiliário e revestimentos "*cut-to-size*". Existem centenas de micro e pequenas empresas atuando nesse segmento e praticando uma concorrência não cooperativa, o que tem resultado no aviltamento de preços e queda na qualidade dos produtos.

Para o atendimento do mercado externo são exigidas estruturas industriais mais complexas, que proporcionem melhor dimensionamento e acabamento dos produtos. Essas estruturas envolvem linhas automáticas de ladrilhos e chapas, incorporando cortadeiras de chapas do tipo serra de ponte, politrizes multicabeça, içadores de chapas, calibradoras, fresas para sulcos ("*groove*"), encabeçadeiras e furadeiras, sempre mais atualizados tecnologicamente.

Essa tecnologia está disponível para as empresas, na forma de máquinas, equipamentos e materiais de consumo, tanto nacionais quanto, sobretudo, importados. Segundo informações coletadas, já existem instaladas cinco linhas automáticas de ladrilhos, das marcas Coch (argentina) e Bombieri & Venturi (italiana), além de linhas

automáticas para chapas. Também encontra-se instalado, em Paraopeba, um tear italiano multifio Falcon 600, da Wires Engineering, para serragem de ardósia matacão, que opera com 10 fios diamantados.

O investimento necessário para montagem de uma unidade de beneficiamento com linha automática de esquadrejamento, calibração e polimento de ladrilhos, situa-se em R$ 500 mil, divididos igualmente para compra de máquinas e equipamentos e para obras de engenharia civil e infra-estrutura.

O aumento recente das exportações brasileiras, centradas em ladrilhos e tampos de mesa de bilhar, foi devida à agregação dessas tecnologias, aliada a uma estratégia mais agressiva de marketing das empresas em feiras internacionais. Por exemplo, para ladrilhos, o custo de produção dessas empresas, e de maneira geral daquelas com um mínimo de organização técnico-administrativa e regularidade fiscal, é superior ao preço de venda atualmente praticado no mercado interno.

As empresas maiores estão assim se voltando, cada vez mais intensamente, para o mercado externo, enfrentado alguns problemas de adaptação e ajuste técnico de suas linhas de produção. Destaca-se nesse caso a melhoria de atendimento dos fabricantes brasileiros de ferramentas diamantadas e abrasivos, bem como os estudos iniciados pelo SENAI/MG, relativos à otimização do polimento e produtividade nas linhas de ladrilhos e chapas.

A disponibilização de recursos financeiros através de linhas de crédito/ financiamento adequadas, por bancos de desenvolvimento, são importantes para a adaptação tecnológica das empresas. Outra questão importante refere-se ao ajuste de custos e preços para o mercado interno, visando preservação das atividades produtivas e a sua regularização fiscal, trabalhista e ambiental.

Ainda quanto ao enfoque tecnológico da indústria de transformação, deve-se projetar a incorporação de calibradoras e politrizes, visando maior aproveitamento das ardósias matacão e das variedades com superfícies irregulares de desplacamento, bem como a qualificação e diversificação dos produtos colocados no mercado interno. Essas incorporações se desdobram no aumento significativo de resíduos finos em efluentes líquidos, pois a calibração e polimento de chapas consomem até 40% de massa das peças trabalhadas.

Em função de sua resistência físico-mecânica, baixo custo e possibilidades de acabamento, as ardósias são exploradas desde o século IX e utilizadas sobretudo para revestimento de telhados e pisos.

Atualmente, a extração de ardósias é noticiada em vários países da Europa e diversas regiões da América do Norte (EUA e Canadá), bem como na China, Índia, Austrália, Nova Zelândia, África e Japão.

Na Europa são grandes produtores o Reino Unido, Itália, Espanha e Portugal, que exportam boa parte de sua produção (85% no caso da Espanha). China e Índia estão ampliando seus quadros de produção e exportação.

Segundo dados apresentados pelo relatório de 1996 da World Stone Industry (vide Quadro 3-1), a produção mundial de ardósias teria totalizado quase 2,0 milhões de t naquele período. A evolução da produção desde a década de 20, mostra que a participação percentual das ardósias, em um conjunto de rochas que inclui mármores e granitos, decresceu de 24,6% para 5%.

Quadro 3-1. Produção Mundial de Rochas Ornamentais e de Revestimento: Perfil Histórico

	MÁRMORES		GRANITOS		ARDÓSIAS		TOTAL
	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000t	%	1.000 t
1926	1.175	65,6	175	9,8	440	24,6	1.790
1976	13.600	76,4	3.400	19,1	800	4,5	17.800
1986	13.130	60,5	7.385	34,0	1.195	5,5	21.710
1995	21.450	55,0	15.600	40,0	1.950	5,0	39.000

Fonte: SOCIETÀ EDITRICE APUANA - SEA. *World Stone Industry; Report 1996.* Carrara, SEA, 1996. 300p. 7 ed.

Em valores absolutos, no entanto, essa produção mundial quase quintuplicou desde a década de 20. Assim, segundo a mesma fonte, a participação percentual de mármores, granitos e ardósias, no ano de 1995, teria sido respectivamente de 55%, 40% e 5%.

É interessante observar que os dados apresentados pela Societá Editrice Apuana, responsável pelo relatório "*World Stone Industry*", não consideram as ardósias brasileiras. Esta omissão deve-se à não inclusão de informações sobre produção de ardósias no "*Sumário Mineral Brasileiro para Rochas Ornamentais e de Revestimento*", elaborado anualmente pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM.

Considerando-se esses parâmetros, a produção de ardósias de Minas Gerais (410.000 t/ano) representaria cerca de 20% da produção mundial noticiada de ardósias e 20% da produção brasileira de mármores e granitos (2,06 milhões de t em 1996). Assim, apesar de ter produção atual equivalente a da Espanha, o Brasil ainda não ingressou no "mapa" mundial das ardósias e sequer no "mapa" brasileiro de rochas ornamentais e de revestimento.

Ainda quanto à significação das ardósias, refere-se que os 15 milhões de m^2 de chapas desdobradas em Minas Gerais igualam-se ao consumo brasileiro anual de chapas de mármores e granitos. Para os 50 milhões de m^2 de rocha que se estima sejam anualmente consumidas no Brasil, 30% correspondem a ardósias. Se a produção de materiais similares (varvitos e folhelhos) em São Paulo e Santa Catarina de fato constituir

10% do total nacional, como é estimado, mais expressiva será a participação das rochas ardosianas.

Mercado Externo

Em termos de mercado externo, dados do SECEX/DECEX apontam que as exportações brasileiras de produtos de ardósia totalizaram US$ 12,68 milhões, correspondentes a quase 30 mil t, no ano de 1997 (quadros 3-2 e 3-3). Esses totais traduzem, de 1996 a 1997, um incremento de 30,28% em valor e 41,71% em peso, que é o mais expressivo percentualmente entre as rochas ornamentais e de revestimento brasileiras.

No período de 1994 a 1997, as exportações brasileiras de ardósias somaram US$ 40,05 milhões e 88,33 mil t (Fig. 3-15). A variação percentual acumulada nesse período foi de 61,89% em valor e 65,36% em peso.

O principal destino de nossas exportações é os EUA, perfazendo 43,83% em peso e 58,63% em valor no ano de 1997. Para a Europa, no ano de 1997, foram canalizados 23,87% em valor e 30,73% em peso das exportações, com destaque para a Bélgica e Alemanha. Na América do Sul, o principal cliente em 1997 foi o Chile, com 3,46% em valor e 5,14% em peso. Os países já integrados ao MERCOSUL (Argentina, Uruguai e Paraguai), absorveram no mesmo período apenas 1,29% em valor e 3,53% em peso.

Na Fig. 3-16 observa-se que a cota de participação das ardósias brasileiras nas importações americanas, cresceu no período de 1990-92. Ao mesmo tempo, diminuíram ligeiramente as cotas da Itália, Reino Unido e Espanha. A Índia e China, cuja participação no mercado norte-americano também é mostrada na Fig. 3-16, continuam sendo nossos principais concorrentes no mercado internacional de rochas ornamentais e de revestimento, inclusive para ardósias.

A respeito de custos e preços gerais para produtos de exportação, alguns valores de referência podem ser mencionados:

- O preço FOB-porto (Rio de Janeiro) para ardósias cinzas em ladrilhos de faces naturais não calibrados, de 40 x 40 cm com 8 a 11 mm de espessura, é de US$ 7/m^2, chegando a US$ 9/m^2 para ardósias verdes e pretas;

- O custo de produção (lavra + esquadrejamento + seleção) desses ladrilhos oscila ao redor de US$ 3/m^2, com custos adicionais de US$ 2,7/m^2 para embalagem e transporte ao porto de embarque;

- A calibração agrega cerca de US$ 2/m^2 e o polimento e acabamento lateral mais US$ 3/m^2, ao valor de venda dos produtos;

- Ladrilhos calibrados (1 cm), com uma face polida, bisotados e com fresamento/sulcos ("*groove*") no verso, podem ser comercializados a US$ 13/m^2 (± 10%) - FOB-porto;

- Tampos para mesa de bilhar ou sinuca são comercializados entre US$ 40 e US$ 70/m^2, dependendo da espessura (informações da Ardósia Santa Catarina - ASC).

Refere-se finalmente que a ASC exporta, atualmente, em tampos para mesa de bilhar ou sinuca, 400 *containers*/ano; cada *container* recebe 80 jogos de tampos, que perfazem em média 250 m^2, totalizando-se assim 32.000 jogos/ano equivalentes a 100.000 m^2/ano. É importante salientar que o mercado mundial de mesas de bilhar ou sinuca movimenta cerca de 700 *containers*/ano, o que coloca a ASC como detentora de quase 60% desse mercado.

Quadro 3-2. Exportações de Ardósia no Período 1994/97 - Quantidade em Peso (kg líquido)

PAÍS DE DESTINO	1994	%	1995	%	95/94%	1996	%	96/95%	1997	%	97/96%	97/94 %
EUA	9.753.743	55,44	11.201.365	53,03	14,84	11.612.343	56,57	3,67	12.748.975	43,83	9,79	30,71
BELGICA	1.381.081	7,85	2.353.060	11,14	70,38	2.827.443	13,77	20,16	4.254.514	14,63	50,47	208,06
ALEMANHA	1.341.688	7,63	1.251.928	5,93	-6,69	1.207.423	5,88	-3,55	1.590.438	5,47	31,72	18,54
CANADÁ	166.915	0,95	523.135	2,48	213,41	553.901	2,70	5,88	739.981	2,54	33,59	343,33
ITÁLIA	499.585	2,84	871.700	4,13	74,48	455.458	2,22	-47,75	1.204.142	4,14	164,38	141,03
ESPANHA	174.856	0,99	770.539	3,65	340,67	598.622	2,92	-22,31	723.254	2,49	20,82	313,63
CHILE	203.010	1,15	524.954	2,49	158,59	489.777	2,39	-6,70	1.496.291	5,14	205,50	637,05
PAÍSES BAIXOS	274.621	1,56	246.098	1,16	-10,39	337.443	1,64	37,12	395.900	1,36	17,32	44,16
REINO UNIDO	1.128.879	6,42	873.500	4,14	-22,62	284.574	1,39	-67,42	758.946	2,61	166,70	-32,77
COLÔMBIA	47.700	0,27	465.536	2,20	875,97	299.340	1,46	-35,70	613.036	2,11	104,80	1.185,19
VENEZUELA	127.466	0,72	273.499	1,29	114,57	267.555	1,30	-2,17	479.818	1,65	79,33	276,43
JAPÃO	83.530	0,47	73.091	0,35	-12,50	335.950	1,64	359,63	246.154	0,85	-26,73	194,69
ARGENTINA	718.935	4,09	424.856	2,01	-40,90	369.021	1,80	-13,14	430.692	1,48	16,71	-40,09
CINGAPURA	272.760	1,55	73.125	0,35	-73,19	96.050	0,47	31,35	1.160.388	3,99	1.108,11	325,42
AUSTRÁLIA	155.053	0,88	41.039	0,19	-73,53	80.584	0,39	96,36	36.158	0,12	-55,13	-76,68
ÁUSTRIA	0	0,00	37.100	0,18		40.560	0,20	9,33	8.500	0,03	-79,04	
URUGUAI	482.080	2,74	395.175	1,87	-18,03	151.000	0,74	-61,79	446.179	1,53	195,48	-7,45
FRANÇA	0	0,00	0	0,00		129.675	0,63		27.178	0,09	-79,04	
ARÁBIA SAUDITA	76.820	0,44	32.900	0,16	-57,17	35.760	0,17	8,69	34.800	0,12	-2,68	-54,70
PARAGUAI	25.000	0,14	14.000	0,07	-44,00	109.000	0,53	678,57	150.000	0,52	37,61	500,00
CORÉIA DO SUL	0	0,00	38.990	0,18		41.770	0,20	7,13	1.357.260	4,67	3.149,37	
SUÍÇA	195.460	1,11	395.055	1,87	102,12	60.000	0,29	-84,81	0	0,00	-100,00	-100,00
NOVA ZELÂNDIA	0	0,00	0	0,00		18.000	0,09		0	0,00	-100,00	
ISRAEL	35.454	0,20	0	0,00	-100,00	21.344	0,10		19.757	0,07	-7,44	-44,27
ÁFRICA DO SUL	206.510	1,17	110.442	0,52	-46,52	20.940	0,10	-81,04	41.642	0,14	98,86	-79,84
ANTILHAS HOL.	0	0,00	0	0,00		16.240	0,08		0	0,00	-100,00	
PORTO RICO	0	0,00	0	0,00		17.000	0,08		0	0,00	-100,00	
PERÚ	0	0,00	0	0,00		17.600	0,09		20.800	0,07	18,18	
LÍBANO	0	0,00	0	0,00		21.950	0,11		0	0,00	-100,00	
TAIWAN	52.450	0,30	101.454	0,48	93,43	8.750	0,04	-91,38	40.800	0,14	366,29	-22,21
BOLÍIA	62.150	0,35	1.250	0,01	-97,99	2.380	0,01	90,40	0	0,00	-100,00	-100,00
EQUADOR	7.750	0,04	0	0,00	-100,00	0	0,00		20.800	0,07		168,39
GUADALUPE	0	0,00	1.300	0,01		0	0,00	-100,00	0	0,00		
MALÁSIA	17.920	0,10	0	0,00	-100,00	0	0,00		0	0,00		-100,00
MÉXICO	100.980	0,57	29.350	0,14	-70,93	0	0,00	-100,00	20.000	0,07		-80,19
CHINA	0	0,00	0	0,00		0	0,00		23.572	0,08		
TOTAL	17.592.396	100,00	21.124.441	100,00	20,08	20.527.453	100,00	-2,83	29.089.975	100,00	41,71	65,36

Fonte: SECEX/DECEX (março/98)

Quadro 3-3. Exportações de Ardósia no Período 1994/97 - Valores (US$ FOB)

PAÍS DE DESTINO	1994	%	1995	%	95/94 %	1996	%	96/95 %	1997	%	97/96 %	97/94 %
EUA	5.623.918	71,78	6.480.251	66,17	15,23	6.695.871	68,77	3,33	7.436.839	58,63	11,07	32,24
BELGICA	375.371	4,79	784.470	8,01	108,99	834.400	8,57	6,36	1.219.379	9,61	46,14	224,85
ALEMANHA	568.772	7,26	523.480	5,35	-7,96	538.002	5,53	2,77	681.141	5,37	26,61	19,76
CANADÁ	80.046	1,02	239.470	2,45	199,17	286.549	2,94	19,66	402.442	3,17	40,44	402,76
ITÁLIA	129.563	1,65	292.099	2,98	125,45	159.942	1,64	-45,24	453.014	3,57	183,24	249,65
ESPANHA	37.288	0,48	184.615	1,89	395,11	159.670	1,64	-13,51	203.849	1,61	27,67	446,69
CHILE	43.567	0,56	150.766	1,54	246,06	151.621	1,56	0,57	439.066	3,46	189,58	907,79
PAÍSES BAIXOS	99.735	1,27	123.854	1,26	24,18	150.982	1,55	21,90	167.392	1,32	10,87	67,84
REINO UNIDO	299.716	3,83	321.130	3,28	7,14	123.207	1,27	-61,63	288.767	2,28	134,38	-3,65
COLÔMBIA	14.380	0,18	189.711	1,94	1.219,27	112.883	1,16	-40,50	162.175	1,28	43,67	1.027,78
VENEZUELA	49.664	0,63	102.932	1,05	107,26	102.024	1,05	-0,88	186.561	1,47	82,86	275,65
JAPÃO	19.849	0,25	18.164	0,19	-8,49	99.404	1,02	447,26	85.994	0,68	-13,49	333,24
ARGENTINA	86.200	1,10	59.209	0,60	-31,31	81.370	0,84	37,43	92.620	0,73	13,83	7,45
CINGAPURA	85.551	1,09	23.865	0,24	-72,10	41.613	0,43	74,37	369.045	2,91	786,85	331,37
AUSTRÁLIA	52.330	0,67	13.070	0,13	-75,02	39.552	0,41	202,62	18.967	0,15	-52,05	-63,76
ÁUSTRIA	0	0,00	14.658	0,15		21.936	0,23	49,65	3.852	0,03	-82,44	
URUGUAI	26.290	0,34	22.284	0,23	-15,24	21.059	0,22	-5,50	55.372	0,44	162,94	110,62
FRANÇA	0	0,00	0	0,00		17.444	0,18		10.383	0,08	-40,48	
ARÁBIA SAUDITA	39.000	0,50	17.100	0,17	-56,15	14.796	0,15	-13,47	18.644	0,15	26,01	-52,19
PARAGUAI	1.430	0,02	1.400	0,01	-2,10	12.631	0,13	802,21	15.114	0,12	19,66	956,92
COREIA DO SUL	0	0,00	11.896	0,12		10.511	0,11	-11,64	300.000	2,37	2.754,15	
SUIÇA	51.023	0,65	123.370	1,26	141,79	10.200	0,10	-91,73	0	0,00	-100,00	-100,00
NOVA ZELÂNDIA	0	0,00	0	0,00		8.820	0,09		0	0,00	-100,00	
ISRAEL	8.299	0,11	0	0,00	-100,00	8.320	0,09		8.685	0,07	4,39	4,65
ÁFRICA DO SUL	74.290	0,95	45.624	0,47	-38,59	7.402	0,08	-83,78	15.853	0,12	114,17	-78,66
ANTILHAS HOL.	0	0,00	0	0,00		6.524	0,07		0	0,00	-100,00	
PORTO RICO	0	0,00	0	0,00		6.440	0,07		0	0,00	-100,00	
PERU	0	0,00	0	0,00		5.209	0,05		9.450	0,07	81,42	
LÍBANO	0	0,00	0	0,00		4.980	0,05		0	0,00	-100,00	
TAIWAN	17.203	0,22	38.052	0,39	121,19	2.640	0,03	-93,06	8.846	0,07	235,08	-48,58
BOLÍIA	7.873	0,10	280	0,00	-96,44	680	0,01	142,86	0	0,00	-100,00	-100,00
EQUADOR	1.578	0,02	0	0,00	-100,00	0	0,00		9.450	0,07		498,86
GUADALUPE	0	0,00	595	0,01		0	0,00	-100,00	0	0,00		
MALÁSIA	5.120	0,07	0	0,00	-100,00	0	0,00		0	0,00		-100,00
MÉXICO	37.317	0,48	11.271	0,12	-69,80	0	0,00	-100,00	9.102	0,07		-75,61
CHINA	0	0,00	0	0,00		0	0,00		12.539	0,10		
TOTAL	7.835.373	100,00	9.793.616	100,00	24,99	9.736.682	100,00	-0,58	12.684.541	100,00	30,28	61,89

Fonte: SECEX/DECEX (março/98)

Fig. 3-15. Exportações Brasileiras de Ardósias

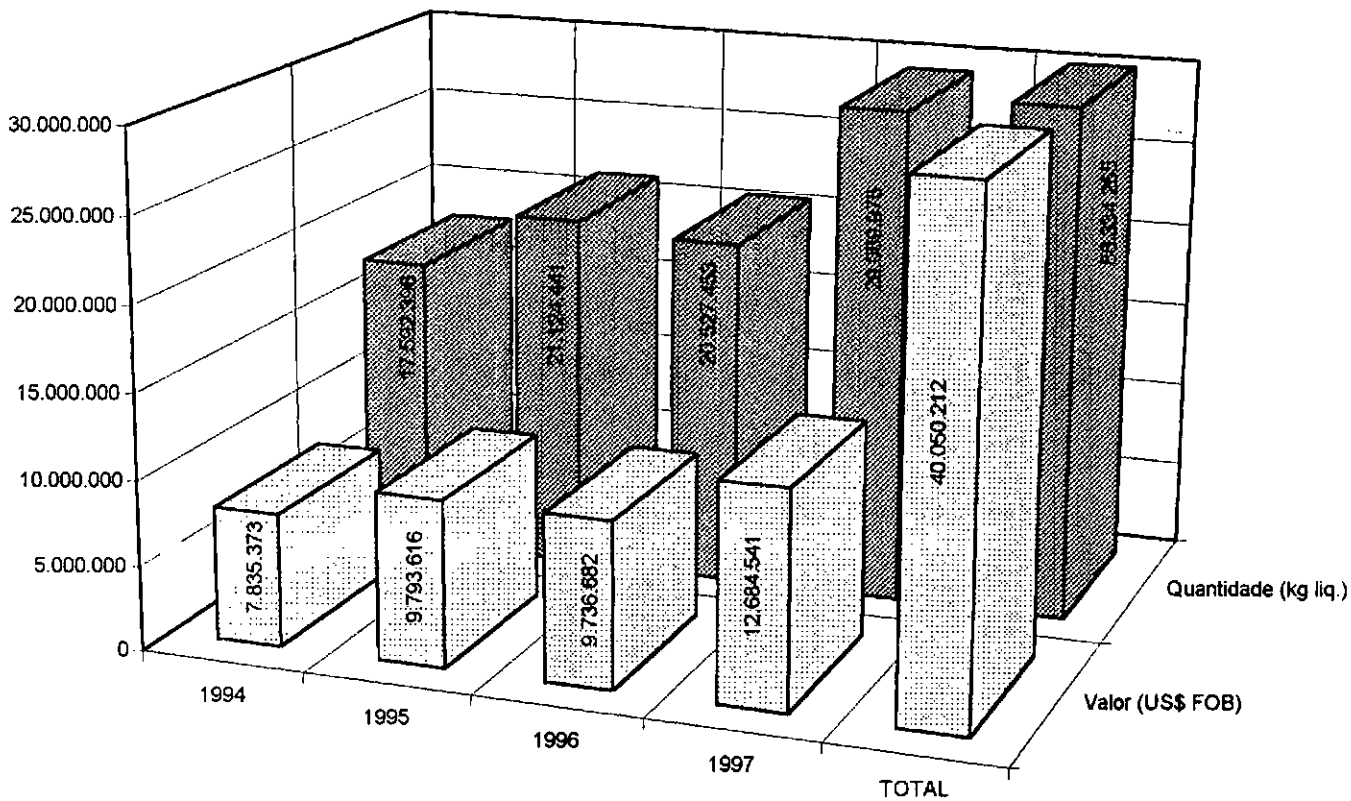
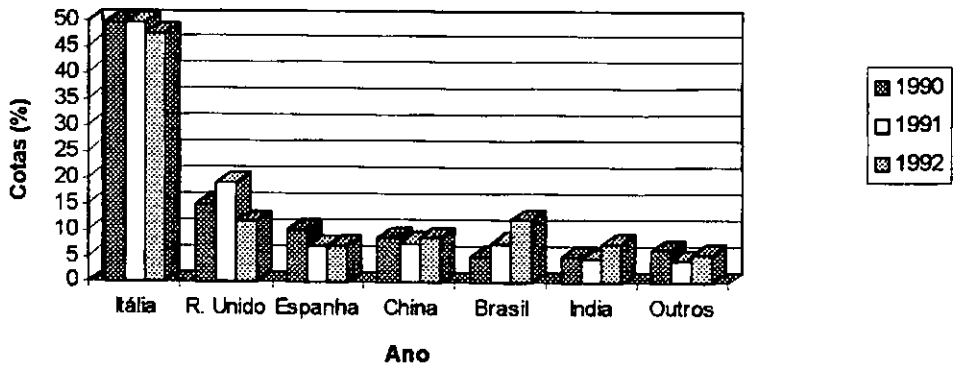


Fig. 3-16. Cotas de Importações de Ardósia nos EUA



Mercado Interno

No mercado interno observa-se uma situação distinta da do mercado externo. As chapas (*"cut-to-size"*) ainda atingem preços razoáveis para o produtor, mas os ladrilhos seguem uma tendência negativa, já com quase aviltamento das bases de comercialização.

Como referência, menciona-se que o preço de venda de chapas polidas com 2,0 a 2,5 cm de espessura, não calibradas, oscila de R$ 13/m^2 a R$ 15/m^2, não se incluindo aí o custo de frete. As mesmas chapas, calibradas, são colocadas a cerca de R$ 22/m^2, também FOB-indústria.

Da mesma forma, tampos para mesa de bilhar ou sinuca, com ambas as faces calibradas, são comercializadas por aproximadamente R$ 22/m^2, com 18 mm de espessura, e por R$ 27/m^2, com 30 mm de espessura.

O preço de venda dos ladrilhos, principalmente como resultado de uma concorrência não cooperativa entre os pequenos serradores, oscila por sua vez de apenas R$ 1,20/m^2 a R$ 2,00/m^2 (FOB-indústria), tanto para ladrilhos de espessura fina (4 a 7 mm), quanto média (8 a 11 mm) e grossa (12 a 15 mm).

Esses pequenos serradores são os principais fornecedores para o mercado interno, que ainda representa a maior destinação dos produtos das ardósias mineiras.

O Prefeito de Paraopeba, Sr. Nelson Leonardo Lima, ilustrando a paralisação de 40 pequenas empresas serradoras do município, mencionou que o problema está ligado a dois fatores:

1. Concorrência entre a empresa informal e a regular, que acaba "quebrando" a empresa regular pelos preços mais baixos praticados pela empresa informal;

2. Inadimplência dos compradores para com a empresa informal, que recebe cheques sem fundos e não tem a quem recorrer.

Além disso, as vendas são faturadas para 30-60 dias, obrigando o vendedor a recorrer a agiotas, o que diminui ainda mais as supostas margens de lucro. Costuma-se assim dizer que o bom cliente pertence a um só fornecedor, que faz o possível — sobretudo com preços — para preservá-lo.

Conforme já referido, as ardósias cinzas, de maneira geral, "abrem" melhor e se desdobram mais facilmente em ladrilhos, razão pela qual têm maior produção. Dispensando qualquer sofisticação de processamento, essas ardósias proporcionam custos reduzidos para as linhas de padronizados, suportando os baixos preços de venda.

As outras variedades cromáticas (verdes, roxas, grafite e pretas) têm mais dificuldade de partição e/ou maior incidência do tipo matacão, restringindo as possibilidades de desdobramento no parque industrial instalado. Como conseqüência, caem tanto a produção quanto os preços dos produtos.

A situação acaba afetando até as grandes empresas atuantes no mercado externo. Essas empresas têm custos mais elevados de produção e precisam comercializar no mercado interno, os materiais refugados pelo controle de qualidade para o mercado externo.

A criação de estruturas cooperativas poderia permitir a diversificação e qualificação dos produtos, com maior agregação de valor. A valorização não afetaria o perfil do mercado consumidor, porque os preços continuariam sendo extremamente competitivos frente a outros materiais de revestimento. No município de Paraopeba, já está se organizando a montagem de uma cooperativa para os pequenos serradores de ardósia.

A Província de Ardósia de Minas Gerais está inclusive muito bem situada em relação aos mercados da região sudeste, que segundo estimativas são responsáveis por 80% do consumo brasileiro de rochas de revestimento. Mesmo para as regiões norte e nordeste, o custo de transporte não reduz a atratividade das ardósias. Por exemplo, ladrilhos vendidos a R$ 1,50/m^2 em Papagaios, chegam a R$ 3,00/m^2 em Pernambuco.

A partir de um bom trabalho de marketing, calcado na qualificação das ardósias e seus produtos, bem como na modernização tecnológica do beneficiamento, haveria condições para se utilizar e até ultrapassar a capacidade instalada do parque industrial (2 milhões de m^2/mês), para o mercado interno. Seria também factível triplicar as vendas para o mercado externo, até patamares de US$ 40-50 milhões/ano em um horizonte de cinco anos.

3.7 QUESTÕES AMBIENTAIS

A região onde está inserida a Província de Ardósia de Minas Gerais, experimentou três ciclos recentes de atividade extrativista:

- na década de 60, o garimpo de cristais;
- na década de 70, a extração de madeira para carvão vegetal; e
- a partir da década de 80, a lavra e o beneficiamento de ardósias.

A vegetação primitiva de cerrado, ocorrente nessa região já havia sido portanto extensivamente descaracterizada quando se instalou o ciclo das ardósias.

Outros problemas ambientais são, no entanto, de fato remetidos à atividade minero-industrial de ardósias. Tais problemas são essencialmente derivados dos seguintes fatores:

- reduzido índice final de aproveitamento da lavra e do beneficiamento, o que é comum aos outros centros mundiais de produção;
- baixa agregação de valor aos atuais produtos, o que diminui a capacidade de investimento empresarial;
- não aproveitamento do material refugado na lavra e no beneficiamento, para usos industriais diversos.

Os impactos ambientais do setor podem então ser assim identificados:

- grandes cavas geradas para extração;
- pilhas de bota-fora das lavras e unidades de beneficiamento próximas, contendo estéril e rejeitos;
- resíduos sólidos (cacos e aparas) do beneficiamento, nas zonas urbanas e suas proximidades, dos municípios produtores;
- efluentes líquidos portadores do pó da serragem e calibração, gerados nas proximidades das pedreiras e zonas urbanas dos municípios.

O encaminhamento de soluções, dentro de uma visão pragmática e utilitarista, é necessário para a preservação e crescimento do setor de ardósias. As soluções devem contemplar três objetivos estratégicos principais:

- o atendimento das normas vigentes para controle ambiental e recuperação de áreas, sobretudo na mineração, respeitando-se as especificidades e possibilidades técnico-econômicas do setor;
- o credenciamento do setor junto à comunidade regional e instituições estaduais, como veículo de desenvolvimento e geração de divisas;
- o credenciamento ambiental das ardósias de Minas Gerais no mercado internacional, que cada vez mais exigirá o "selo verde" para qualificação dos produtos comercializados.

Como objetivos táticos, destaca-se que em relação às cavas das pedreiras, não existem condições econômicas para retornar o material necessário ao seu preenchimento. Seria no caso factível que essa prática fosse doravante adotada pelos mineradores, através de suporte técnico adequado e a partir de um entendimento com os órgãos estaduais de controle ambiental. Todas as lavras de ardósia têm basicamente a mesma configuração, podendo-se assim formular orientações comuns.

As pilhas de bota-fora erguidas nas proximidades das pedreiras são heterogêneas, contendo material de capeamento (solo, toá e rocha alterada), rejeitos da lavra (cacos de rocha fresca) e resíduos sólidos de beneficiamento (aparas de rocha fresca), dispostos aleatoriamente na pilha. Pode-se no caso sugerir:

- vegetação das pilhas já existentes, visando sua estabilização e integração na paisagem;
- separação dos diferentes rejeitos e resíduos, em pilhas mais homogêneas;
- observação de normas para montagem das novas pilhas, já que existem restrições quanto à composição de taludes em ponta de aterro;
- utilização do material acumulado nas novas pilhas, sobretudo para agregados;
- definição de critérios para reposição desse material nas cavas.

A partir da produção líquida de ardósias estimada para Minas Gerais, bem como dos índices finais de recuperação na lavra, calcula-se que sejam gerados e se acumulem em pilhas de bota-fora, cerca de 5 milhões de t/ano de estéril e rejeitos.

Quanto aos resíduos sólidos gerados nas zonas urbanas e suas proximidades, dos municípios produtores, é necessário:

- definir locais apropriados e específicos para sua disposição;
- explicitar normas para montagem de pilhas;
- estudar formas de aproveitamento; e
- estruturar distritos industriais, com base em planos diretores municipais.

Nenhum dos municípios produtores desenvolveu distritos industriais específicos para o beneficiamento de ardósias, apesar da expressiva concentração de atividades em Papagaios, Paraopeba, Pompéu e Felixlândia. O município de Papagaios é o único com local especificado para disposição de resíduos sólidos, distante cerca de 6 km da zona urbana.

Pela movimentação diária de aparas, retalhos, lascas, etc., a partir da cidade de Papagaios, calcula-se geração de 250.000 t/ano desse tipo de material. Cerca de 250.000 t são colocadas no bota-fora e 45.000 t transformadas em brita.

Os efluentes líquidos também demandam especificação de locais adequados para despejo, estudo de alternativas para aproveitamento e aperfeiçoamento de técnicas para purificação e reciclagem da água. Todas as abordagens seriam otimizadas pela estruturação de distritos industriais.

Também tomando-se como exemplo a cidade de Papagaios, calcula-se geração de 8.000 t/ano de pó de ardósia, derivadas da serragem e calibração de ladrilhos e chapas.

É possível admitir que a permanência do setor de ardósia em Minas Gerais, como atividade economicamente viável, tenha estreita relação com o trato ambiental da lavra e do beneficiamento, em especial com a viabilização industrial dos resíduos e efluentes.

Os estudos mais abrangentes nesse sentido, foram iniciados em 1996 através de convênio firmado entre o SEBRAE-MG, o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG) e Associação Comercial e Industrial de Papagaios. Tais estudos, intitulados "*Caracterização e Pesquisa de Aplicações de Resíduos e Aparas de Ardósia*", centrou seu enfoque em resíduos sólidos e efluentes líquidos resultantes das atividades de extração, beneficiamento e industrialização de ardósias.

As pesquisas sobre os resíduos/rejeitos sólidos foram coordenadas pelo Prof. Wilfrid Keller Schwabe. Foram realizadas análises granulométricas, mineralógicas, químicas, termo-diferenciais, termo-gravimétricas e alguns testes cerâmicos, analisando-se o pó de ardósia e aparas de tamanho variável.

Essas análises permitiram caracterizar o pó de ardósia como um material fino, sílico-aluminoso, que tem plasticidade e alto teor em óxidos de ferro e álcalis (Na_2O e K_2O). Sua composição é semelhante a de uma argila utilizada em olaria. O pó pode ser misturado na proporção de até 50% com argila para cerâmica vermelha. O teor de óxido de ferro

aprofunda a cor vermelha e o teor de álcalis pode baixar o ponto de fusão, facilitando a sinterização e diminuindo o consumo de energia na queima.

O rejeito sólido da ardósia, transformado em pó ou brita, tem alta potencialidade para aplicação em agregados, agregado leve, cargas (principalmente para massa asfáltica), blendagem com cimento e material cerâmico. Dependendo ainda de pesquisa mais aprofundada, apresenta possibilidade de uso na fabricação de telhas e tijolos, impermeabilização em reservatórios e aterros, corretivo de solos, produção de solo-cimento, pozolana e na recuperação de áreas degradadas.

A continuidade das pesquisas sobre a aplicação dos rejeitos sólidos propõe avaliação técnica e econômica para concretos convencionais e de alto desempenho, pavimentos de concreto, indústria de pré-moldados, pavimentos asfálticos, matéria-prima para agregado leve e adição a massas de cerâmica vermelha.

Os estudos sobre os efluentes líquidos foram coordenados pelo Prof. Leo Heller e tiveram como objetivo o tratamento dos efluentes com separação das partes sólida e líquida, reutilização da parte sólida e disposição adequada da parte líquida. Foram elaboradas análises de pH, turbidez e dos sólidos, e ensaios de coagulação, floculação e decantação.

De acordo com esse estudo, o efluente produzido nas serrarias contém em média 5.000 mg/l de sólidos totais, além de óleos e graxas oriundos da maquinaria. No modelo atual de tratamento, o efluente recircula por 5 dias após uma decantação simples em reservatório de cota reduzida. Ao final deste período é lançado no meio circundante à empresa, gerando desgaste excessivo do maquinário por abrasão, consumo elevado de água, obstrução de sarjetas e tubulações pluviais e de esgotos, além do descarte de particulados sem aproveitamento.

No modelo proposto pelos pesquisadores da UFMG, o tratamento das águas residuárias seria diário, com separação da parte sólida do efluente, retenção de óleos e recirculação da água tratada. Com base em medições realizadas em serrarias de Papagaios, constatou-se que para produzir 1 m^3 de ardósia beneficiada, consome-se 3.800 litros de água. O material particulado seria acumulado em decantador até atingir 50 cm de altura, retirado, seco e reutilizado. O tratamento do efluente constaria de coagulação com sulfato de alumínio, floculação e secagem. Todo o sistema de tratamento foi dimensionado para diversas vazões, tendo-se recomendado a implantação de uma unidade piloto.

Atualmente, duas teses de mestrado estão sendo orientadas através do DESA/ UFMG. Esses trabalhos enfocam a questão do aproveitamento de resíduos seguindo linhas de abordagem compatíveis aos estudos previamente realizados.

Outro estudo dirigido para o aproveitamento de rejeito das ardósias, está sendo desenvolvido nos laboratórios do Núcleo de Cerâmica da Escola SENAI Mário Amato, em São Bernardo do Campo - São Paulo. Esse projeto de estudo também constituirá tema de dissertação de mestrado, da engª. Maria Cristina de Almeida Oliveira, junto ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista - UNESP/Rio Claro, sob orientação do Prof. Eleno de Paula Rodrigues.

O objetivo central da abordagem é avaliar o potencial de emprego cerâmico, tendo-se já realizado ensaios com uma amostra coletada em Papagaios, supostamente de ardósia cinza, sem especificação mais exata de procedência. Os ensaios realizados incluíram:

- análise química;
- análise térmica-diferencial;
- análise dilatométrica;
- avaliação de plasticidade;

- determinação de massa específica real;
- determinação da percentagem de retração de secagem e queima;
- determinação da percentagem de absorção d'água e da percentagem de porosidade aparente do corpo queimado;
- resistência mecânica à flexão após secagem e após queima;
- avaliação da cor de queima.

Os resultados obtidos até o momento, podem ser assim sumarizados:

- o material analisado não apresenta plasticidade, podendo ser assim apenas utilizado em conjunto com outros materiais;
- os elementos cromóforos (Fe, Ti) presentes, promovem cor de queima vermelha uniforme nas temperaturas estudadas;
- o teor de álcalis (Na, K) presente é suficiente para permitir boa vitrificação do corpo cerâmico;
- a resistência mecânica após secagem é baixa; após a queima, o corpo cerâmico apresenta resistência compatível com produtos cerâmicos.

Esse estudo concluiu que, frente às propriedades determinadas, a ardósia apresenta potencial de uso, sobretudo para cerâmica vermelha de construção civil (tijolos e telhas) e para revestimento cerâmico de baixa temperatura.

Pelos parâmetros observados no campo, sobretudo quanto ao volume de rejeitos gerados, bem como das possibilidades aventadas para o aproveitamento parcial desses rejeitos, destaca-se a perspectiva de utilização de britas de ardósia (agregados) para pavimentos rígidos de concreto de uso rodoviário. Seria no caso importante o estudo da resistência dos concretos produzidos com brita de ardósia, analisando-se sobretudo a diminuição da lamelaridade via ajuste do processo de britagem e via utilização dá ardósia matacão como matéria-prima.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da análise dos dados qualitativos e quantitativos compilados, pode-se apresentar algumas conclusões e recomendações julgadas importantes para o setor de ardósia em Minas Gerais.

- Ardósias constituem um recurso mineral mundialmente conhecido e explotado para ornamentação e revestimento, inclusive em países que aplicam rígidas normas técnicas, fiscais, trabalhistas e ambientais para os processos de lavra e beneficiamento. É portanto factível a preservação, regularização e disciplinamento do segmento mínero-industrial de ardósias em Minas Gerais, ainda mais que as atividades produtivas estão concentradas em uma única região.

- No Brasil, ardósias são tanto especificadas para construções de alto padrão quanto largamente utilizadas em moradias populares. Para a população de baixa renda as ardósias representam a principal alternativa de revestimento na construção civil, superando as demais pedras naturais (granitos, mármores e quartzitos) e até a maior parte dos produtos cerâmicos. A produção líquida de ardósias em Minas Gerais (15 milhões de m^2/ano), é assim equivalente ao consumo total de chapas de granitos e mármores no Brasil.

- A regulamentação e a dinamização do setor em Minas Gerais, devem apoiar-se tanto nas perspectivas de mercado quanto na destinação social dos produtos de ardósia. A melhoria da qualidade e produtividade, bem como a diversificação dos produtos de ardósia, permitiriam melhor desempenho nos mercados interno e externo, preservando inclusive a oferta para moradias populares.

- Não é mais possível dissociar o desenvolvimento do setor de ardósia da questão de lavra e beneficiamento. O enfoque dos problemas relativos à disposição e aproveitamento de rejeitos, sobretudo da lavra, é muito importante para o credenciamento ambiental do setor de ardósias. Dificilmente o setor crescerá e até se preservará se não houver manejo e disposição adequados dos rejeitos bem como sua utilização mesmo que parcial para usos industriais.

- Da mesma forma são importantes as condições de transporte para movimentação e escoamento da produção, bem como o estabelecimento de linhas de crédito e financiamento mais adequadas ao produtor. Segundo alguns empresários consultados, são próprios os recursos financeiros utilizados para instalação, ampliação e modernização de projetos mínero-industriais, visto que não existem linhas adequadas de crédito e financiamento disponibilizadas por bancos de desenvolvimento. Nestes termos, são previsivelmente muito reduzidos tanto o perfil de endividamento das empresas quanto o seu capital de giro. Os investimentos públicos em infra-estrutura e crédito, dependem do credenciamento do setor como beneficiário de ações governamentais.

- A realidade do mercado interno de ardósias é bastante distinta do mercado externo. No mercado interno verifica-se o quase aviltamento de preços dos produtos padronizados (ladrilhos), resultado sobretudo de uma concorrência não cooperativa entre os pequenos serradores. No mercado externo registra-se expressivo crescimento da participação brasileira, como resultado de uma ação mais agressiva de marketing das grandes empresas em feiras internacionais, e da agregação de algumas linhas automáticas para ladrilhos e chapas.

- As exportações brasileiras de ardósia, em 1997, totalizaram US$ 12,68 milhões, correspondentes a quase 30.000 t. Esses totais traduzem, de 1996 para 1997, um incremento de 30,28% em valor e 41,71% em peso, que é o mais expressivo do setor brasileiro de rochas para ornamentação e revestimento. Toda a exportação de ardósias é efetuada na forma de produtos acabados e semi-acabados, dentro dos padrões de

preço e qualidade exigidos pelo mercado internacional. A expansão recente das exportações demonstra a capacidade competitiva já firmada nesse mercado de produtos beneficiados, o que ainda não acontece por exemplo com os granitos brasileiros.

- Sobretudo pela qualificação e facilidade de partição das ardósias cinzas, o setor conseguiu desenvolver-se mesmo sem uma racionalização das atividades de lavra e beneficiamento. Em função dos problemas já evidenciados para mercado interno e dos novos desafios colocados para expansão do mercado externo, considera-se fundamental a modernização tecnológica e a organização profissional do setor.

- Fatores geológicos condicionam as características de ocorrência das rochas, devendo-se identificar e avaliar tais fatores como suporte para desenvolvimento de lavra. A definição de bases metodológicas para pesquisa geológica regional e local das ardósias, otimizaria a abertura de novas pedreiras e a definição de novas frentes para ampliação de pedreiras já existentes, além de especificar os locais mais adequados para disposição das pilhas de rejeitos.

- A partir da distribuição e posicionamento das frentes de lavra cadastradas, pode-se caracterizar uma zoneografia de padrões cromáticos, delimitando-se a fácies das ardósias escuras (grafite e negras), das cinzentas e das esverdeadas, esta última com associação de ardósias roxas (vinho). Análises químicas e petrográficas permitiriam identificar os principais fatores condicionantes dos padrões cromáticos, bem como explicar algumas das feições tecnológicas de interesse para comercialização. Com suporte de dados geológicos e fisiográficos, foi caracterizada a "Província de Ardósia" e balizados seus "distritos" e "campos" mineiros, tendo-se neles definido áreas preferenciais para extração.

- É consenso que a melhoria das condições de infra-estrutura, sobretudo rodoviárias, seria benéfica para o desempenho do setor. A situação do transporte, para escoamento dos produtos da lavra e do beneficiamento, é de fato muito precária e prejudica a competitividade das mercadorias regionais. Especificamente para Papagaios, é reivindicada uma subestação própria de energia elétrica.

- O Sr. Cláudio Filgueiras, prefeito do município de Papagaios, sugeriu a criação de um mecanismo compensatório interessante para o enfoque ambiental. Os produtores se responsabilizariam pela compra de terrenos e formação de áreas de preservação permanente com dimensões equivalentes a de ocupação de suas lavras. Tais mecanismos permitiriam melhorar a imagem pública do setor, inclusive frente ao mercado internacional.

- Considera-se já bastante oportuno o estabelecimento de distritos industriais e áreas específicas para bota-fora de rejeitos, junto às cidades de Papagaios, Pompéu, Felixlândia e Paraopeba. Tais iniciativas permitiriam racionalizar a captação e disposição de resíduos sólidos e efluentes líquidos, facilitando eventuais opções de aproveitamento para fins industriais.

- Planos diretores municipais procuram equacionar problemas de natureza social, econômica, físico-territorial, institucional e de infra-estrutura, visando à organização racional do espaço, para promoção do desenvolvimento do município e melhoria da qualidade de vida de seus habitantes. Desse modo, considerando as potencialidades, tradições e carências territoriais os planos diretores apresentam diretrizes adotáveis por um determinado período de tempo, orientando a distribuição das atividades sociais e econômicas, do ponto de vista do uso e ocupação do solo. Em função do volume e concentração de atividades do setor de ardósias nos municípios de Papagaios, Pompéu, Felixlândia e Paraopeba, a questão dos distritos industriais subordina-se mais amplamente à realização de planos diretores municipais.

- O volume de atividades e recursos mobilizados, bem como as demandas mínero-industriais e mercadológicas já diagnosticadas para o setor de ardósias em Minas Gerais, justificam a criação de um centro tecnológico específico, na região produtora. Este centro estaria voltado para ensaios de caracterização tecnológica, normas técnicas, diversificação de produtos, termos de referência para lavra e beneficiamento, tratamento de superfícies, formação profissional para aplicação, mobiliário e artesanato, apoio aos produtores, etc., promovendo uma integração mais efetiva da universidade com as empresas.

- Para o atendimento dos problemas relativos ao mercado interno, envolvendo a perda de qualidade e preços dos produtos de ardósia, sobretudo padronizados (ladrilhos), julga-se também oportuno avaliar os benefícios de uma cooperativa das empresas processadoras, sobretudo aquelas de pequeno porte.

- A divulgação das ardósias de Minas Gerais nos mercados interno e externo, deveria constituir objeto de uma ação institucional. Mecanismos eficientes de marketing são traduzidos pela elaboração de catálogos fotográficos promocionais, que incorporem informações de cunho tecnológico e empresarial, e pela montagem de stands em feiras e eventos especializados do setor, no Brasil e exterior. Seria também interessante, a elaboração e publicação de um documento do tipo "perfil analítico", sobre o setor de ardósias em Minas Gerais. Outras estratégias de marketing para qualificação dos produtos e ampliação dos mercados, envolvem a formulação de "selos de autenticidade" e "selos de conformidade ambiental", para materiais de exportação, objetivando diferenciar as ardósias de Minas Gerais das rochas assemelhadas de São Paulo e Santa Catarina.

Destaca-se por fim, que padrões de nomenclatura, dimensionamento de peças acabadas, funcionabilidade e durabilidade, baseados em normas técnicas específicas, serão cada vez mais exigidos na comercialização de rochas para ornamentação e revestimento. Da mesma forma, termos de referência ambientais para lavra e recuperação de áreas mineradas, devem ser doravante entendidas como investimento, visando obter o "selo verde" junto à comunidade internacional.

A adequação dessas normas técnicas e ambientais, bem como a adoção de práticas comerciais mais consistentes, poderão culminar as metas anteriormente referidas neste relatório: atingir patamares de US$ 40-50 milhões em exportações e superar toda a atual capacidade instalada (2 milhões de m^2/mês) do parque industrial de ardósias de Minas Gerais, em um horizonte de cinco anos.

A preservação do setor de ardósia como atividade economicamente viável, depende de um bom desempenho comercial tanto no mercado interno quanto no mercado externo. Como são bastante reduzidos os índices finais de aproveitamento na lavra e no beneficiamento, considera-se também fundamental o aproveitamento dos rejeitos para usos industriais diversos.

Como base de referência para um primeiro desdobramento do presente trabalho, pode-se sugerir:

- A execução de um programa sistemático de mapeamento geológico e sondagens, com apoio de levantamentos geofísicos e de análises químicas, petrográficas e tecnológicas. O programa permitiria definir espessuras e profundidade de ocorrência das ardósias comerciais, espessura de capeamentos estéreis, variedades cromáticas existentes, incidência de ardósias matacão, novas rochas de interesse para lavra, inclusive carbonáticas, e novas frentes favoráveis para extração.

- Um trabalho conjunto entre DNPM e FEAM, do qual participe o setor produtivo, que permita estabelecer termos de referência ambiental específicos para lavra e

recuperação de áreas, bem como tentar a regularização de questões relativas a direito minerário.

- A intensificação de estudos visando aproveitamento de rejeitos, incluindo-se no caso resíduos sólidos e efluentes líquidos. Destaca-se a abordagem dos pavimentos rígidos de concreto e mais amplamente do enfoque das ardósias matacão como matéria-prima para agregados.

- A elaboração de planos diretores municipais, principalmente para Papagaios, Pompéu, Paraopeba e Felixlândia.

- A definição de bases para montagem do Centro Tecnológico de Ardósia, em Papagaios.

- A inclusão das principais variedades de ardósia no Portfólio de Rochas Ornamentais e de Revestimento do Estado de Minas Gerais.

- A execução de um estudo de mercado para as ardósias de Minas Gerais, que contemple uma análise da cadeia produtiva, dos elementos de oferta e demanda, da performance econômico-financeira e oportunidades de negócio em perspectiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, A.L.M. (1974). *Curso de Petrologia - I. Minerais Petrográficos, II. Petrografia Macroscópica*. Esc. Minas Met., UFOP, 248 p., Ouro Preto.

BJÖRLYKKE, K. (1974). Geochemical and mineralogical influence of Ordovician island arcs on epicontinental clastic sedimentation. A study of Lower Palaeozoic sedimentation in the Oslo region, Norway. *Sedimentology*, v. 21, p.251-272.

CHIODI FILHO, C. (1995). *Aspectos Técnicos e Econômicos do Setor de Rochas Ornamentais*. Rio de Janeiro, CNPq/CETEM, 75 p. (Série Estudos e Documentos, 28).

CHIODI FILHO, C. (1997). *Perfil Técnico-Econômico do Setor de Rochas Ornamentais e de Revestimento no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 18 p. (inédito)

CONDIE, K.C. (1981). *Archean Greenstone Belts*. Elsevier, Amsterdan, 431 p.

DNPM (1997). *Sumário Mineral Brasileiro*. Brasília. (inédito)

DOCAMPO, B & GROVAS, R. (1994). Geologia de la Pizarra (Especial Galicia). p. 79-98. *Roc Maquina*, n. 32, set/1994, Bilbao.

GARRELS, R.M. & MACKENZIE, F.T. (1971). *Evolution of Sedimentary Rocks*. W.W. Norton & Company, New York, 397 p.

GROSSI SAD, J.H. & QUADE, H. (1985). Revisão Estratigráfica do Grupo Bambuí (Bloco Oriental) em Minas Gerais. Soc. Bras. Geol., Núcleo MG, *Anais 3º. Simpósio*, Bol. n.5, p. 68-83, Belo Horizonte.

INDI (1998). *Perfil Municipal; Recursos e Potencialidades dos Municípios do Estado de Minas Gerais à Disposição dos Investidores*. Belo Horizonte, 1997/98.

JIMENO, C. L., ed. (1995). *Manual de Rocas Ornamentales; Prospección, Explotación, Elaboración y Colocación*. Madrid, Entorno Grafico, 696 p.

PARENTI COUTO, J.G. (1980). Nota sobre a Estratigrafia do Grupo Bambuí na Região de Felixlândia, Minas Gerais. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 10, n.4, p. 292-296, São Paulo.

PETTIJOHN, F.J. (1975). *Sedimentary Rocks*. Harper and Bros., New York, 526 p.

POTTER, P.E., MAYNARD, J.B. & PRYOR, W.A. (1980). *Sedimentology of Shale*. Springer-Verlag, New York, 306 p.

ROC MAQUINA (1994). *Galicia y su Pizarra*. Bilbao (Espanha), n. 32, set./94, p. 65-143.

SAGEP (1995). *Catalogo a Schede dei Prodotti Ardesiaci. Tutto in Ardesia dal Tetto al Biliardo*. Genova (Itália), 1995.

SCHWABE, W.K. & HELLER, L. (1996). *Projeto Ardósia; Relatório de Pesquisa;*

Caracterização e Pesquisa de Aplicações de Resíduos e Aparas de Ardósia. Belo Horizonte, 112 p. (convênio SEBRAE-MG, DESA-UFMG, PATME, ACI-Papagaios)

SECRETARIA DE ESTADO DA CULTURA (1995). *1°. Censo Cultural de Minas Gerais.* Belo Horizonte, 10 v.

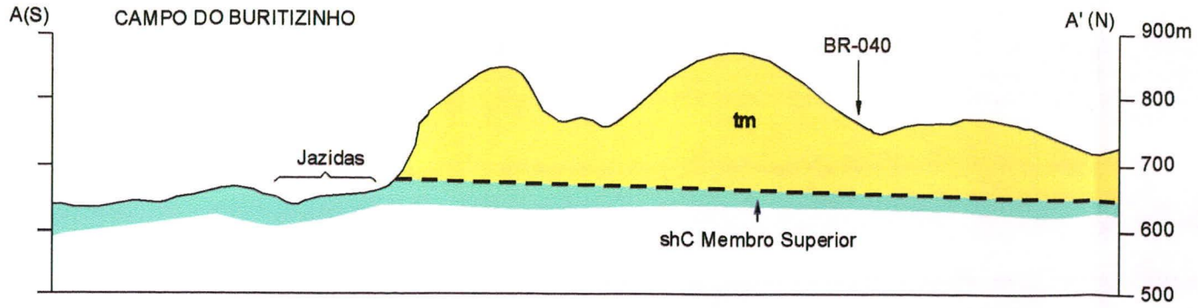
SECEX/DECEX (1998). *Alice - Exportações; Consulta por Mercadoria e Países.* Rio de Janeiro.

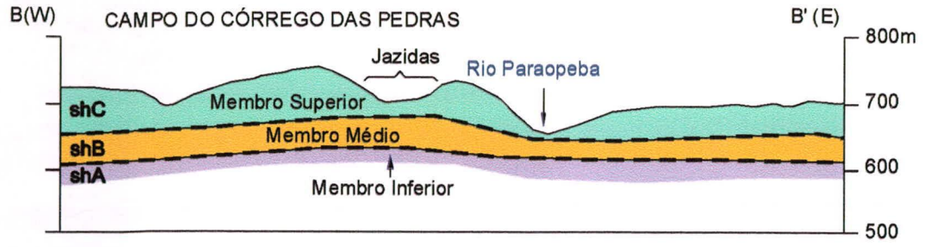
SOCIETÀ EDITRICE APUANA - SEA (1996). *World Stone Industry; Report 1996.* Carrara, 300 p. (7 ed.)

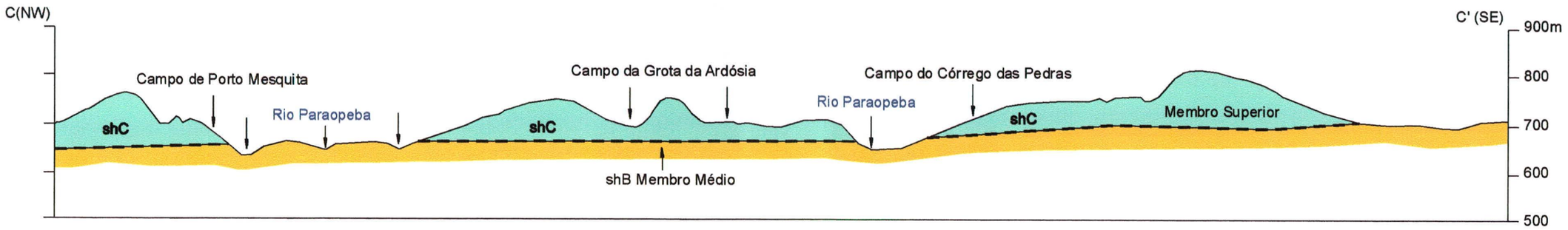
TEIXEIRA DA COSTA, M. & GROSSI SAD, J.H. (1987). A Série Bambuí em Minas Gerais. Soc. Bras. Geol., Núcleo MG, *Anais 4°. Simpósio*, Bol. n.7, p.1-10, Belo Horizonte.

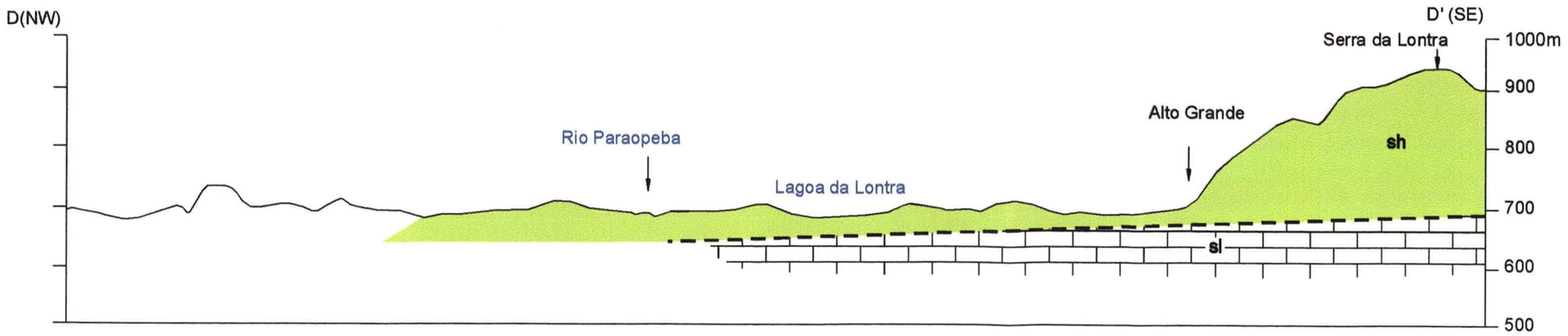
TEIXEIRA DA COSTA, M. & RODRIGUES BRANCO, J.J. (1961). Roteiro para a excursão Belo Horizonte - Brasília. XIV Cong. Bras. Geologia, Publ. 15, Inst. Pesp. Radioativas, Esc. Eng. UFMG, 125 p., Belo Horizonte.

WEDEPOHL, K.H. (1969, 1969-1978). *Handbook of Geochemistry.* v.1, v. 2-4, Springer-Verlag, Berlim.









tm - Formação Três Marias

sh - Formação Santa Helena

sl - Formação Sete Lagoas

Escala horizontal: 1:100.000
Escala vertical: 1:10.000

COMIG

MINAS E ENERGIA
GOVERNO DE MINAS GERAIS

Fundação Gorceix

PRANCHA DOIS
SEÇÕES GEOLÓGICAS ESQUEMÁTICAS DAS ROCHAS BAMBUÍ NA REGIÃO DE ESTUDO

1998

O **Programa de Avaliação de Ardósias em Minas Gerais** foi desenvolvido em 1998 pela Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG, através da Fundação Gorceix.

A **Prancha Dois – Seções Geológicas Esquemáticas das Rochas Bambuí na Região de Estudo** é parte integrante do relatório ***"Panorama do Setor de Ardósias do Estado de Minas Gerais, Brasil"***, elaborado pelos geólogos Cid Chiodi Filho, João Henrique Grossi Sad e Denize Kistemann Chiodi, sob a coordenação de João Henrique Grossi Sad.

A digitalização destas seções geológicas foi executada pela AJS Engenharia e Informática. A edição final foi elaborada pela COMIG, através do técnico em informática industrial Pedro Paulo da Luz.