

SANDRA BOEIRA GUIMARÃES

O “CALCÁRIO” COMO MINÉRIO NA FORMAÇÃO CAPIRU DO
GRUPO AÇUNGUI: ESTUDO ANALÍTICO PARA A REGIÃO
METROPOLITANA DE CURITIBA-PR

Tese apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Doutor no Curso
de Pós-Graduação em Geologia, Setor
de Ciências da Terra, Universidade
Federal do Paraná - UFPR.

Orientador: Prof. Dr. José Manoel dos
Reis Neto.

Co-orientação: Dr. Antonio Manuel de
Almeida Rebelo e Prof. Dr.
Alberto Pio Fiori.

CURITIBA

2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Guimarães, Sandra Boeira

O “calcário” como minério na Formação Capiru do Grupo Açungui :
modelo analítico para a Região Metropolitana de Curitiba, PR /
Sandra Boeira Guimarães. — Curitiba, 2005.

Xiv, 133 f.: il.; grafs.; tab.; mapas

Orientador: José Manoel dos Reis Neto

Co-orientador: Antonio Manuel de Almeida Rebelo, Alberto Pio Fiori
Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de
Ciências da Terra.

1. Calcário. 2. Grupo Açungui. I. Reis Neto, José Manoel dos. II.
Rebelo, Antonio Manuel de Almeida. III. Fiori, Alberto Pio. IV. Título.

CDD 20 553.512

...o tenista estava ganhando o jogo e precisaria marcar só mais um ponto para vencer a partida. O que impressionou é que até aquele momento crucial o narrador da partida disse algo que pareceu simplesmente inacreditável: o atleta que vencía o jogo havia olhado o placar apenas três vezes durante toda aquela tarde. Ao invés de se preocupar com o placar, aquele campeão do esporte tinha apenas se concentrado em suas próprias tacadas, fazendo com que cada uma delas o aproximasse mais da vitória.

Esse fato me lembrou um cortador de mármore da pedreira Tancal, que após bater umas cem vezes na rocha com a sua marreta, não viu nenhum sinal da mesma vir a se quebrar, mas na sua centésima primeira batida a pedra se parte como uma espuma cortada na guilhotina.

Será que foi a última batida que a fez cortar-se ou foi o conjunto e a regularidade de todas as outras batidas?

No banco da vida você só pode retirar da sua conta aquilo que você tiver depositado nela, por isso mesmo a vida não é uma coincidência e sim uma consequência e ao mesmo tempo não é uma emergência e sim uma maratona.

Para chegar ao topo, ao destino, à meta é preciso concentrar-se no caminho. Percebi que meu maior adversário era eu mesma e não os que vivenciavam a elaboração desta tese. Deparei-me com obstáculos, achei um jeito de superá-los e não procurei desculpas.

O meu objetivo para vencer seguiu a seguinte regra: comece com o que você pode, e não pare por causa do que você não pode. Se levamos esse conceito para estudos e para relacionamento com as pessoas que nos cercam, o sucesso dependerá só de você fazer a sua parte e não de criar expectativas sobre os outros.

Parece uma maneira simples de eu ver o fim de um trabalho de quatro anos, mas é assim que funcionou!

Podemos sim cada um de nós fazer a nossa parte, mas podemos fazer mais e melhor em nossos objetivos. O ideal é concentrar-se sempre mais no passo seguinte do que na vitória, lembrando afinal, que todo grande trabalho científico é mesmo uma maratona e com os passos firmes certamente a vitória virá.

Dedico esta tese aos meus filhos Kleber e Juliano que, a meu exemplo, darão continuidade a gerações futuras de batalhadores com garra, que nunca deixarão de começar! Herdeiros de um dos dons mais importantes para vencerem na vida – a perseverança!

Sandra Guimarães

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a **Deus** por ter me conduzido até aqui com toda a saúde e alegria que me é peculiar.

Quero expressar meus sinceros e profundos agradecimentos a meu orientador e amigo Prof. Dr. **José Manoel dos Reis Neto** pela disposição, amizade, carinho e exemplo de profissionalismo dedicado na orientação deste trabalho e, sobretudo, pela confiança em mim depositada. Agradeço também pela infra-estrutura que por ele sempre me foi disponibilizada e as oportunidades propiciadas na interação com outros profissionais, empresas e órgãos governamentais do setor.

Ao meu querido amigo, colega de trabalho e co-orientador Dr. **Antonio Manuel de Almeida Rebelo**, que em todos os momentos da pesquisa, entusiasmado e espontaneamente esteve sempre ao meu lado trocando idéias, formulando pareceres, sugerindo novos caminhos e mostrando um carinho especial durante cada etapa do desenvolvimento deste trabalho, sem que tivesse um comprometimento oficial para tal desempenho.

Quero deixar registrado aqui nestas páginas, que durante sete anos, eu o Prof. Dr. José Manoel e, durante os últimos quatro anos, quando veio juntar-se a nós, o Dr. Antonio Rebelo formamos verdadeiramente uma equipe de estudos e trabalho. Desta parceria resultou, além do quadro de afazeres, um círculo de amizade tão intenso e uníssono, que se fortaleceu a cada dia passado, representando o que é realmente um “grupo”, no sentido mais amplo e profundo do conceito.

Agradeço ao Prof. Dr. **Alberto Pio Fiori**, também meu co-orientador, pelo seu profundo conhecimento e pelo auxílio disponibilizando material de pesquisa para que o capítulo de estrutural fosse bem conduzido.

Ao Prof. Dr. **Aldair Rizzi**, M.D. Secretário de Ciência e Tecnologia e Ensino Superior do Governo Requião e também vice-reitor da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela revisão e pelas críticas necessárias à boa finalização desta tese, principalmente na parte de economia, da qual é professor titular.

Ao Prof. Dr. **Eduardo Salamuni**, M.D. Diretor Presidente da Mineropar e professor do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, também eu agradeço pela revisão e críticas em todos os capítulos deste trabalho, com grande ênfase nos textos de estrutural e economia mineral, bem como na disponibilização de todo material (relatórios e projetos sobre calcários) realizado por profissionais da estatal a qual dirige.

Ao Secretário Executivo da SINDEMCAP – Sindicato da Indústria de Extração de Mármore, Calcários e Pedreiras no Estado do Paraná, Sr. **Carlos Tarnner** pela atenção dispensada no fornecimento das informações indispensáveis à condução do trabalho.

Ao Eng. Civ. **Fabio Pini**, diretor da APPC – Associação Paranaense dos Produtores da Cal, e Sindical – Sindicato da Cal, pela disposição como me recebeu e pelas preciosas colaborações com a conclusão da pesquisa, fornecendo dados e intermediando o contato com as empresas produtoras de cal.

Ao Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da UFPR, na pessoa do seu coordenador Prof. M.Sc. **Mauro Salgado Monastier**, que disponibilizou todas as lâminas petrográficas, relatórios e bibliografia pertinente oriundas de mapeamentos de graduação desde os primeiros anos, até o final dos anos 90, onde foi responsável pela disciplina Mapeamento e Relatório de Graduação. Ao **LAPEMIN** Laboratório de Petrografia e Mineralogia; **LAMIR** - Laboratório de Minerais e Rochas, ambos da UFPR.

Ao meu querido amigo Geól. M.Sc. **Elton Richart Adam** pelas traduções de trabalhos para a língua inglesa, pelo auxílio nas etapas de campo e pela sua constante e carinhosa presença neste momento importante de minha vida. Amigo este que, desde a graduação, sempre foi meu companheiro e esteve torcendo pelo meu sucesso.

Ao meu amado filho Eng^o. Cart. M.Sc. **Juliano Kersting** e minha nora Eng^a. Civ. **Ana Paula Baungart Kersting** pelo auxílio na edição de toda parte cartográfica e figuras, revisão de textos para o idioma inglês, carinho, compreensão, paciência e principalmente a suas presenças em minha vida.

A secretária da Pós Graduação Sr^a. **Sarita Pavim** pela a pronta atenção e benevolência que sempre me dispensou durante todos os anos em que fui mestranda e doutoranda.

Aos **funcionários** e **professores** do DEGEOL – Departamento de Geologia da UFPR, pela atenção e delicadeza que sempre me dispensaram.

A bibliotecária **Eliane Stroparo** pela pronta disposição e carinho a fornecer ajuda com a bibliografia sempre que por mim foi interpelada.

A todos os **empresários, técnicos, gerentes, administradores** e demais **funcionários** das mineradoras pela atenção e confiança recebidas durante o fornecimento de informações à condução da pesquisa.

A **CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior, pela concessão da bolsa de estudo, e ao **CNPq** – **PADCT** no contexto do projeto **DIMICAL** – Distritos Mineiros de Calcário que forneceram subsídios para a realização desta pesquisa.

Enfim a **todos aqueles**, que direta ou indiretamente me auxiliaram ou participaram de alguma forma na elaboração e realização desta tese.

Sandra Boeira Guimarães

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1.- CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	1
1.1.1 - Política e Investimento em Rochas Calcárias na RMC	3
1.1.2 – Hipótese de Trabalho	8
1.1.3 - Questões a Investigar	9
1.2 – OBJETIVOS.....	11
1.3 – MEIOS E MÉTODOS	11
1.3.1 - Critérios de Classificação e Nomenclatura	13
1.3.2 - Organização deste Trabalho.....	14
2 - CONTEXTO GEOLÓGICO E EXPLORATÓRIO DA FORMAÇÃO CAPIRU – UMA SÍNTESE	16
2.1 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA- CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA... 16	
2.1.1 – <i>Landforms</i> e o reconhecimento das formas da paisagem.....	20
2.2 – TRABALHOS DE INTEGRAÇÃO.....	22
2.3 – AMBIENTE DE SEDIMENTAÇÃO.....	24
2.4 - CARACTERIZAÇÃO DOS LITOTIPOS	26
2.4.1 – O Conjunto Litológico Juruqui	27
2.4.2 – Conjunto Litológico Rio Branco	28
2.4.3 – Conjunto Litológico Morro Grande	31
2.4.4 – Conjunto Litológico Bocaina	32
2.5 - OS LITOTIPOS CARBONÁTICOS DA FORMAÇÃO CAPIRU	33
2.5.1– Metacalcários Dolomíticos Finos com Estruturas Sedimentares	33
2.5.2 - Metarritmitos Silto-carbonáticos e Serecita Filitos.....	35
2.5.3 – Filitos, Metassiltitos e Metamargas Bandadas	36
2.5.4 - Filitos Carbonosos e avermelhados	36
2.5.5 – Dolomita Mármore Maciços e Bandados	37
2.5.6 – Diques Básicos (JKd).....	38
2.5.7 - Sedimentos Aluvionares (Qha).....	38
2.6 - TECTÔNICA DEFORMADORA	39
2.7 - ASPECTOS PETROGRÁFICOS E METAMÓRFICOS	41
2.7.1 – Petrografia	42
2.7.2 – Metamorfismo	43
2.7.3 - Aspectos Litogeoquímicos.....	45
2.7.4 - CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DOS MÁRMORES E METADOLOMITOS	51
2.8 - AS ROCHAS “CALCÁRIAS” DA FORMAÇÃO CAPIRU	56
3 – DIMENSÕES AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO	58
3.1 - FUNDAMENTOS DA ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	58
3.2 –ECODESENVOLVIMENTO E A MINERAÇÃO DOS MÁRMORES NA RMC	59
3.2.1 - Impactos negativos ambientais	63
3.3 - PANORAMA PRODUTIVO E AMBIENTAL DAS ÁREAS DE “CALCÁRIO” NA RMC	65
3.4 - ZONEAMENTOS AMBIENTAIS NA RMC	67
4 – DIMENSÃO SÓCIO-ECONÔMICA	76
4.1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	76
4.2 – INFRA-ESTRUTURA	76

4.2.1 – Logística	78
4.2.2 - Dinâmica Sócio Ambiental da População.....	80
4.2.3 – Desenvolvimento Humano.....	81
4.3 – MERCADO PRODUTOR.....	82
4.3.1 – Perfil do Setor de “calcário” na RMC.....	82
4.3.2 – Defasagem Tecnológica	84
4.3.3 – Concorrência Predatória.....	86
4.4 - MERCADO CONSUMIDOR.....	87
4.4.1 – Desafio do Mercado na Agricultura.....	87
4.4.2 – Desafio do Mercado na Construção Civil	90
4.4.3 – Desafio do Mercado para outros Insumos.....	92
4.5 – PARÂMETROS ECONÔMICOS POSITIVOS	95
4.6 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	96
5 – O “CALCÁRIO” NA RMC COMO MINÉRIO	99
5.1 PARÂMETROS GEOLÓGICOS	99
5.1.1 – Litogeoquímicos e mineralógicos	99
5.1.2 – Tectono-estruturais.....	102
5.1.3 – Favorabilidade de áreas para mineração	103
5.1.4 – Aspectos Geomorfológicos	104
5.2 – PARÂMETROS AMBIENTAIS	104
5.3 – PARÂMETROS SÓCIO-ECONÔMICOS	105
5.4 – INTER-RELAÇÃO DOS PARÂMETROS PARA A DEFINIÇÃO DE MINÉRIO....	106
6 – PRINCÍPIOS PARA RECONHECIMENTO DE UM MINÉRIO DE “CALCÁRIO” NA RMC – ARGUMENTAÇÕES.....	110
6.1 - CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL MINEIRO DA FORMAÇÃO CAPIRU	110
6.2 - ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA A MINERAÇÃO DE CALCÁRIO NA RMC	113
6.3 - IMPLEMENTAÇÃO DE LAVRA DE “MINÉRIO”	116
6.3.1 – Geológicas e Econômicas.....	116
6.3.2 – Ambientais	116
6.3.3 – Sócio-Econômicas.....	117
6.4 – VISÃO DO FUTURO	117
6.5 - VISÃO DE CONJUNTO OU DE TODA A CADEIA PRODUTIVA.....	118
7.1 – DIMENSÃO INSTITUCIONAL DA MINERAÇÃO	121
7.2 – POLÍTICA PARA A MINERAÇÃO	122
7.3 - RECOMENDAÇÕES	122
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico mostrando evolução e tendência do mercado de “calcário” entre os anos de 1995 e 2001 (Fonte: IAPSM, 2004).....	4
Figura 2 - Gráfico com a participação do PIB industrial paranaense (Fonte: IPARDES, 2003).	7
Figura 3 – Engrenagens representando o inter-relacionamento entre as três variáveis (dimensões) a serem analisadas no modelo proposto, remanejando a atual lógica do processo de exploração mineral para a RMC.	9
Figura 4 - Mapa de Localização da Área Estudada na RMC e no Estado do Paraná.	17
Figura 5 – Modelo Digital de Superfície da Bacia do Rio Ribeira do Iguape mostrando através do constatação matemática as superfícies de aplainamento (dissecação) ocorrentes no percurso do rio.	18
Figura 6 - Situação morfo-estrutural dos metassedimentos da Formação Capiiru (modificado de Lisboa & Bonacim, 1995).	19
Figura 7 – Aspecto visual da Unidade 1: MDS com falsa iluminação NW e sobrelevação vertical de 2 vezes. Segmentação dos sistemas e unidades de terreno sobre o fotorretrato em escala 1:25000 sobreposto ao MDS.	21
Figura 8 – Prancha onde se observa diferentes morfologias estromatolíticas distintas descritas na Região de Morro Grande – Colombo-PR. Observar no quadro B estrutura de carga em meio a esteiras microbianas.	25
Figura 9 - (A) Região de Tranqueira (Almirante Tamandaré-PR) com exposição de oólitos e pisólitos; (B) Brecha intraformacional da Região de Capivara (Almirante Tamandaré-PR); (C) metadolomito com estrutura física greta de contração da Região do Morro Azul (Almirante Tamandaré-PR).	26
Figura 10 - Distribuição geográfica dos conjuntos litológicos integrantes do Grupo Açungui. O Bloco “E” (Formação Capiiru) está subdividido em “conjuntos litológicos” (Morro Grande, Rio Branco, Juruqui e Bocaina). Adaptado de Fiori, 1994.	27
Figura 11 – Fotografia mostrando um afloramento (sudeste de Almirante Tamandaré) típico dos dolomita mármores do Conjunto Litológico Juruqui, intercalado a filitos vermelhos.	28
Figura 12 – Fotografia de afloramento característico dos meta-dolomitos do Conjunto litológico Rio Branco.	29
Figura 13 - Fotografia de afloramento característico dos filitos do Conjunto litológico Rio Branco (Região de Areias – Sudeste de Rio Branco do Sul).	30
Figura 14 – Mapa geológico sobreposto a MDS evidenciando a Sinforma de Morro Grande.	31
Figura 15 – Dolomita Mármores do Conjunto Litológico Bocaina.	32
Figura 16 - Laminitos microbianos observados em afloramento na Região de Capivara – Almirante Tamandaré PR.	34
Figura 17 - Nível erosivo entre as unidades com meta-arenitos finos e metacalcários maciços e bandados; os clastos angulosos de metacalcário fino dolomítico apresentam bandamento sedimentar preservado; os meta-arenitos são de granulação grossa, mal selecionada. Localidade de Itaperuçu, ponto de controle (UTM E 669.034/UTM N 7.210.781 - Bloco rolado).	35
Figura 18 - Unidade de aspecto típico dos afloramentos de metarritmitos silto-carbonosos. O bandamento é a própria S ₀ , com as camadas apresentando topo normal.	36
Figura 19 - Unidade de metarritmitos silto-carbonáticos com bandamento centimétrico de formado pela proximidade a Zona de Cisalhamento transcorrente-ZCT. Almirante Tamandaré.	36
Figura 20 – Mármores maciços, granoblásticos, de coloração branca. Vila Capuava – Cerro Azul-PR- Mineradora Bau.	37
Figura 21 – Mapa temático de localização de pontos amostrados e descritos petrograficamente – Formação Capiiru – Grupo Açungui.	44
Figura 22 – Mapa litogeoquímico com o resultado das análises químicas apuradas - SiO ₂ , para a Formação Capiiru – Grupo Açungui.	47

Figura 23 – Mapa litogeoquímico com o resultado das análises químicas apuradas (CaO) para a Formação Capiru – Grupo Açungui.	48
Figura 24 – Mapa litogeoquímico com o resultado das análises químicas apuradas (MgO) para a Formação Capiru – Grupo Açungui.	49
Figura 25 – Mapa litogeoquímico com o resultado das análises químicas apuradas (MgO x CaO) para a Formação Capiru – Grupo Açungui.	50
Figura 26 – Afloramento de dolomita mármore onde se observa com grande facilidade o acamamento S ₁ subparalelo ao acamamento S ₀	52
Figura 27 – Fotografia de afloramento próximo a Falha de cavalgamento Almirante Tamandaré de sericita filito onde se podem observar as três superfícies de foliação.	53
Figura 28 – Vertentes onde estão assentados os pilares do desenvolvimento sustentável.....	59
Figura 29- A) Lavra de cal desordenada causando um impacto visual negativo; B) Área em exploração com feições cársticas (gruta) impedindo o prosseguimento da lavra.	61
Figura 30 – Gráfico mostrando a situação atual das 198 frentes de lavra na Formação Capiru. ..	63
Figura 31 – Mapa da RMC com a distribuição das APA’s na área referente à Formação Capiru – Grupo Açungui.	69
Figura 32– “A”- Dissolução cárstica do litotipo formando espeleotemas –; “B” – Sumidouro onde a drenagem adentra a rocha. Ambas fotografias foram realizadas na Mineração Tancal junto a Gruta de Bacaetava em Colombo-PR.....	70
Figura 33- Mapa da faixa calcária Capiru onde se observa a localização aproximada dos quatro aquíferos localizados na RMC.	72
Figura 34 – Gráfico mostrando a variação do preço do transportes e diversos países, e o quanto é alto este valor no Brasil.	77
Figura 35 – Gráfico mostrando a porcentagem que interfere no preço dos insumos necessários à agroindústria salientando que 15% do preço total são com o “calcário”. (Fonte: FNP Frente Nacional de Produção www.fnp.com.br).....	78
Figura 36 – Gráfico mostrando o preço médio por tonelada de venda, na mina, do “calcário” dolomítico paranaense em comparação a outros estados da nação.	79
Figura 37 – Grau de urbanização dos diversos municípios do Estado do Paraná. Elipse em vermelho mostrando a localização da Formação Capiru onde o grau de urbanização varia de < de 50 e > 75.	82
Figura 38 – Gráficos mostrando a produção da cal e de corretivo de solo por tonelada (2000) nos municípios de Alm. Tamandaré, Colombo e Campo Largo.	82
Figura 39 – Número de pedreiras de “calcário” em atividade (ano de 2004) na RMC com a respectiva aplicabilidade de sua extração.....	83
Figura 40 – Gráfico mostrando a produção de mármore bruto e processado (utilizado para revestimento na construção civil) na RMC no intervalo de 1988 e 2000.	84
Figura 41 – Gráfico mostrando a projeção de consumo e produção de mármore para revestimento explorado na RMC para o ano de 2010.....	84
Figura 42 – Na fotografia esquerda temos um beneficiamento da cal na RMC com 3 fornos verticais onde se pode observar um veículo em condições favoráveis contrastando com as instalações ainda precárias. Já na foto da direita ressalta-se um forno horizontal de cal representando uma tecnologia de ponta utilizada no Estado de Minas Gerais.	85
Figura 43 – Gráfico mostrando um comparativo do preço médio em US\$/t do “calcário” agrícola entre os principais produtores mundiais.....	88
Figura 44 – Dois gráficos de 2001 mostrando: o da esquerda a produção do “calcário” agrícola por país produtor e o da direita – produção de “calcário” agrícola por país x valor arrecadado no ano.	89
Figura 45 - Produção mundial de cal no final dos anos 90.	90
Figura 46 – Comparativo do preço médio de venda da cal entre o Brasil e Estados Unidos (três últimos anos da década de 90).....	90

Figura 47 – Gráfico sintetizando as diversas aplicações e tipos de processamento do “calcário”.	92
Figura 48 – Fotografia mostrando o problema da invasão rural em busca de novas expectativas de trabalho junto a uma área de mineração. (Capiru dos Dias – Almirante Tamandaré-PR)	97
Figura 49 – Mapa da Formação Capiru onde estão demarcadas, por aero-fotointerpretação, as dolinas, os poljes, as fontes e o vetor com o curso das águas subterrâneas.	108
Figura 50 – Mapa de favorabilidade onde áreas potenciais para a mineração de rochas calcárias como minério são ressaltadas.	109
Figura 51–Mapa de áreas potenciais para a mineração de rochas calcárias, apresentado pela Mineropar, 1997 em parte da Formação Capiru.	111
Figura 52 - Organograma mostrando os problemas estruturais no Setor de “calcário”	112
Figura 53 – Gráfico sintetizando a porcentagem dos litotipos carbonáticos em relação com sua aplicabilidade.	120

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Estudo dos diagramas estruturais. Para cada bloco analisado, o número de pólos e seus respectivos eixos β .	54
Tabela 2 – Principais zonas de cisalhamento cartografadas neste trabalho em comparação ao trabalho de Fiori (1994).	55
Tabela 3 - Análise de Favorabilidade de mineração (Fonte: Mineropar, 2004, modificado e adaptado neste trabalho).	66
Tabela 4 – População total, grau de urbanização e taxa de crescimento da RMC, excetuando-se a cidade de Curitiba – 1980 – 2000.	80
Tabela 5 – Exploração do “calcário” x aplicabilidade nos anos 1999, 2000 e 2001 no Estado do Paraná.	82
Tabela 6 - Cálculo Previsional das despesas de uma mineradora média para o ano de 2003.	86
Tabela 7 – Reservas de “calcário” no Brasil ano de 2000.	95

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Relação MgO/CaO proposta por Bigarella J.J. – (1953).	13
Quadro 2 – Intensidade do metamorfismo (Bigarella J.J. (1953). Pettijohn, F.J., (1949))	13
Quadro 3 – Classificação petrográfica adotada para as rochas carbonáticas estudadas, baseada nas proposições de Leighton & Pendexter (1962) e Pettijohn (1975).	14
Quadro 4 – Quadro sinóptico com os principais blocos, conjuntos e ambientes deposicionais atribuídos ao Grupo Açungui. As falhas que delimitam os diferentes blocos correspondem a transcorrências dextrais; as demais correspondem a cavalgamentos (baseado em Fiori, 1994).	27
Quadro 5 – Prancha com fotografias caracterizando os principais problemas ambientais	64

ANEXOS

1. Mapa geológico da Formação Capiru – Grupo Açungui – PR na área de abrangência da RMC – escala 1:100.000.e dois perfis geológicos adaptados de Fiori, 1990.
2. Tabela com o resultado das análises químicas estudadas.
3. Pedreiras cartografadas, denominação do litotipo segundo petrografia do minério extraído e outros dados.
4. Localização planar das Pedreiras, razão social e atividade desenvolvida.
5. Grutas, cavernas e abismos na RMC – Formação Capiru.
6. Substância explorada, razão social e telefone das empresas.

RESUMO

O “calcário” se destaca, entre os recursos minerais explorados no Paraná, pela importância econômica e diversidade de aplicações na indústria, sendo responsável por cerca de 50% do valor da produção mineral paranaense e colocando o Estado como terceiro maior produtor nacional. A reserva total de “calcário” no Estado Paraná está em torno de 4,4 bilhões de toneladas e, as principais jazidas encontram-se em sua região leste, mais precisamente na Região Metropolitana de Curitiba – RMC, com uma produção anual média de 6 milhões de toneladas (MINEROPAR, 2002). Desenvolvida no âmbito do Projeto DIMICAL, esta tese fundamenta-se em um estudo analítico, onde o enfoque principal está atrelado principalmente à geologia dos metacalcários da Formação Capiru – Grupo Açungui, sua composição químico-mineralógica, suas condicionantes geográficas e estruturais. No caso da RMC, que apresenta vocação mineral, outras variáveis são também analisadas: a sócio-econômica e a ambiental. Nos estudos em regiões metropolitanas com crescente urbanização, um dos grandes desafios para a atividade de exploração mineral é garantir e manter a sustentabilidade dos empreendimentos frente a toda ordem de pressão. Na RMC, a mineração de “calcário”, tida como alavanca propulsora ao desenvolvimento econômico da agroindústria e da construção civil, encontra-se oprimida em sua expansão, tanto pela influência antrópica, quanto pela imposição da morfologia cárstica. Se por um lado há limitação pela urbanização das áreas exploráveis, o próprio crescimento populacional exige cada vez mais a produção de bens minerais para habitações e saneamento. Pelo lado ambiental, áreas cársticas surpreendem os mineradores, que durante a lavra se deparam com feições morfológicas de dissolução, freando a exploração por força da pronta intervenção dos órgãos ambientais. Na busca de uma solução no sentido da sustentabilidade, dados geológicos, geoquímicos, petrográficos e estruturais já levantados, conjuntamente com dados econômicos e ambientais, devem resultar em um modelo prático a ser aplicado na RMC, e em outras regiões que apresentem características semelhantes, no sentido de preservar as atividades de mineração em quadro tão complexo. Também, foram alvos de consideração e mensuração os dados efetivos ambientais, como áreas de proteção, de adequabilidade, áreas cársticas e potenciais para abastecimento. Todas essas informações foram tratadas em forma de cartografia temática previewal no *software Arc View v. 9.0*, para que melhor pudessem ser visualizadas e mensuradas. Com os resultados obtidos, tendo em vista as condicionantes geológicas (quimismo, mineralogia, estrutural, etc.), ambientais (áreas de proteção, parques, áreas cársticas, etc.) e sócio-econômicas (crescimento populacional, vetorização urbana, empregabilidade, infraestrutura disponível, tecnologia mineral, etc.) pode-se concluir que 60% da área de “calcário”

ocorrente na RMC, até então tida como explorável, não pode ser caracterizada como tal. Nesse sentido, a demarcação das regiões com probabilidade efetiva de exploração mineral, nas quais o “calcário” possa ser considerado “minério”, por apresentar qualificações para usos mais nobres que os tradicionalmente conhecidos foram o foco de cartas temáticas previsionais para a região. Além destes resultados, outras informações de caráter prático poderão embasar novas políticas sobre a indústria mineral, o meio ambiente e a gestão territorial na RMC. Neste estudo os principais arranjos produção/demanda para o “calcário” também foram analisados para a identificação de sua participação no mercado paranaense, oportunidades importantes para inovações e desenvolvimentos de base tecnológica a serem implementados pelos produtores, de tal forma que ampliem seus espaços de mercado fortalecendo a competitividade de seus produtos. Ressalte-se, portanto, que em regiões metropolitanas crescentes o conceito de minério de “calcário” tem de ser adequado a novas variáveis, considerando as expectativas sócio-econômicas dos grandes aglomerados humanos, como a auto-sustentabilidade do desenvolvimento. Isto deságua em custos mais elevados de produção mineral, inviabilizando empreendimentos tradicionais, que possuem como “carro-chefe” produtos com baixo valor agregado.

Palavras-chave: “calcário”, minério, Região Metropolitana de Curitiba, Formação Capiru, modelo analítico e probabilidade de exploração.

ABSTRACT

The carbonate rocks contrasts among other mineral resources exploited in Paraná state due to its economic importance and wide number of industrial applications, being responsible for about 50% of the total amount and value of mineral production, placing the state as the third biggest national producer. The total state's limestone rock reserve is around 4,4 billion tons and, the main deposits are in the east the state, more precisely in the Metropolitan Region of Curitiba - MRC, with an average annual production of 6 million tons (MINEROPAR, 2002). Developed on the scope of DIMICAL Project, this thesis is based on an analytical study, where the approach is mainly concentrated on the Capiru Formation's metalimestone geology - Açungui Group, its chemistry/mineralogy composition, and its geographic/structural conductions. In case of the MRC, a region with mineral vocation, other variables are also analyzed: partner-economic and environmental. In studies accomplished in growing metropolitan regions, one of the great challenges of the mineral exploitation activity is to ensure and to keep the activities sustainability even at a high external pressure. In the MRC, the limestone rock mining, being the propeller handspike to both the agro industry and construction economic development, has been oppressed concerning its expansion, due to the anthrop influence, and also to the karsts' morphology imposition. Although there is an exploiting area limitation due to the urbanization, the population growth itself demands more and more mineral production for habitations and sanitation. From the environmental view, karsts areas surprise the miners during the plough when they come across with dissolution morphologic features, clogging the exploitation by environmental agencies intervention. Searching a solution in sustainability direction, geological, geochemical, petrographical and structural acquired data, among with economic and environmental data, should result in a practical model to be applied in the MRC, and other regions presenting similar characteristics, aiming into preservation of mining activities in a very complex framework. Also, the effective environmental data were target of consideration and measurements, such as areas of protection and adaptability, karsts and potential supplying areas. All these information were treated in form of previsional thematic cartography in Arc GIS 9 software, providing a better visualization and analysis. By the achieved results, geological conditionings (chemical, mineralogy, structural, etc.), environmental (protection areas, parks, karsts areas, etc.) and socioeconomic (population growth, urban vectorization, employment rate, available infrastructure, mineral technology, etc.) can be concluded that 60% of the limestone rock area occurrence in the MCR, taken before as exploitable, cannot be characterized in such way. In this direction, the demarcation of the regions with effective probability of mineral exploration, in

which the limestone rock can be considered as "ore", as it presents qualifications for nobler uses than the traditional, they had been focused in forensic thematic cartography of the region. Beyond these results, other practical information will be able to base new policies for mineral industry, the environment and territorial management in the MCR. In this study, the main production/prosecution arrangements for the limestone rock were also analyzed for the identification of Paraná's statewide market participation, important chances for innovations and developments of technological base to be implemented by the producers, in such way that they extend their market spaces, fortifying the products competitiveness. Therefore, in growing metropolitan regions the limestone rock ore concept, have to be adjusted the new variables, considering the socioeconomic expectations of the great human agglomeration, such as the development's self sustainability. This results in higher costs of mineral production, making it unfeasible the traditional companies that have as "mainstream" low aggregate value products.

Keywords: carbonate rock, ore, Metropolitan Curitiba Region, Capiuru Formation, analytical model and exploitation probability.

1 - INTRODUÇÃO

Esta pesquisa permitiu a construção de um modelo analítico previsional adaptado à seleção das áreas propícias à mineração de “calcário”¹ em regiões metropolitanas. O enfoque está atrelado principalmente aos litotipos carbonáticos da Formação Capiru – Grupo Açungui, na Região Metropolitana de Curitiba - RMC, sua composição químico-mineralógica, suas condicionantes geológico-estruturais, geográficas, sócio-econômicas e ambientais.

No caso da RMC, que é tida como referência nesta pesquisa, a vocação mineral e a proximidade com um grande centro urbano são evidentes, motivo pelo qual são também analisadas as variáveis sócio-econômicas e ambientais. Para tanto, o modelo proposto, além das variantes geológicas, baseia-se na inter-relação das principais condicionantes que interferem tal situação como morfologia cárstica e a influência antrópica. Nos estudos em regiões metropolitanas crescentes, um dos grandes desafios para a atividade de exploração mineral é garantir e manter a sustentabilidade² dos empreendimentos frente a toda ordem de pressão e controle.

1.1.- CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A Região Metropolitana de Curitiba é constituída por 26 municípios, dos quais 35% possuem como principal fonte de renda e emprego as atividades relacionadas à extração de “calcário” com alto teor de magnésio. A economia dos municípios de Rio Branco do Sul, Colombo Almirante Tamandaré e Cerro Azul é sustentada pela extração e transformação deste litotipo, principalmente para o uso como corretivo agrícola e cal para a construção civil. Avalia-se atualmente, que só na RMC cerca de 6.500 famílias (IPARDES, 2003) dependam, direta ou indiretamente, da pesquisa, exploração, exploração, beneficiamento, transformação e venda deste bem mineral. Esta importância também pode ser melhor avaliada pelo fato de que este “calcário” constitui o principal produto mineral paranaense, representando 44% do PIB mineral do Estado

¹No decorrer deste trabalho o termo “calcário” será empregado como uma denominação comercial. Esta é uma forma generalizada de se denominar os litotipos: metacalcários dolomíticos, dolomitos e mármores dolomíticos, todos de idade Proterozóica e pertencentes à Formação Capiru do Grupo Açungui no Estado do Paraná, mais precisamente na área de abrangência da Região Metropolitana de Curitiba. Cabe aqui salientar, que quando o enfoque, para as rochas “calcárias,” for de natureza geológica, com o intuito de caracterizar o litotipo, a denominação deverá ser a genética.

²**Sustentabilidade** define-se como uma nova opção de desenvolvimento, que incorpora estratégias ambientalmente adequadas para promover um desenvolvimento sócio-econômico mais equitativo batizado como ECODESENVOLVIMENTO (SACHS, 1993). Atrelado a este conceito há compromissos para com gerações futuras e para conseqüências da degradação ambiental, que se estende em três dimensões – no tempo, no espaço e no foco. No tempo, essa responsabilidade se prolonga pelo futuro infinito; no espaço, ela cobre todo planeta como área de interesse de cada indivíduo; no foco, ela se abre para englobar, além dos seres humanos, os não-humanos; construindo uma nova ética complexa e plural (BORGES & MARTINEZ, 2001).

(período de 1990-2001), segundo dados do Boletim Estatístico da Produção Mineral (MINEROPAR, 2001).

Na RMC, no contexto da Formação Capiuru a indústria de “calcário” ainda se restringe ao uso mais tradicional, a produção de corretivo agrícola e o cal para construção civil. Desta forma, a agregação de valor a este bem mineral permanece muito limitada, basicamente por falta de conhecimento das variedades litológicas e das reservas existentes. Além destas aplicabilidades mais tradicionais, o “calcário” também é fonte de matéria-prima para outras aplicações, tais como as indústrias da construção civil (na forma de areia, brita e material de revestimento), da cerâmica, *filler* em indústria de tintas, vidros, papel, siderurgia, asfalto, saneamento, como fonte de nutrientes na produção de rações animais e produtos farmacêuticos. Na indústria da tecnologia de ponta, o “calcário” é utilizado como carga mineral de alta versatilidade, essencial na produção de componentes poliméricos resistentes a altas temperaturas e tensões e utilizáveis na indústria automotiva. De fato, as rochas calcárias com teor alto de magnésio têm sido utilizadas milenarmente pela humanidade, por suas propriedades químicas e físicas, mostrando um potencial de aproveitamento que continua a crescer à medida que a tecnologia industrial se aperfeiçoa. Esta variedade de aplicações é uma clara evidência da importância desta matéria-prima na vida das sociedades modernas.

A mineração do “calcário”, alavanca propulsora ao desenvolvimento econômico da agroindústria e da construção civil na RMC, encontra-se oprimida em sua expansão. Se por um lado há limitação das áreas exploráveis pela urbanização, o próprio crescimento populacional exige cada vez mais a produção de bens minerais para habitações e saneamento. Pelo lado ambiental, áreas cársticas surpreendem os mineradores, que durante a lavra se deparam com feições morfológicas de dissolução, freando a exploração por força da pronta intervenção dos órgãos ambientais.

Parte das áreas da Formação Capiuru teve suas demarcações como exploráveis para “calcário”, em cartas temáticas previsionais no Programa de Desenvolvimento de Mineração na Região Metropolitana de Curitiba (PDM, 2004). Estes dados foram utilizados nesta pesquisa. Além destes resultados, o estudo aqui proposto apresentou outras informações de caráter prático que embasaram novas propostas políticas sobre a indústria mineral, o meio ambiente e a gestão territorial na RMC.

Na busca de uma solução no sentido da sustentabilidade, informações geológicas, geoquímicas, petrográficas e estruturais, conjuntamente a dados econômicos e ambientais são alvos de discussão neste trabalho. Os dados analisados resultaram em um modelo analítico a ser aplicado na RMC, bem como em outras regiões, que apresentem características semelhantes, no sentido de preservar as atividades de mineração em quadro tão complexo.

Também, foram alvos de consideração e mensuração os dados efetivos ambientais, como áreas de proteção, de adequabilidade, áreas cársticas e potenciais para abastecimento. Todas essas informações foram tratadas em forma cartográfica para que melhor pudessem ser visualizadas e mensuradas.

Com os resultados obtidos nesta pesquisa pode-se concluir que 63% da área de “calcário” ocorrente na RMC, até então tida como explorável³, não pode ser caracterizada desta maneira, ou seja, o litotipo não é “minério”⁴. Nesse sentido, a demarcação das regiões com possibilidade efetiva de exploração mineral, nas quais o “calcário” possa ser considerado “minério”, por apresentar qualificações para usos mais nobres que os tradicionalmente conhecidos (corretivo agrícola e cal para construção civil), não o são totalmente.

Ressalte-se, portanto, que em regiões metropolitanas crescentes como a RMC, o conceito de “minério”, especificamente “calcário”, deve ser adequado a novas variáveis, considerando as expectativas sócio-econômicas dos grandes aglomerados humanos e da auto-sustentabilidade do desenvolvimento. Isto deságua em custos mais elevados de produção mineral, inviabilizando empreendimentos tradicionais, que possuem como “carro-chefe” produtos com baixo valor agregado como é o caso da RMC (Guimarães, *et al*, 2004^a). O perfil do mercado produtor, direcionado principalmente para o mercado agrícola é ocupado por cerca de 150 pequenos e médios produtores (empresas em geral familiares), que lavram, beneficiam e comercializam. Estes disputam um mercado sazonal e nitidamente concorrencial, com a agravante de que os principais conjuntos de consumidores situam-se em regiões distantes, fazendo com que o transporte participe com parcela significativa do custo final mantendo os preços historicamente baixos (Rebelo *et al*, 2004). A conjunção “perversa” de todos estes fatores é que tem mantido o setor minero - industrial de “calcário” da RMC em condições de estagnação crônica comprometendo sob elevado risco o ecodesenvolvimento do Estado.

1.1.1 - Política e Investimento em Rochas Calcárias na RMC

Historicamente, quando o Paraná era mencionado como um Estado em cuja economia se destaca a indústria mineral, estava se fazendo referência às produções de chumbo e de “calcário”. Por questões mercadológicas, as minas de chumbo cessaram as suas atividades ao final dos anos 90. Em contrapartida, a produção de “calcário” apresentou, no final do século XX,

³ **Explorável - explorável** - O termo exploração, em geologia, relaciona-se à fase de prospecção: busca e reconhecimento da ocorrência dos recursos naturais, e estudos para determinar se os depósitos têm valor econômico. A exploração é a retirada do recurso com máquinas adequadas, para fins de beneficiamento, transformação e utilização. (Fonte: <http://www.comciencia.br/reportagens/litoral/lit04.shtml>).

⁴ **Minério** é um mineral ou uma associação de minerais (litotipo) que seja passível de exploração econômica (Ferreira, 1995). Assim, um mineral, ou associação destes, “passível de exploração” pode durante certa época e em função de circunstâncias culturais tornarem-se um minério, podendo em seguida, desde que seja substituído por outros produtos naturais ou sintéticos, perder a sua importância econômica. Por outro lado, mesmo que este mineral ou litotipo preserve a sua importância econômica, no transcorrer do tempo, pode deixar de ser explorável em decorrência da inoperância de sua exploração. Este impedimento poderá ser ocasionado, tanto por um obstáculo natural, quanto por um impedimento gerado pela ação antrópica, desta forma deixará de ser um minério (Guimarães *et al*, 2001^b, 2002^a e 2004^a).

uma fase importante de desenvolvimento em função da demanda (figura 1), particularmente daquela voltada ao uso agrícola e à indústria do cimento.

Até a década de 80, dentre os trabalhos de pesquisa sobre rochas calcárias efetuados na RMC, apenas uma pequena parte abordou a problemática da exploração mineral e o desenvolvimento, sendo que todos os outros abordaram critérios geológicos com base em modelos litoestruturais.

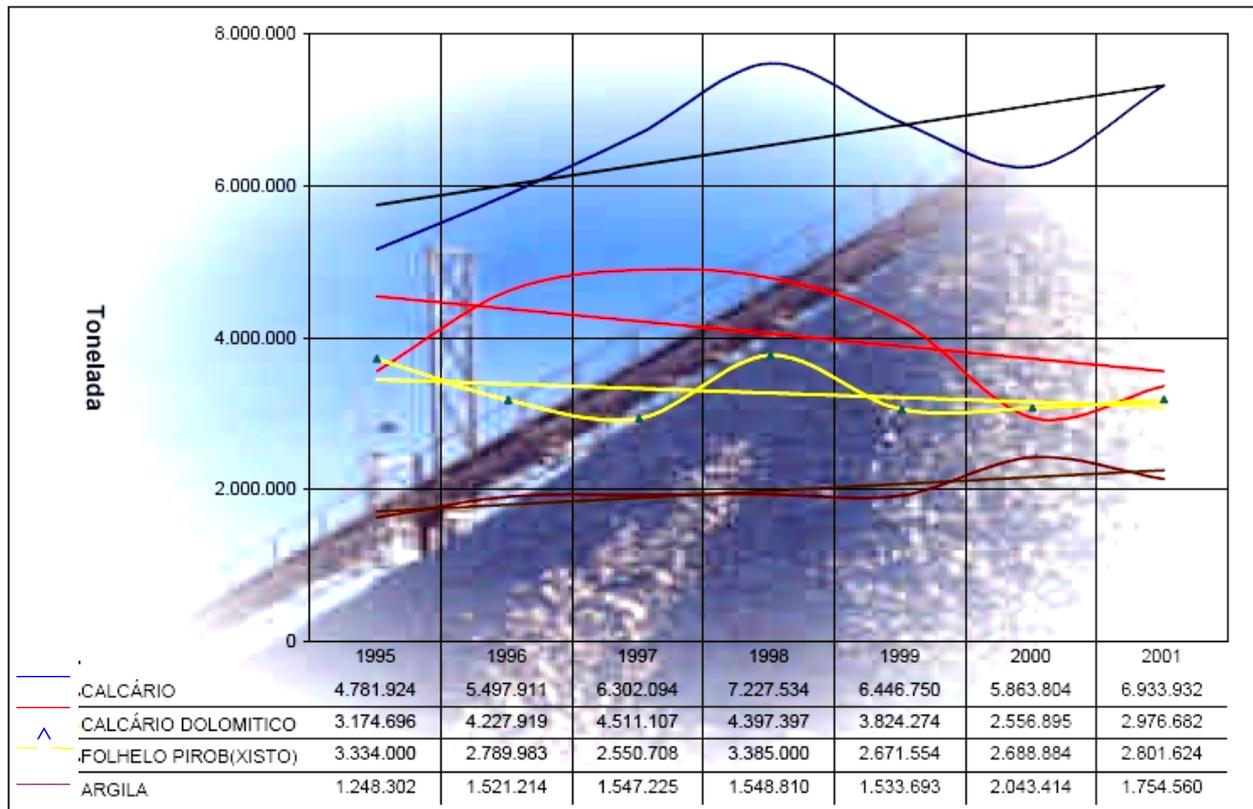


Figura 1 - Gráfico mostrando evolução e tendência do mercado de “calcário” entre os anos de 1995 e 2001 (Fonte:IAPSM, 2004)

Em 1986, a Mineropar S. A. em convênio com a Secretaria de Estado da Indústria e do Comércio, realizou o estudo do mercado produtor, cadastrando e descrevendo o perfil empresarial das 93 mineradoras do Paraná, em atividade naquele ano.

Somente no decorrer da década de 90, algumas pesquisas passaram a focar diretamente a mineração de “calcário” da RMC. Tais estudos foram baseados numa visão verticalista onde sempre foi destacado, com maior propriedade, o desenvolvimento econômico da mineração sem que fossem abordadas, conjuntamente, as consequências ambientais negativas infringidas ao meio ambiente.

No ano de 1991, Kaefer *et al* elaboraram para a CPRM um projeto onde o alvo era o plano diretor de mineração, com análise detalhada do potencial mineral de não metálicos para a RMC. Nesta mesma década já se observava preocupação com o ecodesenvolvimento a exemplo

do trabalho de Theodorovcz *et al.* (1994) onde há estudos para estabelecer áreas naturais sob proteção na RMC.

A relevância de tal desconhecimento de informações necessárias ao desenvolvimento econômico e social de uma parte expressiva do Estado do Paraná mobilizou a Mineropar em 1995 para a atualização e ampliação do setor, cadastrando e analisando os aspectos industriais e econômicos das 136 empresas produtoras de “calcário” e cal, então existentes.

Por iniciativa do Grupo de Trabalho da Câmara Setorial Mineral da Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Desenvolvimento Econômico, reuniram-se os representantes da indústria para a realização de um diagnóstico dos entraves ao crescimento e desenvolvimento deste segmento da indústria mineral paranaense (PRODECAL, 1997). O termo de referência do PRODECAL deixa claro que, no entendimento dos mineradores, o desconhecimento das reservas e qualidades da matéria-prima é a causa imediata da falta de investimentos estratégicos no setor, cuja fase de crescimento tem sido reprimida nos últimos anos.

No mesmo ano (1997), o Governo Federal, por intermédio da CPRM, também desenvolveu o Projeto PIMA/PR, que teve por objetivo melhorar o conhecimento dos materiais de uso agrícola, entre eles o “calcário”, nos vários distritos mineiros do País. O objetivo do projeto foi o de fazer uma análise do potencial geológico, e do mercado produtor e consumidor dos bens minerais utilizados como insumos agrícolas, entre estes o “calcário”.

O conhecimento mais completo e consistente da área de ocorrência, dos litotipos, da qualidade e da aplicabilidade dos diferentes “calcário”s existentes no Paraná foi iniciado por levantamentos geológicos, integrados e complementados pela caracterização química e mineralógica pela Mineropar (1997). O principal objetivo deste projeto foi detalhar áreas pré-selecionadas, dotando os mineradores e administradores regionais de informações básicas necessárias à modernização da indústria calcária paranaense. A disponibilização dos dados seria feita através do CIM (Centro de Informações Minerais), fornecendo suporte tecnológico necessário à operacionalização de arquivos e geração dos documentos de interesse dos usuários. Ainda no mesmo ano, Busarello (1997) preparou para Fundação Pedroso Horta um informativo mineral sobre a RMC realizando uma avaliação geológico-econômica dos “calcário”s Proterozóicos.

Ao finalizar o século XX, grande impulso foi dado às pesquisas do setor de “calcário” na RMC com a implantação do projeto DIMICAL (2001). Esta pesquisa que se estendeu até o início do ano de 2005, foi liderada pela Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia, com o objetivo principal de integrar as informações até então obtidas, testar suas consistências, ampliar os estudos no âmbito científico, de maneira a englobar os dados geológicos, econômicos e ambientais. Decorrente deste projeto dissertações de mestrado (Guimarães, 2000, Siqueira,

2001, Zimmermann, 2004, Adam, 2005) foram elaboradas e defendidas. Inúmeros trabalhos publicados em congressos, simpósios, seminários e eventos de iniciação científica foram apresentados por pesquisadores participantes do projeto tais como os de Guimarães, *et al* 1999, Guimarães, *et al* 2000 Guimarães, *et al* 2001^{b,c}, Siqueira, *et al* 2001, Guimarães, *et al* 2002^{a,b,c,d}, Rebelo, *et al* 2002^a, Reis Neto, *et al* 2002, Adam, 2002, Zimmermann, 2002, Rossi, 2002, Guimarães, *et al* 2003^{a,b}, Rebelo, *et al* 2003, Adam, 2003, Zimmermann, 2003, Bahniuk, 2003, Gallina, *et al* 2003, Guimarães, *et al* 2004^{a,b}, Rebelo, *et al* 2004, Adam, 2004, Zimmermann, *et al* 2004, Bahniuk, 2004, Bahniuk, *et al* 2004, Moreto, 2004 e Gallina, *et al* 2004^{a,b}. Também foram escritos artigos científicos, publicados em revistas nacionais e internacionais (Guimarães, *et al* 2001^a, Guimarães, *et al* 2003, Rebelo, *et al* 2003, Adam, *et al* 2004, Zimmermann, *et al* 2004), todos de cunho geológico exploratório e ambiental.

Paralelo a este projeto, ainda em 2001, a Mineropar publicou o Boletim Estatístico da Produção Mineral e o PDIMP - Programa de Desenvolvimento da Indústria Mineral do Paraná – Projeto “calcário” – Distrito Mineiro Capiru, objetivando o mapeamento geológico, definindo áreas de ocorrência das rochas calcárias em algumas folhas da RMC, sua distribuição espacial, relações de contato com outros litotipos, estruturas associadas e conteúdo mineral. Também foram contemplados com este programa os tipos de uso e ocupação do solo na região, com ênfase à ocupação urbana e atividades de mineração, além da delimitação das áreas de preservação ambiental já consolidada, áreas de riscos geológicos e áreas com feições cársticas tais como fendas, grutas e cavernas, dolinas e sumidouros.

A Associação Paranaense de Produtores da Cal (APPC) deu um impulso à atividade de transformação do “calcário”, emitindo o selo de certificação aos produtores que industrializavam este bem dentro das normas sugeridas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, com o programa de coleta e monitoramento da cal produzida na RMC (APPC, 2002).

Nesta mesma época, o DNPM (Departamento Nacional de Pesquisa Mineral) faz acordo de cooperação com a FUNPAR (Fundação da Universidade Federal do Paraná) em um projeto intitulado “Calcário” – Recurso Mineral na Sustentabilidade Agropecuária e Melhoria dos Recursos Hídricos com o objetivo de implementar uma estratégia executiva, tendo o elemento “calcário” como indutor e acelerador de uma agricultura multifuncional (Severino, 2002).

O Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES (2003), no seu relatório anual, constatou que as indústrias extrativa e transformadora de minerais não-metálicos contribuíram com 7,2% na formação do PIB industrial paranaense desde o ano de 1994 (figura 2). Esta contribuição seria inferior apenas às dos setores da indústria alimentícia (18,5%) e química (31,6%) e o setor de material e transporte (21,5%), embora desde o início da década de 80, entretanto, a indústria mineral vem perdendo participação na formação do produto industrial

do Paraná. De 1990 a até 2000, a indústria mineral extrativa perdeu 23% em valor⁵ corrigido e a de transformação perdeu 10% (IPARDES, 2003 *op cit*).

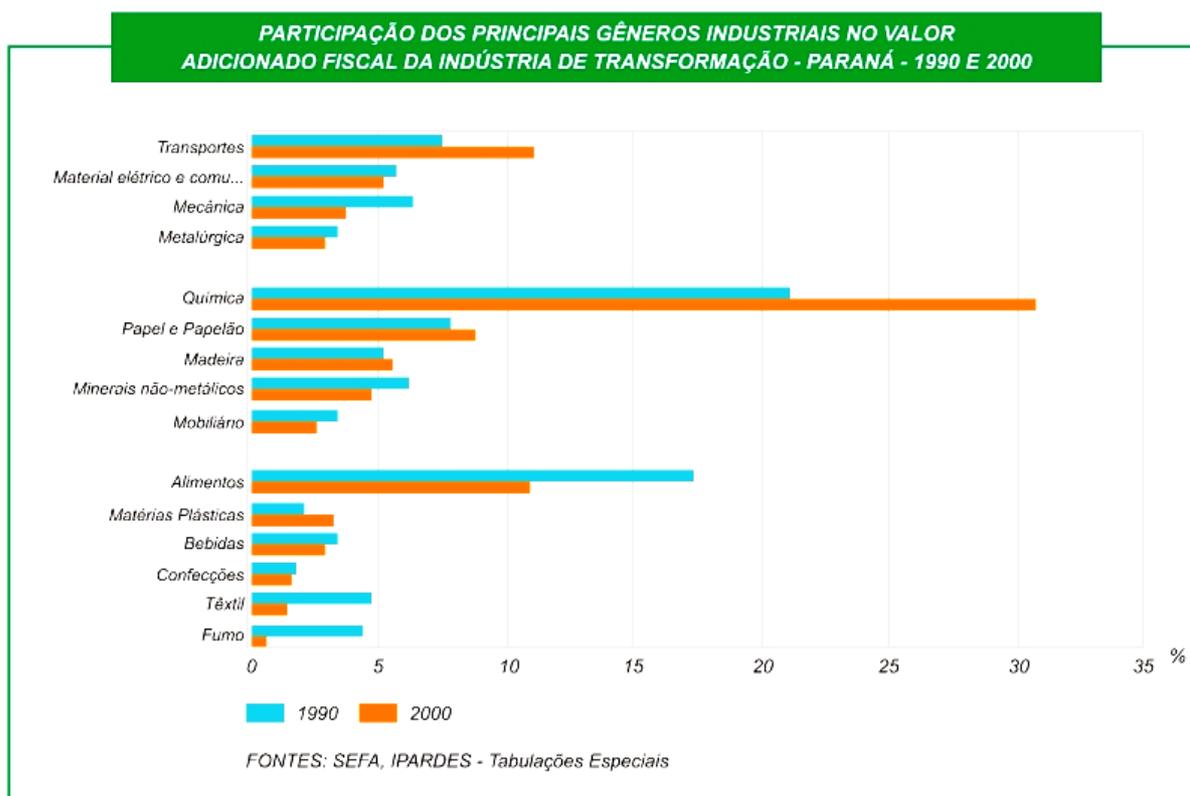


Figura 2 - Gráfico com a participação do PIB industrial paranaense (Fonte: IPARDES, 2003).

Uma das causas mais importantes desta queda é a falta de investimentos em modernização dos processos industriais e gerenciais, que depende por sua vez de um conhecimento mais completo e consistente das reservas de matéria-prima disponíveis para a extração (Guimarães *et al*, 2003).

Rebello *et al*, 2003 ao analisar a importância do estágio futuro de desenvolvimento mineral no segmento de “calcário” da RMC e demanda vindoura da indústria de transformação ressaltou a importância do poder público criar urgentemente condições básicas necessárias para que o setor mineral paranaense pudesse se modernizar diversificar e ampliar, integrando-se à nova realidade industrial.

Ainda paralelo ao desenvolver do Projeto DIMICAL, 2001 (*op cit*), a Mineropar vinculada à Secretaria de Estado da Indústria Comércio e Assuntos para o Mercosul (SEIM) do Estado do Paraná e DNPM, apresentou o plano diretor de mineração (PDM, 2004) a ser utilizado pela COMEC - Coordenação da RMC. Este plano mostra o zoneamento com vocação mineral e as zonas bloqueadas e controladas pela mineração. O PDM inova ao mapear os conflitos que ocorrem entre a atividade mineral e outras formas de uso e ocupação do solo, como a

⁵ **Valor**- De forma simplificada, definiremos como a relação entre Qualidade e Preço.

urbanização e a preservação ambiental. O plano oferece subsídios para uma política do setor mineral, contribuindo para a fiscalização e a regularização da mineração informal.

Os sindicatos patronais (SINDICAL E SINDEMCA) unem-se ao IEL e a Mineropar para desenvolverem o projeto Arranjos Produtivos Locais (APLs, 2004), que tem como objetivo o desenvolvimento tecnológico do setor da cal e do corretivo agrícola e a fundação de uma escola técnica para formar mão-de-obra especializada para o setor. Este projeto encontra-se em fase inicial e pretende apresentar, durante 2005, alguns resultados obtidos durante seu desenvolvimento.

Os principais fatores geológicos, econômicos e ambientais controladores da exploração de “calcário” no Distrito Mineiro Capiru na RMC ainda não foram bem compreendidos, tanto no que tange no seu reconhecimento, quanto a sua interferência na produção e produtividade do bem mineral. A chave que requer mais esforços para o entendimento desta interação está no modelo analítico previsionar proposto para esta região. Enfocar as áreas com vocação mineral, e que sejam passíveis de exploração de “calcário” sob tal ótica, é de fundamental importância, tanto para a RMC, como para outras regiões metropolitanas em condições semelhantes, quanto para o prosseguimento e aplicabilidade das políticas referentes à região. Os resultados de tais políticas permitirão à sociedade paranaense se beneficiar dos insumos essenciais para a indústria de transformação com economia de custos⁶ e sistemas ambientais equilibrados facilitando o aprofundamento do conhecimento das características do meio físico. Só com esta compreensão os órgãos ambientais e de planejamento afiançarão com segurança os empreendimentos, além da efetiva gestão sobre o uso e ocupação do solo.

1.1.2 – Hipótese de Trabalho

Partindo-se das premissas de que: (i) o setor mínero-industrial de “calcário” da RMC encontra-se enfraquecido, com baixa produtividade; (ii) ocorre uma defasagem tecnológica e ambiental neste setor; (iii) que este setor está focado na exploração e comercialização de “calcário” para corretivo agrícola e cal para a construção civil, subaproveitamento as reservas existentes; (iv) houve mudanças no mercado concorrencial no comportamento histórico dos “preços⁷”; e (v) ocorreu uma mudança de política ambiental a partir da década de 80.

Logo, temos como corolário, que a comercialização de corretivo agrícola e de cal para a construção civil não está remunerando adequadamente os empreendimentos mínero-industriais

⁶ **Custo** refere-se ao dinheiro necessário para fazer um negócio com um fornecedor ao longo da vida útil de um produto ou serviço. Preço é o valor justo de mercado que alguém está solicitando para adquirir bens ou serviços. Se a sua apresentação de vendas enfatiza o preço, então seus compradores irão achar erroneamente que os custos estão muito elevados. Definir o preço apenas com base nos custos de produção e comercialização é um erro, pois se, por um lado, o custo serve para definir o preço mínimo para não vender com prejuízo, por outro lado não leva em conta a percepção do cliente, que pode atribuir àquele objeto um valor muito maior.

⁷ **Preço** é o custo para o cliente. Para melhorar o preço é preciso agregar valor ao seu produto ou serviço. E isso é definido pela percepção do cliente, envolvendo aspectos subjetivos relacionados ao seu (dele) quadro de valores. Simplesmente agregar benefícios pode não ser suficiente, caso tais benefícios não tenham valor para o cliente (Pereira *et al* 2003).

de “calcário” da RMC, impossibilitando a modernização, a expansão e o atendimento à legislação ambiental prevista para o setor dentro dos princípios de ecodesenvolvimento.

Desta forma partimos para a verificação da hipótese de que, no Distrito Mineiro Capiru (RMC), só deve ser considerado minério de “calcário” o material que possa ser destinado à elaboração de produtos com maior valor agregado, além que o corretivo agrícola e cal e que, também este material, seja passível de exploração com maior economicidade dentro das normas de sustentabilidade.

Embora a verificação de tal hipótese demande a integração sistêmica e dinâmica de dados, informações e conceitos de natureza interdisciplinar, numa visão global, algumas questões fundamentais, relacionadas à economia mineral do setor, necessitam respostas muito clara por conduzirem ao âmago dos prováveis modelos analíticos para o “calcário” no contexto enfocado, como veremos a seguir.

1.1.3 - Questões a Investigar

Para enfrentar o desafio da dimensão geológica, econômica e ambiental de maneira abrangente (figura 3) é necessário analisar a atual lógica do processo de exploração e acumulação de conhecimento dos bens minerais até hoje tidos como “carro-chefe” e seus padrões de consumo correspondente, o trabalho discute como tal mudança radical poderá ocorrer.



Figura 3 –Engrenagens representando o inter-relacionamento entre as três variáveis (dimensões) a serem analisadas no modelo proposto, remanejando a atual lógica do processo de exploração mineral para a RMC.

O modelo analítico proposto por North, (1990, 1993), para explicar o processo de mudança que deu origem ao fenômeno moderno do crescimento econômico rápido, é aqui revisado em favor da construção de um novo modelo analítico. Embora no modelo de North (*op cit*) haja espaço para comportamentos altruísticos ou irracionais, ele permanece preso à hipótese (neoclássica) de que são as mudanças nos preços relativos dos fatores de produção, que jogam o papel de variável independente na indução da mudança institucional. No caso da problemática envolvendo a sustentabilidade econômica da mineração de “calcário” na RMC esta hipótese é ainda mais limitada e improvável, na medida em que a incerteza e a controvérsia científica impedem que a elevação da consciência ecológica provocada pela escassez crescente de bens e serviços ambientais, possa jogar tal papel. O trabalho propõe um modelo analítico, onde o comportamento altruístico – a solidariedade em relação às futuras gerações – joga o papel de variável independente na indução da mudança institucional.

Discute-se ainda, nesta pesquisa, quais seriam as condições que possibilitariam tal comportamento altruístico cumprir este papel, onde as questões a responder, para provar a hipótese inicial: *“No Distrito Mineiro Capiuru - RMC, só deve ser considerado minério de “calcário” o material que possa ser destinado à elaboração de produtos com maior valor agregado, além que o corretivo agrícola e que, também, este material seja passível de exploração com maior economicidade dentro das normas de sustentabilidade”*. Desta forma passamos a analisar as premissas que deram origem a esta hipótese.

Analisando as condições da hipótese inicial temos na primeira premissa - “Como fazer para que o setor mineiro-industrial de “calcário”, na RMC, aumente sua produtividade, em razão do seu atual enfraquecimento”, pretende-se:

- (i) Demonstrar porque o setor mineiro-industrial de “calcário” encontra-se enfraquecido;

Na segunda premissa – “Ocorre uma defasagem tecnológica e ambiental neste setor” objetiva-se:

- (i) Confirmar o que tem levado à defasagem tecnológica e ambiental acentuada;
- (ii) Evidenciar porque o setor está defasado em termos tecnológicos e de procedimentos ambientais corretos;
- (iii) Ratificar a influência da ação antrópica com expansão e vetorização urbana em direção de áreas destinadas a mineração e preservação ambiental e impactos ambientais;

Ao se investigar as circunstâncias de uma terceira premissa – “Como ampliar o aproveitamento das reservas existentes do setor mineiro-industrial de “calcário”, na RMC, uma

vez que o mesmo está focado na exploração e comercialização de corretivo agrícola e cal para a construção civil”, aspira-se:

- (i) Ratificar se há necessidade de uma diversificação de enfoque produtivo, ou seja, gerar insumos de maior valor agregado, que os tradicionalmente produzidos;

Considerando uma quarta premissa – “Como identificar o papel do mercado concorrencial no comportamento histórico dos preços”, deseja-se:

- (i) Comprovar que a distribuição dos produtos explorados chega aos principais centros consumidores com altos valor fazendo com que o transporte contribua com parcelas significativas no preço final do produto;

Por fim, examinando-se uma quinta premissa – “Ocorreu uma mudança de política ambiental a partir da década de 80”, contempla-se:

- (i) Caracterizar esta mudança com os avanços do ecodesenvolvimento e as discussões no âmbito do desenvolvimento sustentável.

1.2 – OBJETIVOS

O enfoque principal deste trabalho é, sobretudo, caracterizar entre os litotipos “calcários”, quais destes realmente são considerados “minério”.

Estabelecer indicadores geológicos, ambientais, econômicos na delimitação de áreas consideradas potenciais para a exploração de rochas calcárias como “minério”.

Remodelar a atual lógica do processo de: exploração, acumulação de conhecimento dos bens minerais. Transpor os objetivos buscados nos tradicionais trabalhos de geologia econômica, onde a descoberta de bens minerais e a avaliação do potencial dos depósitos constituem os principais propósitos.

O trabalho discute como uma mudança poderá ocorrer e propõe um modelo analítico, onde a conduta altruística (solidariedade em relação às futuras gerações) joga o papel de variável independente na indução da mudança institucional.

1.3 – MEIOS E MÉTODOS

Esta pesquisa compreendeu estudos a partir de análise bibliográfica sendo baseada em modelos, conceitos e dados disponíveis em literatura geocientífica. Os estudos, além de serem fundamentados em livros sobre as diferentes áreas do conhecimento relacionadas ao tema, envolvem publicações periódicas especializadas. Também foram efetuadas buscas na *internet*,

consultas e discussões com professores e pesquisadores, principalmente da Universidade Federal do Paraná – UFPR, e com profissionais de outras áreas, como forma de contribuição, agregando opiniões e experiências novas. Tendo em vista a multidisciplinaridade do tema, a pesquisa foi seletiva, pautada na compreensão do objeto de estudo, os processos geológicos e seus produtos, considerando-se as escalas espacial e temporal e os universos ambiental e sócio-econômico. O estudo visa aprofundar o entendimento de conceitos específicos e fundamentais à comprovação da hipótese de trabalho e subsequente construção de um modelo.

De maneira seqüencial são descritas a seguir as atividades principais executadas:

- - compilação e integração de dados geológicos (mineralógicos, estruturais e geoquímicos), ambientais e sócio-econômicos disponíveis em trabalhos realizados pela MINEROPAR, UFPR, CPRM, COMEC, etc;
- - fotointerpretação estrutural sobre aerofotos 1:70.000;
- - levantamento de campo incluindo: reambulação da fotointerpretação, cadastramento de pedreiras e frentes de lavra em atividade e desativadas, áreas de rejeitos de minas, áreas de instalações para o beneficiamento de minério, áreas urbanizadas e/ou em processo de expansão e ocupação urbana, áreas com grutas e cavernas e áreas com unidades de preservação, APAs e parques municipais. Ao final da cartografia geológica, este trabalho foi retomado com a finalidade de realizar uma reambulação dos dados impressos e corroborar à consistência das áreas cartografadas com a elaboração de dois perfis no sentido sudeste - noroeste.
- - elaboração de cartografia digital (*software Arc Gis v. 9.0 – ESRI, 2003*) seguindo a NBR 13.133/04, incluindo: (i) Mapas geológicos temáticos, com localização de pontos de amostragem de rocha para análises geoquímicas e petrográficas, localização de pedreiras e frentes de lavra, localização de grutas e cavernas, áreas afetadas por atividades de mineração, áreas com potencial para implantação de atividades mineiras de toda a Formação Capiru. Esta cartografia serviu de suporte para tratamento dos dados e apresentação dos resultados. (ii) Mapa geológico, com interpretação estrutural, sobreposto ao modelo digital de superfície (MDS). A técnica aplicada nesta carta proporcionou uma visualização em relevo, facilitando a interpretação dos dados morfoestruturais.
- - amostragem de rocha para execução de análises petrográficas e nova interpretação para as existentes;
- - tratamento e análise estatística dos dados geológicos sócio-econômicos e ambientais pesquisados, e;

- - interrelacionamento das informações geológicas, sócio-econômicas e ambientais com a proposição final do modelo analítico elaborado.

1.3.1 - Critérios de Classificação e Nomenclatura

Durante os estudos das rochas carbonáticas e atendendo os objetivos propostos, foram utilizadas as seguintes classificações por melhor permitirem a caracterização dos litotipos descritos nos quadros 1, 2 e 3. Considerando que o termo “calcário”, aqui utilizado tem implicação comercial de rochas que geologicamente devem ser denominados de mármore dolomíticos, ou dolomita mármore, ou metacalcário dolomítico, ou metadolomito.

Segundo a relação MgO/CaO – Relação Magnesiana (RM)

Essa classificação tem a vantagem de limitar os “calcários” magnesianos de acordo com o teor de óxido de magnésio (quadro 1) fixado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, admissível na fabricação de cimento.

Quadro 1 – Relação MgO/CaO proposta por Bigarella J.J. – (1953).

Denominação	Equivalência de MgO Aproximada	(%) MgO/CaO Aproximada
Calcário Calcítico	0,0 – 1,1	0,00 – 0,02
Calcário Magnesiano	1,1 – 4,3	0,02 – 0,08
Calcário Dolomítico	4,3 – 10,5	0,08 – 0,25
Dolomito Calcítico	10,5 – 19,1	0,25 – 0,56
Dolomito	19,1 – 22,0	0,56 – 0,72

Segundo a Intensidade do Metamorfismo

Quadro 2 – Intensidade do metamorfismo (Bigarella J.J. (1953). Pettijohn, F.J., (1949)

AFIXO	DESCRIÇÃO
META	Como prefixo nos sedimentos carbonáticos (classificação de Bigarella, J.J., 1953) que apresentam mudanças decorrentes de um metamorfismo incipiente atuante na rocha, onde ficam preservadas algumas estruturas singenéticas. O metamorfismo é da Fácies Xisto Verde – Zona da Clorita, por exemplo: metadolomito.
MÁRMORE	“calcário” metamorfizado e recristalizado. Deverá ser antecedido pela maior incidência de minerais constituintes dos “calcários”, como por exemplo: dolomita mármore.

Segundo a Classificação Petrográfica

Para a classificação petrográfica das rochas carbonáticas metamórficas em estudo foram adotados critérios essencialmente mineralógicos e texturais evitando-se aqueles de conotação genética. Para Tanto foram utilizadas as proposições de Leighton e Pendexter (1962) e de Pettijohn (1975), adaptadas às rochas metamórficas. Estas proposições estão inseridas no quadro 3.

Quadro 3 – Classificação petrográfica adotada para as rochas carbonáticas estudadas, baseada nas proposições de Leighton & Pendexter (1962) e Pettijohn (1975).

RELAÇÃO CALCITA : DOLOMITA	ARRANJO TEXTURAL	
	GRANULAR CRIPTO/MICROCRISTALINO	GRANOBLÁSTICO
90:10	Metacalcário	Calcita mármore
55:45	Metacalcário dolomítico	Dolomita-calcita mármore
45:55	Metadolomito calcítico	Calcita-dolomita mármore
10:90	Metadolomito	Dolomita mármore

Assim, as designações de metacalcário e metadolomito de um lado e calcita e dolomita mármore de outro, foram definidas de acordo com o arranjo textural (grau de recristalização) exibido ao microscópio, sem indicação direta de diferentes graus metamórficos.

As designações de textura seguem os critérios estabelecidos por Williams *et al* (1970), que as definem como:

- Textura granular macrocristalina (aqui denominado granoblástica), aquela com agregados de grãos com diâmetro maior que 0,2 mm;
- Granular microcristalina aquela com agregados de grãos com diâmetro variando entre 0,01 e 0,2 mm, e
- Granular criptocristalina aquela com agregados de grãos menores que 0,01 mm.

1.3.2 - Organização deste Trabalho

O capítulo 2 tem por objetivo caracterizar os litotipos principais (ambiente de sedimentação, controle estratigráfico, petrografia, metamorfismo e geoquímica), determinar a análise estrutural regional por intermédio da caracterização estrutural dos mármore e do controle estratigráfico, ambientes morfológicos e áreas de exploração. O capítulo 3 inicia com o estado da arte dos estudos ambientais ambiental, seguido de uma análise da mineração de “calcário” na RMC e finaliza com zoneamentos existentes dos terrenos cársticos e mineração.

“Dimensão Econômica da Mineração” é o título do capítulo 4. Nele são abordados dados sobre a localização geográfica, infra-estrutura, logística e vetorização urbana. Em seguida é feita uma análise do mercado produtor, suas áreas exploráveis, a defasagem tecnológica e

concorrência predatória e encerra o capítulo com uma análise do mercado consumidor. Nesta análise há uma abordagem no desafio do mercado (agricultura, construção civil e outros) e também um estudo dos parâmetros econômicos positivos. No capítulo 5 procede-se a integração e avaliação dos resultados teóricos obtidos, sob o ponto-de-vista da sua validade científica e operacionalidade, confrontando-se os dados dos parâmetros geológicos, ambientais, sócio-econômicos e a inter-relação entre eles e dados existentes na literatura, referentes a pesquisas similares. Finalmente são apresentadas as conclusões.

2 - CONTEXTO GEOLÓGICO E EXPLORATÓRIO DA FORMAÇÃO CAPIRU – UMA SÍNTESE

A complexidade de entendimento do Grupo Açungui, seqüência supracrustal de idade Neoproterozóica pode ser compreendida através da existência de cerca de quarenta e uma colunas estratigráficas (Fasbinder, 1996), que posicionam das mais diversas maneiras as formações pertencentes a este Grupo. A principal razão da existência de inúmeras colunas litoestratigráficas para este Grupo, prende-se aos aspectos de que ocorreram mudanças geológicas ou de interpretação estratigráfica, sem que fosse explicitada uma definição clara dos critérios utilizados (Campanha, 1991).

O Grupo Açungui, como resultado de algumas datações e pelo relacionamento com os corpos graníticos Brasileiros, é considerado como pertencente ao Ciclo Brasileiro, do Neoproterozóico (Campanha, 1991).

A Formação Capiru, objeto deste trabalho constitui uma importante plataforma de idade Neoproterozóica no Estado do Paraná ocupando a margem sudeste da Bacia Açungui, com seqüências terrígenas e carbonáticas típicas de plataforma continental (Fassbinder, 1996). Foi pesquisada por Fiori, 1990 e 1994 e subdividida em quatro seqüências litológicas diferentes, denominadas, Juruqui, Rio Branco, Morro Grande e Bocaina. Cada seqüência abrange, na realidade, um conjunto ou associações litológicas, geneticamente relacionadas.

2.1 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA- CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A área estudada localiza-se no Primeiro Planalto Paranaense e abrange parcialmente os municípios de Rio Branco do Sul, Campo Largo, Bocaiúva do Sul, Colombo, Cerro Azul e Almirante Tamandaré (figura 4). Compreende uma faixa de formato lenticular posicionada em direção nordeste-sudoeste medindo aproximadamente 80 km em seu eixo noroeste-sudeste 19 km em seu eixo menor. A área total, excetuando-se a Formação Setuva, é de 1.002,3 km², sendo que 249,7km² (24,92%) correspondem a litotipos “calcários”. A porção norte da Formação Capiru está separada da Formação Votuverava (bloco D - Fiori, 1994) pela Zona de Transcorrência Lancinha e ao sul limita-se com as rochas do embasamento.

A região possui boa rede viária, com exceção da porção centro-norte (porção sul do município de Cerro Azul), onde os acessos são restritos a estradas vicinais em estado precário de

seja, a bacia do rio Paraná, através da Bacia do rio Iguaçu e de seus afluentes em que dominam colinas suaves. Os vales dos rios Açungui e Ribeira apresentam o maior volume de rochas calcárias do Estado do Paraná.

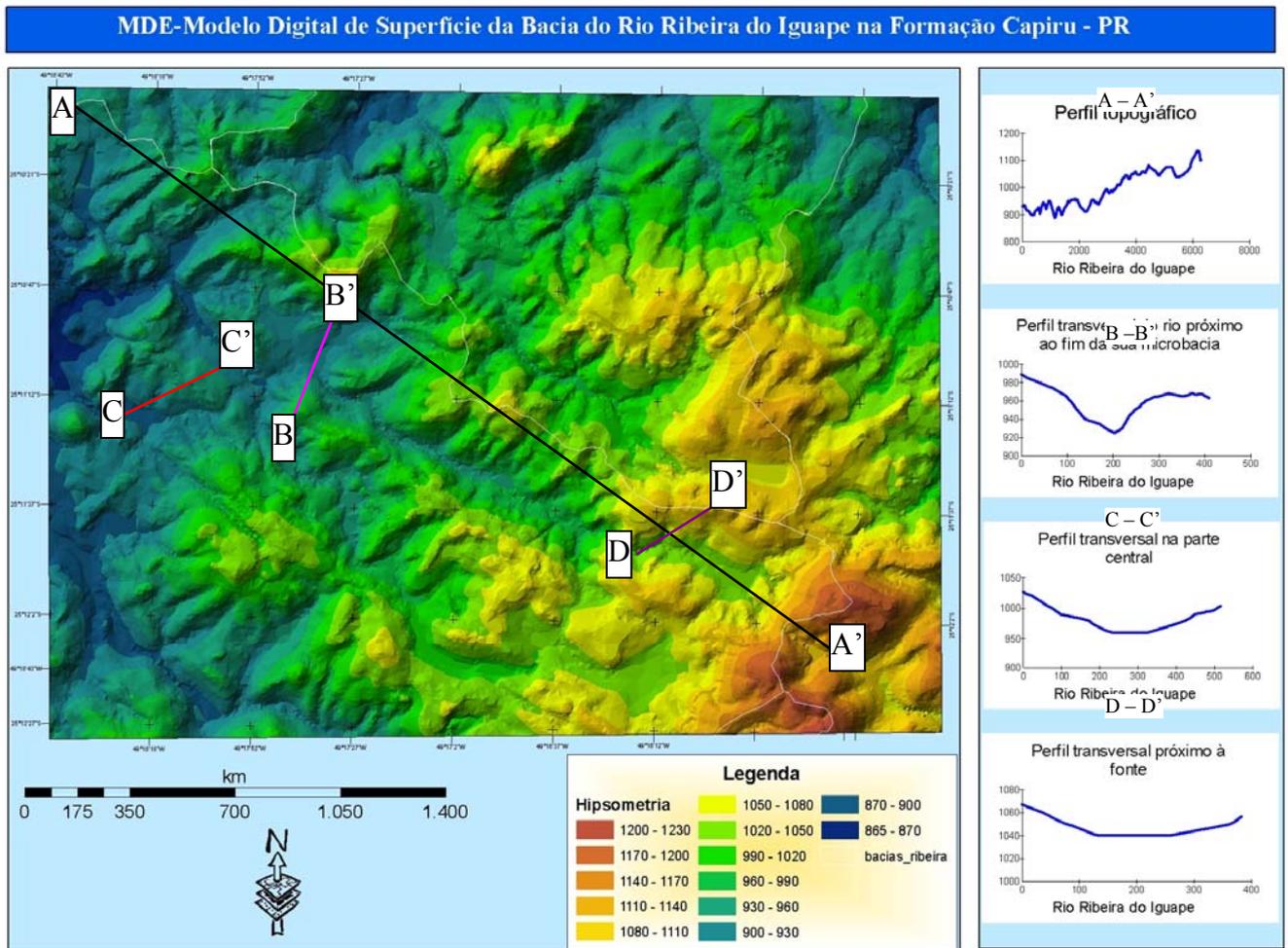


Figura 5 – Modelo Digital de Superfície da Bacia do Rio Ribeira do Iguape mostrando através do constatação matemática as superfícies de aplainamento (dissecação) ocorrentes no percurso do rio.

O Primeiro Planalto Paranaense inicia-se a partir das encostas ocidentais da Serra do Mar, dominando a maior parte da área estudada, com altitudes variando entre 800 e 1.800m. Na Faixa Capiru a cota máxima é de 1.454m e situa-se pouco a norte de Bocaiúva do Sul (Serra da Bocaina, sustentada por quartzitos). Na região de Colombo encontra-se um grande divisor de águas que separa as superfícies de aplainamento da bacia hidrográfica do rio Iguaçu e do rio Ribeira. O relevo do Primeiro Planalto está condicionado a grande diversidade litológica.

A geomorfologia da área tendo como base a geologia, hipsometria e hidrografia, relacionada às feições resultantes das dissoluções cársticas (cavernas, dolinas, poljes, sumidouros, etc.) podem subsidiar o planejamento e a otimização da exploração sustentável das rochas calcárias, através da análise de superfícies de aplainamento. Com base em trabalhos existentes (Zimmermann, *et al*, 2004^{a,b}), verifica-se ocorrência da frequência de cavidades em

determinadas superfícies geomorfológicas. Esta alta constância encontra-se nas cotas aproximadas de 900 m, próximo ao divisor de águas entre as bacias do Ribeira do Iguape e do Iguaçu e nas cotas de 500 m, mais para o interior do vale do Ribeira. O aprofundamento dos estudos motivou o desenvolvimento, através da interpolação dos dados e da geração do modelo digital de superfície, de um histograma de frequência de altitudes para a região, que possibilitou a constatação matemática das superfícies de aplainamento existentes e o agrupamento das feições cársticas nos “calcários” em determinadas regiões geomorfológicas.

Na Formação Capiru predominam os metacalcários dolomíticos, sobre os quais se desenvolvem feições características de relevo cárstico: sumidouros, dolinas, vales cegos, fendas, grutas e cavernas. A morfologia do terreno é suave, salientando-se apenas pequenas elevações rochosas. Nas áreas mais arrasadas, onde os processos de dissolução atuaram com maior intensidade o relevo mostra-se quase aplainado, com declividades inferiores à 10%, constituindo as planícies cársticas.

Os diques de diabásio, por serem mais resistentes ao intemperismo químico em relação aos metacalcários encaixantes, ressaltam na topografia, originando pequenas cristas alinhadas segundo a direção NW-SE, comuns aos mesmos. Também constituem altos topográficos as camadas de filitos e quartzitos que ocorrem intercalados com os metacalcários dolomíticos (figura 6).

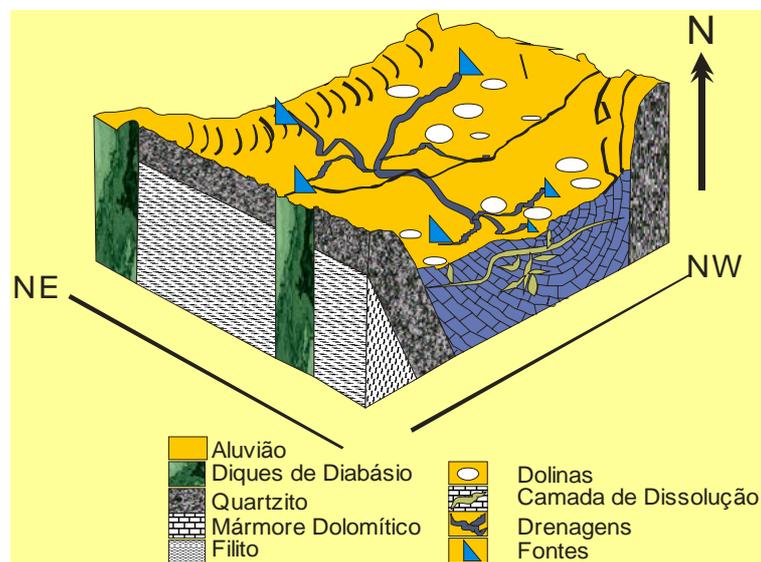


Figura 6 - Situação morfo-estrutural dos metassedimentos da Formação Capiru (modificado de Lisboa & Bonacim, 1995).

Os depósitos de aluviões atuais ocorrem associados às áreas de fundo de vale, em relevo arrasado, aplainado com declividades inferiores a 5%. Na área mapeada ocorre preferencialmente associados às planícies cársticas desenvolvidas sobre os metacalcários dolomíticos da Formação Capiru.

O modelo digital de superfície associado à geologia mostra com certa facilidade visual a representação morfo-estrutural da área (anexo 1).

Do ponto-de-vista geomórfico no Distrito Mineiro Capiru (DMC) os terrenos cársticos típicos constituem sistemas que duplicam as interfaces atmosfera, hidrosfera e litosfera e apresentam feições características de entrada, transferência e armazenamento e de saída. O limite superficial do carste (frente cárstica) é a bacia de drenagem, que constitui a entrada do sistema, já o nível de carstificação localiza-se no contorno da zona de saída deste sistema. Os processos de dissolução iniciam-se durante as chuvas e com a circulação das águas de escoamento por sobre a superfície topográfica. As características principais, como geometria, profundidade e dimensões das diversas feições cársticas, são diretamente influenciadas pelas condições geológicas do sítio, pois as rochas calcárias podem ocorrer em diferentes situações geológicas, condicionando a intensidade e abrangência da ocorrência dos fenômenos cársticos (Rebelo *et al* 2002^a). As principais feições cársticas estão distribuídas no DMC em seus diversos estágios de evolução, indicando claramente que nestes terrenos ocorrem modificações complexas durante o processo de formação das feições. Toda esta evolução reflete-se na morfologia externa e podem interferir no uso e ocupação do terreno.

De um modo geral o principal componente da vegetação é a mata ciliar com feições rasteiras e do tipo arbóreas baixas e vegetação secundária (*pinus* como florestamento e reflorestamento). A agricultura de hortaliças e vinicultura se restringe aos municípios de Colombo e Bocaiúva do Sul. A contínua exploração da mata das araucárias, para a comercialização de sua madeira, fez com que ela desaparecesse quase completamente, restando hoje cerca de apenas 1/10 de sua área original.

2.1.1 – *Landforms* e o reconhecimento das formas da paisagem

A compreensão do termo *landforms* como ferramenta para descrição do terreno começa por um entendimento do significado e da amplitude do conceito. Porém, a grande disseminação do uso de *landforms* para análise da paisagem e as múltiplas aplicações deste, fazem com que existam conceitos com significados diversos para o mesmo termo⁸.

⁸ Entre as conceituações uma bem aceita em trabalhos de *landforms* é a dos autores Geodfrey *et al* (1991) que descrevem *landform* como "parte da paisagem que geralmente pode ser visualizada em termos de sua integridade e reflete a litologia, a geologia estrutural e os processos geomórficos que a tenham produzido". Com este enfoque, Lollo (1996), embasado nos trabalhos de Miles (1951, *apud* Lollo *op cit*), Mintzer *et al* (1952, *apud* Lollo *op cit*), Christian *et al* (1953, *apud* Lollo *op cit*), Beckett *et al* (1962, *apud* Lollo *op cit*) e Miles (1962, *apud* Lollo *op cit*), define *landforms* como "porção do terreno originada de processos naturais e distinguível das porções vizinhas (demais *landforms*) em pelo menos um dos seguintes elementos de identificação: forma e posição topográfica, frequência e organização dos canais, inclinação das vertentes, e

Novos desenvolvimentos em análises de terreno são vinculados principalmente a técnicas computacionais associadas a modelos digitais de superfícies (MDS's). Estas técnicas tentam parametrizar os *landforms* a partir de modelos numéricos tridimensionais (figura 7).

O mapeamento de níveis hierárquicos para sistemas de terreno, unidades de terreno e elementos de terreno, através da técnica proposta Lollo (1996), levou à segmentação do terreno em: dois sistemas (1 e 2). Segue a descrição de cada um dos sistemas de terreno mapeados:

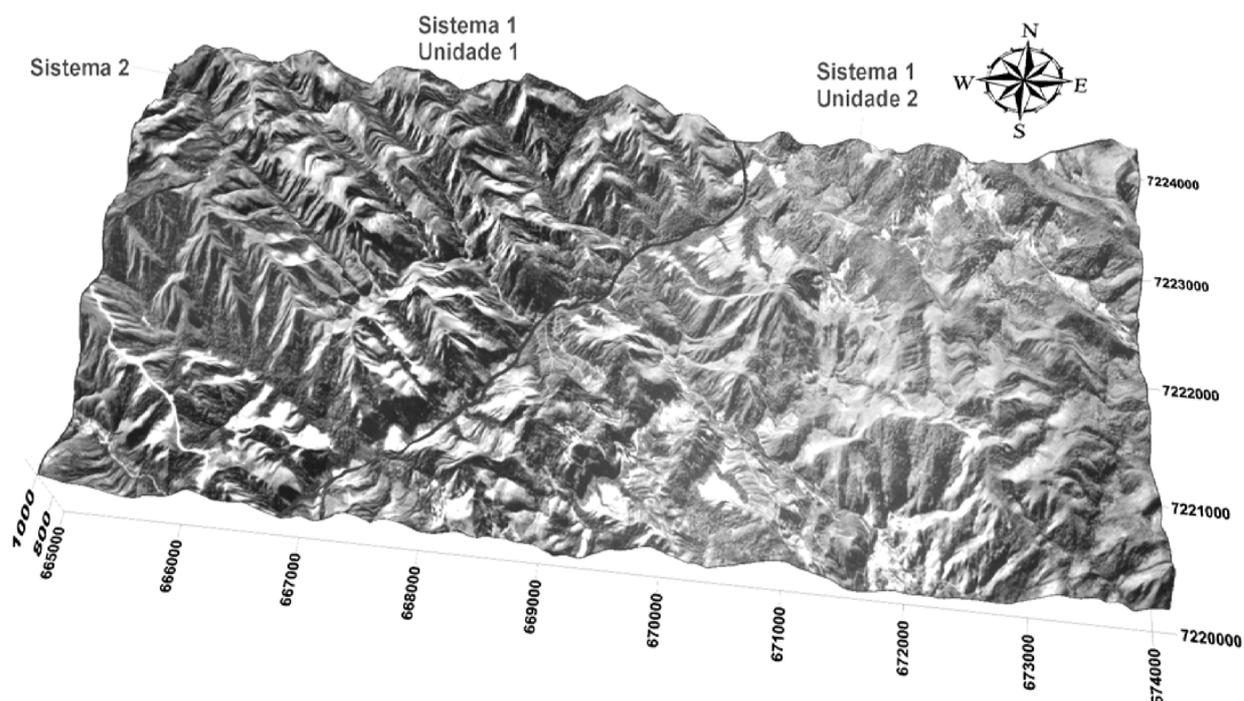


Figura 7 – Aspecto visual da Unidade 1: MDS com falsa iluminação NW e sobrelevação vertical de 2 vezes. Segmentação dos sistemas e unidades de terreno sobre o fotorosáico em escala 1:25000 sobreposto ao MDS.

- (i) Sistema 1 (Bacia Açungui Ribeira do Iguape): Caracterizado por uma paisagem com frequência alta a muito alta de drenagens, com padrão predominante retangular. Encostas e vales alongados e grande estruturação perpendicular a estes. Os vales são bastante fechados (encaixados), e as encostas têm declividade comumente acentuada (média superior a 25°). Há duas direções marcantes de estruturas NW-SE e NE-SW; caracterizada por escarpas abruptas, morros com cumes angulosos e vales bem encaixado, alongados e paralelos. O terreno tem declividade bastante alta. Há formação freqüente de drenagens menores perpendiculares ao vales principais, deixando o terreno com um aspecto bastante estruturado. O padrão de drenagem é retangular com frequência extremamente alta de canais, com média superior a 40 canais por km². A direção principal dos vales e escarpas mais alongados é NW-SE.

amplitude de relevo". Dentro deste tipo de zoneamento há uma hierarquização das *landforms*. Esta hierarquização divide a paisagem em: sistema de terreno (*land system*), unidade de terreno (*land unit*) e elemento de terreno (*land element*).

- (ii) Sistema 2 (Bacia do Iguaçu): Paisagem com relevo preferencialmente ondulado, padrão de drenagem arborescente e declividade média a média alta. O relevo apresenta com frequência moderada vales alongados com direção NW-SE. A paisagem é composta principalmente por morros, vales médios a alongados e escarpas moderadamente abruptas. O terreno tem declividade baixa. Os morros apresentam topos semi-arredondados a angulosos, amplitude média a alta (500 a 1000 metros) e vertentes preferencialmente côncavas. Os vales mais alongados apresentam-se com diversas direções e são moderadamente fechados. O aspecto da rede de drenagem vai de subdendrítico a retangular e tem frequência alta de canais, com densidade de 25 a 30 canais por km². A paisagem é composta principalmente por morros, vales médios a alongados e escarpas moderadamente abruptas.

2.2 – TRABALHOS DE INTEGRAÇÃO

Os trabalhos sobre o Proterozóico paranaense, Grupo Açungui tiveram início na segunda metade do século XIX. A partir daí, até os tempos atuais, sucederam muitos outros estudos que levaram a um conhecimento cada vez mais detalhado da geologia paranaense.

Na fase histórica iniciada por Derby (1878), importante destaque obteve-se nos trabalhos de Oliveira, (1927). Duas décadas após, Oliveira *et al*, (1943) ao estudarem o Grupo Açungui concluíram que nesta série teria ocorrido uma deposição em mar relativamente profundo. Bigarella *et al* (1956) propuseram a subdivisão da Série Açungui em duas formações: Formação Setuva, basal, à qual se sobrepõe a Formação Capiru. O termo Capiru é emprestado da localidade homônima, situada a leste de Rio Branco do Sul, onde ocorrem seções típicas da formação. Camadas de meta-dolomitos e quartzitos intimamente interdigitadas constituem a característica mais marcante desta unidade, sendo os mármores dolomíticos, sua litologia dominante, e bem típica. Bigarella & Salamuni(1958), observaram na continuidade de seus estudos, que sobre a Formação Capiru, segue-se um pacote de rochas relativamente espesso, composto principalmente por filitos, contendo “calcários” calcíticos, quartzitos e conglomerados, e que aflora imediatamente a oeste da localidade de Votuverava. Ainda os mesmos autores (1959) realizaram um mapeamento geológico detalhado na metade meridional da Folha de Rio Branco do Sul, e subdividiram as rochas da Série Açungui em três formações: Setuva, Capiru e Votuverava. No mapa apresentado pelos mesmos o contato entre as Formações Capiru e Votuverava foi posicionado ao longo do Rio Lança, por onde mais tarde foi traçado o lineamento Lancinha.

Já na etapa intermediária, metade da década de 60, o conhecimento geológico obteve um importante desenvolvimento, onde advieram os estudos da Comissão da Carta Geológica do Paraná (Marini, *et al*, 1967). No mesmo ano Marini *et al* (1967), ao abordar as rochas calcárias, forneceu elementos relativos à composição, estruturas e aproveitamento daquelas rochas. Ao aprofundarem seus estudos no Grupo Açungui, Salamuni *et al* (1967), analisaram as estruturas singenéticas dos metassedimentos ocorrentes nos litotipos. Estes trabalhos serviram de base para elaboração do mapa leste paranaense da CPRM, escala 1:100000, 1976.

Foi a partir dos anos 70 que começam a surgir trabalhos de cunho estratigráfico e estrutural, que culminaram com a redefinição de conceitos anteriormente propostos para o Grupo Açungui. Marini (1970) abre esta fase propondo uma nova subdivisão estratigráfica do Grupo Açungui, a retirada da Formação Setuva deste Grupo, tendo por base uma série de evidências. Ebert *et al* (1971) definiu uma Unidade Pré-Setuva na região da Antiforma do Setuva, caracterizando os gnaisses finos e escuros e mica xistos finos de composição semelhante aos filitos da Formação Capiuru, diferindo destes por apresentarem maior grau de deformação mecânica e recristalização.

Fuck *et al* (1971) concluíram que o Grupo Açungui, constituído pelas Formações Capiuru, Votuverava e Água Clara sotopostas, estariam com a primeira na base, a segunda em posição intermediária e a última no topo. Dispõem a Formação Itaiacoca ao lado da Formação Capiuru, ressaltando suas semelhanças litológicas. Fairchild (1977) diferenciou os estromatólitos encontrados na Formação Itaiacoca das bioformas da Formação Capiuru, identificando então, variações nas condições de sedimentação. Popp *et al* (1979) dividem a Formação Capiuru em dois membros: Ermida (basal) e Ouro Fino. Seguem-se trabalhos de Veiga & Salomão e Schöll *et al* (1980). Entre estes, diversos trabalhos da Mineropar trouxeram importantes contribuições para a geologia paranaense. Nota-se nesta etapa certo exagero na criação de novos nomes e proposições de colunas estratigráficas trazendo certa confusão ao entendimento da geologia do Paraná.

Fiori *et al*.(1984) iniciam múltiplos trabalhos de cunho estrutural analisando diversos sistemas de lineamentos do Proterozóico. Fiori (1985) considera a ocorrência associada à Falha da Lancinha como um sistema de estruturas secundárias e discute a possibilidade da mesma causar, no Grupo Açungui, os reflexos de uma falha transcorrente profunda já existente no embasamento do mesmo. Soares & Reis Neto (1987) estabeleceram que o Grupo Açungui (Complexo Votuverava – Itaiacoca - Capiuru) constituído pelas Formações Itaiacoca, Votuverava e Capiuru e Seqüência Abapã. Complementando seus estudos sobre o Grupo Açungui Fiori (1990, 1994) o separou em blocos estruturais, os quais estariam associados a formações subdivididas em conjuntos litológicos distintos. Este autor salienta que diferentes conjuntos de rocha, hoje lado a lado, poderiam ter sido originados em ambientes, provavelmente distintos e distantes,

estando na realidade, justapostos por grandes falhamentos concluindo que a ordenação atual do Grupo Açungui não é de ordem estratigráfica e sim tectônica.

Em 1996 Fassbinder utiliza pela primeira vez o termo “Supergrupo Açungui” considerando os seguintes “grupos” ou formações: Água Clara (localizado na base), Votuverava e Capiru (situado no topo), e o Grupo Setuva ocupando uma posição estratigráfica inferior ao Supergrupo Açungui. O trabalho envolvendo a Formação Capiru com a elaboração do Mapa Metalogenético realizado pela CPRM (1998), na escala 1:100.000 contribuiu a propósito do potencial dos recursos minerais da folha de Curitiba. Nesta pesquisa foi realizada a distribuição das diferentes unidades, onde foi levada em conta a importância das zonas de cisalhamento. Complementando a proposta de Fiori (1990), que subdividiu a Formação Capiru em conjuntos litológicos, a realização do mapa geológico (anexo 1) foi possível avançar no entendimento, de parte, das relações estratigráficas entre unidades.

A fase atual foi encerrada com os trabalhos sobre a Formação Capiru de Guimarães (2000), Siqueira (2001), Zimmermann (2004), PDM - MINEROPAR (2004) e Adam (2005). Estes autores realizaram estudos sobre o potencial exploratório dos meta-dolomitos das regiões de Morro Azul e Morro Grande, Bacia do Rio Ribeira, parte central da Formação Capiru e Vila do Tigre, respectivamente, elucidando lacunas com relação à estratigrafia, geoquímica, petrografia, geomorfologia e estrutural das duas áreas.

2.3 – AMBIENTE DE SEDIMENTAÇÃO

O estudo sobre o ambiente de deposição de rochas metassedimentares é em geral um assunto de certa forma complexo. Tal complexidade é magnificada, quando se pretende interpretar o ambiente de deposição de uma seqüência de rochas afetadas por metamorfismo regional e por uma complexa tectônica de cavalgamento, que não só mascaram as estruturas primárias, como também alteram a sucessão estratigráfica original.

A maioria dos autores que discutiram o ambiente de formação das rochas do Grupo Açungui é unânime em admitir condições marinhas para sua deposição. Embora não se tenham ainda encontrado restos orgânicos preservados, a presença de folhelhos grafitosos em alguns níveis é uma evidência inegável da intensa atividade biológica vigente à época de deposição. Essa atividade é ainda reforçada pela existência de estruturas estromatolíticas (esteiras microbianas) originadas por algas (Guimarães *et al*, 2001^a), encontradas nos meta-dolomitos, e de grande importância para a determinação da gênese e ambiente de deposição. Admite-se que as estruturas estromatolíticas se formem na região intermaré e ocasionalmente, na zona supramaré.

Estruturas desse tipo são formadas em regiões de intermarés de praias abertas, onde a forte movimentação das águas inibe o crescimento das ligações laterais entre as estruturas ou removem-nas logo após a sua formação. Estromatólitos pequenos e médios foram descritos na Formação Capiru, próximo à gruta do Bacaetava (flanco norte da Sinforma de Morro Grande) e na pedreira de Calfibra (no flanco norte da antiforma do Setuva), e representam novos tipos (figura 8), até então ainda não descritos e característicos dessa formação (Guimarães *et al op cit*). Estes estromatólitos indicam condições de sedimentação em águas rasas, possivelmente em ambiente de intermaré de baixa energia, com ação de correntes suaves.

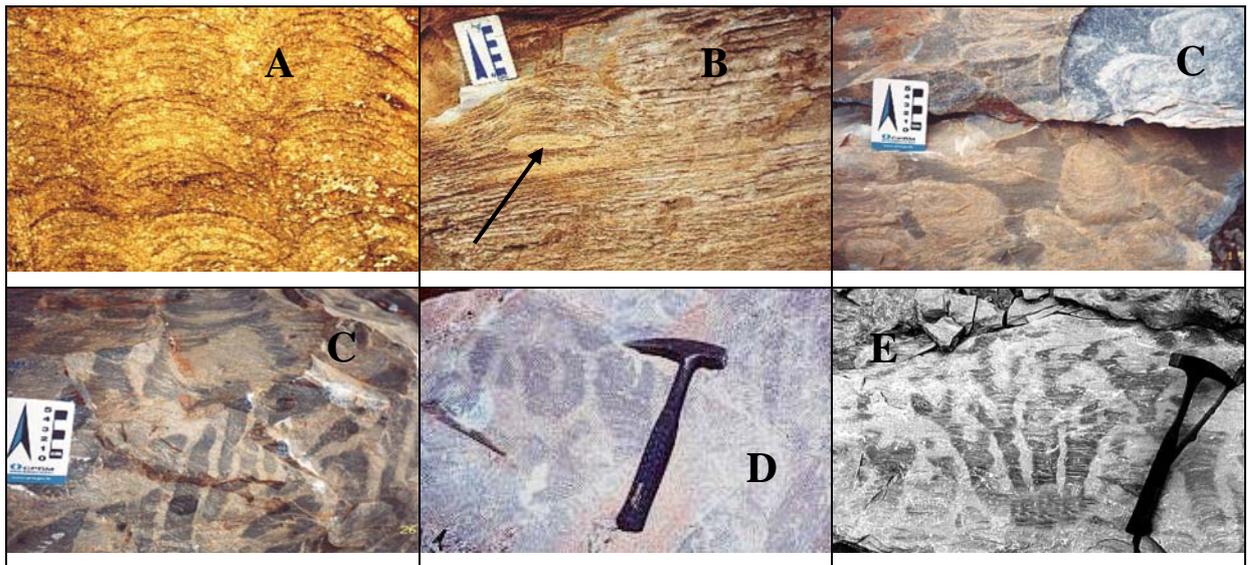


Figura 8 – Prancha onde se observa diferentes morfologias estromatolíticas distintas descritas na Região de Morro Grande – Colombo-PR. Observar no quadro B estrutura de carga em meio a esteiras microbianas.

As brechas intraformacionais, ocasionalmente presentes nos meta-dolomitos Capiru (figura 9B), representam retrabalhamento local dos meta-dolomitos, provavelmente por um breve recuo das águas. A exposição dessas rochas à condições subaéreas, no entanto, não é essencial, com o retrabalhamento podendo ter-se dado em condições subaquáticas, como bem lembraram Bigarella *et al* (1956). A presença, ainda que rara, em alguns níveis dolomíticos, de marcas de ressecamento (gretas de contração) (figura 9C), indica que ao menos em alguns momentos, houve exposição subaérea do material depositado.



Figura 9 - (A) Região de Tranqueira (Almirante Tamandaré-PR) com exposição de oólitos e pisólitos; (B) Brecha intraformacional da Região de Capivara (Almirante Tamandaré-PR); (C) metadolomito com estrutura física greta de contração da Região do Morro Azul (Almirante Tamandaré-PR).

Em suma sugere-se que o ambiente deposicional do Grupo Açungui, provavelmente, seria um mar aberto, com costa de sedimentação carbonática, e com reentrâncias lagunares. Em condições de mar aberto, mais distante da costa, depositavam-se turbiditos. Aparentemente, o clima vigente na época era quente e úmido, e o continente apresentava-se bastante arrasado, fornecendo relativamente pouca sedimentação detrítica.

2.4 - CARACTERIZAÇÃO DOS LITOTIPOS

Pela definição original o Grupo Açungui é composto pelas Formações Votuverava e Capiru. A primeira abrangendo os metassedimentos a norte da Falha da Lancinha enquanto a segunda, objeto deste trabalho, abrange os metassedimentos a sul da falha da Lancinha (Bigarella *et al.*, 1956, 1958).

Fiori (1990) mostrou a viabilidade de subdividir a Formação Capiru a qual denominou de Bloco “E”, em diversas porções de “conjuntos litológicos”⁹ e denominadas de Juruqui, Rio Branco, Morro Grande e Bocaina (figura 10 e quadro 4). Nas subdivisões feitas foram levados em conta os tipos e associações litológicas, as estruturas sedimentares, os caracteres estruturais, os aspectos morfológicos e principalmente as falhas de cavalgamento. As últimas desempenham papel importante na subdivisão, pois quase todas representam os limites entre as diferentes seqüências. Posicionam-se de preferência, paralelamente às camadas, instalando-se em planos ou camadas que oferecem menor resistência mecânica ao deslocamento.

Neste trabalho adotou-se a divisão estratigráfica elaborada e abordada por Fiori nos trabalhos publicados em 1990, 1992, e 1994. Tal razão prende-se ao fato de que estes trabalhos tornaram-se referência obrigatória ao estudo do tema.

Não é demais ressaltar que os Conjuntos Litológicos nos dois lados das Falhas da Lancinha e de Morro Agudo não podem ser justapostos simplesmente, ignorando essas falhas. Deve-se ter sempre em mente que os blocos C, D e E encontravam-se originalmente a cerca de 100 km uns dos outros, que é o valor aproximado dos deslocamentos mínimos das Falhas de Morro Agudo e da Lancinha (Fiori 1985).

⁹ O termo “conjunto litológico” é aqui empregado como na definição de “Seqüência” de Sloss e colaboradores (1949) (In Chang, 1975). Representa uma associação de estratos, que exibem respostas similares a ambientes tectônicos similares, com ampla distribuição pela área, separados por horizontes objetivos, sem conotação cronológica específica. O termo “conjunto litológico” não deve ser confundido com o termo “seqüência estratigráfica”. Os “horizontes objetivos” da definição acima, que separam diferentes “conjuntos litológicos” são aqui entendidos como falhas de cavalgamento, e não necessariamente como discordâncias regionais.

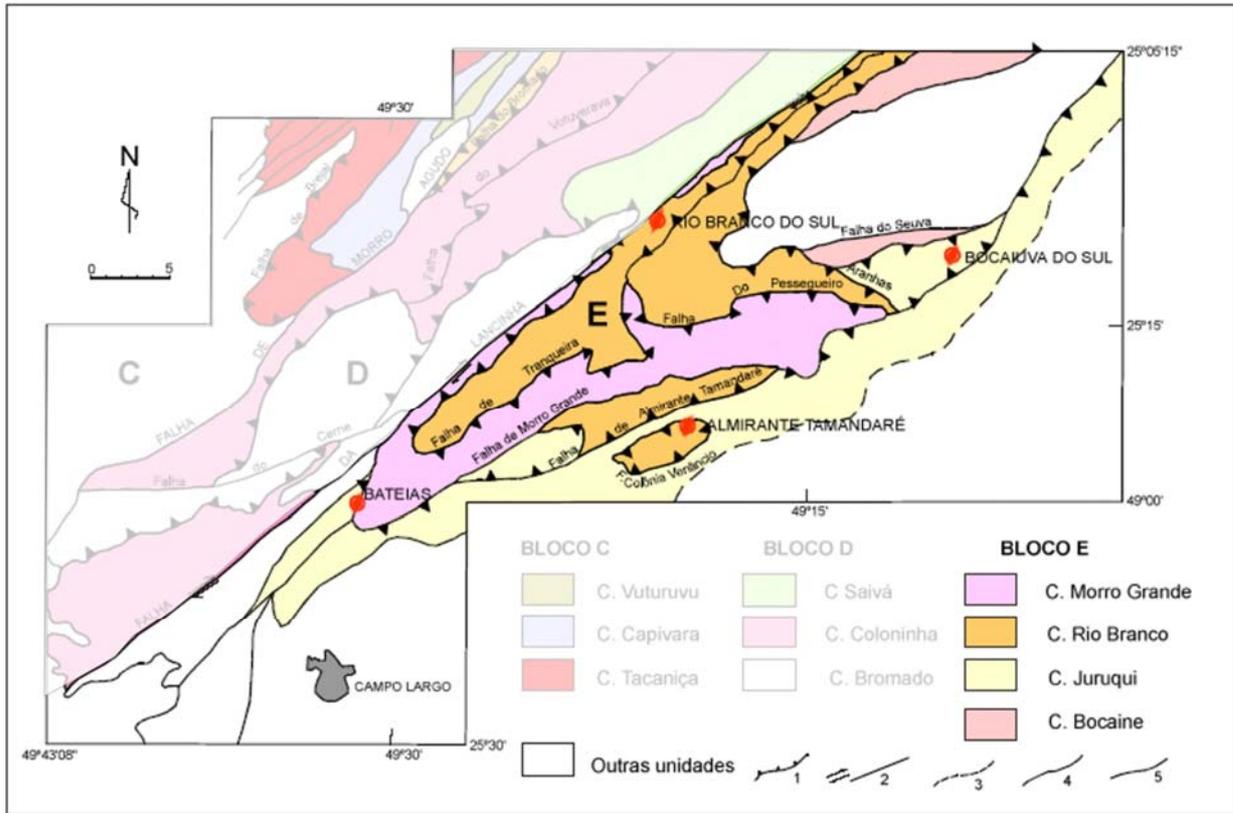


Figura 10 - Distribuição geográfica dos conjuntos litológicos integrantes do Grupo Açungui. O Bloco “E” (Formação Capiçu) está subdividido em “conjuntos litológicos” (Morro Grande, Rio Branco, Juruqui e Bocaina). Adaptado de Fiori, 1994.

Quadro 4 – Quadro sinóptico com os principais blocos, conjuntos e ambientes deposicionais atribuídos ao Grupo Açungui. As falhas que delimitam os diferentes blocos correspondem a transcorrências dextrais; as demais correspondem a cavalgamentos (baseado em Fiori, 1994).

UNIDADES	BLOCOS			AMBIENTES
	C	D	E	
C	Conjunto Voturuvu	FALHA DO MORRO AGUDO Conjunto Saivá	Conjunto Morro Grande FALHAS MORRO GRANDE, TRANQUEIRA, PESEGUEIRO	Transgressão Marinha; Morro Grande: Plataforma rasa; pode corresponder à extensão lateral do Conj. R. Branco , para dentro da bacia. Voturuvu: mais instável, próximo ao arco vulcânico, com correntes de turbidez.
B	Conjunto Capivara		Conjunto Rio Branco FALHA DAS ARANHAS E COLÔNIA VENÂNCIO	Capivara/Saivá: águas mais profundas e pouco arejadas; Rio Branco: plataforma carbonática rasa e tectonicamente estável.
A	Conjunto Tacaniça	Conjunto Bromado Falha Bromado Conjunto Bromado	Conjunto Juruqui Conjunto Bocaina	Tacaniça: plataforma clástica com leques de turbidez, próxima ao arco vulcânico; Bromado: depósitos mais interiores à bacia, com evidências de deposição glacial; Coloninha: depósitos turbidíticos proximais passando posteriormente a distais; Juruqui/Bocaina: depósitos litorâneos, com provável desta na região de Bocaíva do Sul.

2.4.1 – O Conjunto Litológico Juruqui

O Conjunto Litológico Juruqui é basicamente composta por filitos, geralmente avermelhados, com intercalações não muito abundantes de quartzitos. A abundante ocorrência de veios de quartzo leitoso deformados é uma característica predominante em quase todos os afloramentos. Esses se apresentam partidos, com a foliação S_1 bem desenvolvida. São geralmente homogêneos e raramente se observa o S_0 .

Os quartzitos ocorrem esporadicamente nesse conjunto litológico, sempre na forma de lentes, de espessuras métricas ou centimétricas. Apresentam-se freqüentemente friáveis e esporadicamente silicificados. Níveis de filito intercalados são observados, ou então mesclados com o quartzito de forma complexa; às vezes são notados intercalações de filitos rítmicos.

Os meta-dolomitos presentes ocorrem na forma de pequenas lentes, dispersos pela área (figura 11). São geralmente homogêneos e compactos, de colorações cinza clara. A estratificação plano-paralela aparece localmente, evidenciada por lâminas de espessura decimétrica a milimétrica.

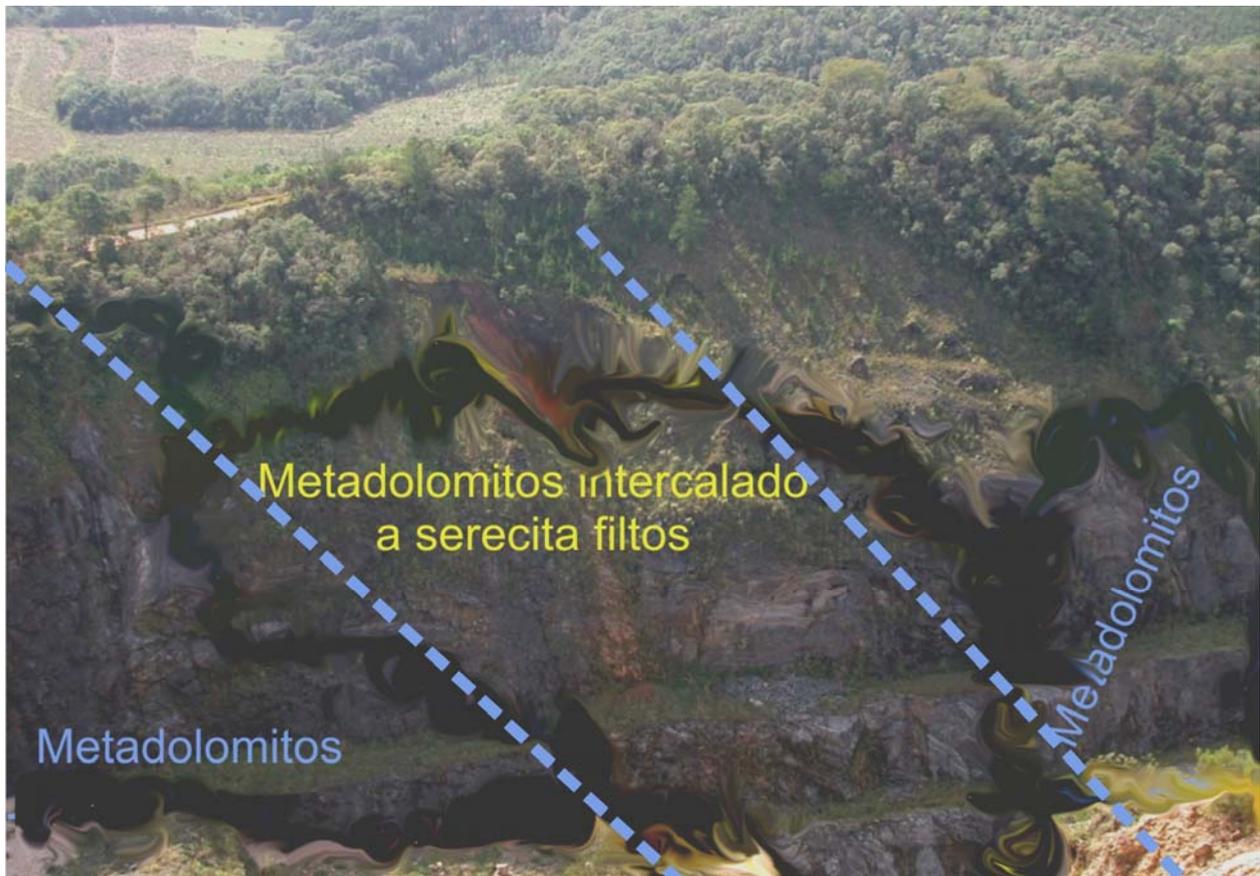


Figura 11 – Fotografia mostrando um afloramento (sudeste de Almirante Tamandaré) típico dos dolomita mármore do Conjunto Litológico Juruqui, intercalado a filitos vermelhos.

2.4.2 – Conjunto Litológico Rio Branco

O Conjunto Litológico Rio Branco corresponde a metadolomitos da Formação Capiru, e suas intercalações de filitos e quartzitos. Os metadolomitos destacando-se como característica fundamental, sua grande homogeneidade, usualmente com aspecto maciço, sem estrutura visível. Apresenta-se invariavelmente com cores claras, geralmente acinzentadas (figura 13). Embora a maioria dos afloramentos de meta-dolomitos apresente aspecto maciço, homogêneo, não sendo possível identificar, a princípio, qualquer tipo de estrutura primária.



Figura 12 – Fotografia de afloramento característico dos meta-dolomitos do Conjunto litológico Rio Branco.

A estratificação plano-paralela é evidenciada pela presença de níveis de composições diferentes caracterizados pela coloração distinta. Os níveis mais claros e espessos são constituídos de dolomita mármores maciços, cinza-claro, enquanto os níveis mais escuros são constituídos por mármores impuros, meta-margas ou mesmo filitos, por vezes grafitosos, que bem demarcam o acamamento sedimentar. Estratificações cruzadas de pequeno porte podem ser localmente reconhecidas nos mármores dolomíticos, geralmente ressaltadas por impregnações de ferro e dissolução carbonática, e parecem estar associadas, ou pelo menos, situadas nas proximidades de níveis pisolíticos ou oolíticos. Os estromatólitos microbianos são as estruturas mais importantes pelas informações ambientais que podem fornecer. Afloramentos com estruturas mais conspícuas desse tipo, são a do quilômetro 18 da Rodovia Curitiba – Rio Branco do Sul, descrito por Marini *et al* (1969). Trata-se de uma pedreira aberta em uma brecha intraformacional, onde são visíveis estruturas cilíndricas, com comprimento oscilando entre 10 e 30 cm, dispostas paralelamente. Outros afloramentos foram posteriormente descritos por Fairchild (1982) e Guimarães *et al* (2001). Os pisolitos e oólitos são estruturas subesféricas

geralmente elípticas, devido à deformação superimposta, e podem ser encontrados esporadicamente nos meta-dolomitos. Geralmente são encontradas em superfícies intemperizadas onde, graças à ação de dissolução das águas meteóricas, a erosão diferencial põe em resalto as pequenas esferas ou elipses.

Intercalados a metadolomitos, ocorrem lentes descontínuas, de quartzitos e de filitos, de espessuras variáveis, algumas com possança suficiente para serem cartografadas. Os primeiros são geralmente de cores claras, amareladas, de granulometria fina, bem classificados, na maioria das vezes friáveis, e exibindo freqüentemente estratificação plano-paralela. Filitos rítmicos e metarritmitos são também relativamente comuns no Conjunto Litológico Rio Branco, na forma de lentes descontínuas. Entretanto, a maioria é relativamente homogênea, sendo difícil reconhecer o acamamento sedimentar. São geralmente de cores marrons, às vezes com tonalidades cinza-escuro e esverdeada (figura 13).



Figura 13 - Fotografia de afloramento característico dos filitos do Conjunto litológico Rio Branco (Região de Areias – Sudeste de Rio Branco do Sul).

O Conjunto Litológico Rio Branco representa uma faixa de metadolomitos relativamente espessos posicionados sobre os metasedimentos do Conjunto Litológico Juruqui, porém o contato é possivelmente tectônico, através da Falha da Colônia Venâncio. Este Conjunto litológico foi depositado em ambiente de plataforma carbonática, de águas rasas, com intensa atividade biológica até condições das águas mais profundas, ao menos abaixo da zona fótica, com pouca ou nenhuma atividade biológica. Trata-se de uma deposição essencialmente química, com a bacia de sedimentação experimentando um período de calma tectônica, com lenta

subsidiência. Pequenas instabilidades eram registradas, entretanto testemunhadas pela presença de filitos e quartzito intercalado, mais freqüente no Conjunto Litológico Rio Branco.

2.4.3 – Conjunto Litológico Morro Grande

A Seqüência Morro Grande caracteriza-se pela alternância de quartzitos e filitos, que formam camadas com espessura na ordem de centenas de metros. Os quartzitos são facilmente mapeáveis, de vez que dão origem a cristas no relevo, em nítido contraste com as faixas mais deprimidas dos filitos, sendo esse aspecto melhor evidenciado na Sinforma de Morro Grande (figura 14). Na continuação dessa seqüência para sudoeste, as camadas de quartzito, ainda que presentes, não mais apresentam as mesmas possanças, diminuindo bastante em espessura, e assim, resultando um caráter mais homogêneo da mesma.

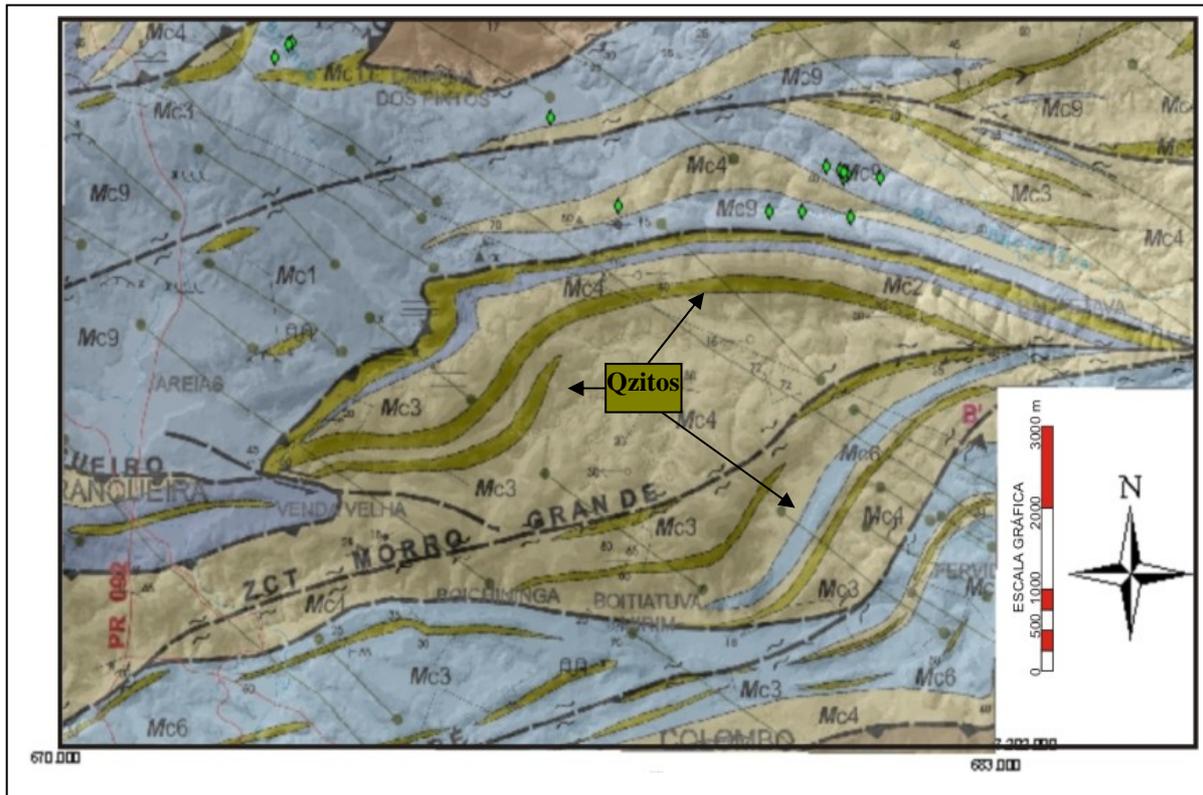


Figura 14 – Mapa geológico sobreposto a MDS evidenciando a Sinforma de Morro Grande.

Os filitos representam a litologia dominante e exibem colorações cinza-claras a cinza-escuras principalmente, e secundariamente, tons avermelhados, esbranquiçados e amarelados. Ainda dentro dessa seqüência, ocorre uma camada de mármore dolomítico bandado, com espessura de cerca 200 metros. A litologia mais característica dessa seqüência é representada por um ritmito, onde se alternam regularmente níveis brancos e escuros, de espessuras centimétricas. Os níveis escuros são grafíticos e compostos por argila, enquanto os níveis brancos são mais

espessos, e compostos por silte e argila. Acima desse nível argiloso, assenta-se um novo nível branco, porém, o contato é brusco, algo irregular, com franco aspecto erosivo. Os níveis brancos têm espessuras em torno de 3 a 5 cm, enquanto os níveis escuros têm espessuras mais reduzidas, em torno de 1 a 3 cm.

Os meta-dolomitos da Seqüência Morro Grande são de coloração cinza-clara. Caracterizam-se por apresentar bandamento sedimentar bem evidenciado, dado pela alternância rítmica de níveis carbonáticos claros e escuros, estes últimos mais ricos em matéria carbonosa. Mostra níveis com abundantes estruturas estromatolíticas.

Dada à intercalação de quartzitos em metapelitos rítmicos e presença de um nível de metadolomito na parte inferior dessa seqüência, representa que o Conjunto Litológico Morro Grande posiciona-se sobre os mármorees do Conjunto Litológico Rio Branco, através da Falha do Pessegueiro representa depósitos plataformais, com a bacia de sedimentação em fase de aprofundamento.

2.4.4 – Conjunto Litológico Bocaina

Uma área evidente que determina a discordância entre as formações Capiru e Setuva, é o início da Serra de Santana-Bocaina, no flanco norte da Antiforma do Setuva. Nesse local, é nítido o truncamento de camadas de quartzito, porém o contato é igualmente tectônico, através da Falha do Queimadinho. Esta relação espacial é inclusive evidente, posto que os dolomita mármorees da Formação Capiru tenham continuidade física entre os dois conjuntos em questão, posicionando-se sobre os xistos da Antiforma do Setuva, estando recobertos pelos filitos da Seqüência Morro Grande, pouco mais ao sul (figura 15).



Figura 15 – Dolomita Mármorees do Conjunto Litológico Bocaina.

A Formação Setuva¹⁰ está restrita ao conjunto litológico da Serra da Bocaina, representado por quartzitos e filitos (ou xistos) intercalados. Entretanto seus contatos inferior e superior, na área estudada, são tectônicos, representados pelas Falhas do Setuva e do Queimadinho respectivamente, o que leva a considerá-lo como uma lasca tectônica.

Esse conjunto litológico está sendo tratado simplesmente como Bocaina, haja vista a tendência atual de se considerar o Grupo Setuva como uma entidade de grau metamórfico mais alto, mais intensamente deformado, e com suas formações aparentemente depositadas em ambientes da águas mais profundas, associadas ao vulcanismo.

2.5 - OS LITOTIPOS CARBONÁTICOS DA FORMAÇÃO CAPIRU

Apesar da importância das zonas de cisalhamento, no desenho e distribuição final das unidades, ocorreu um avanço no entendimento de parte das relações estratigráficas nesta formação, complementando o que foi proposto por Fiori (1994). As relações estratigráficas entre as unidades Neoproterozóicas Capiru são razoavelmente claras, seja por identificação direta de relações sedimentares ou por relações de empilhamento. Os meta-arenitos finos compreendem lentes e faixas descontínuas de pequena espessura, associadas e aparentemente em posição superior (topo) às unidades de metacalcários dolomíticos. Sua área de distribuição parece se concentrar entre Rio Branco do Sul e Tranqueira, associando-se a serras alinhadas com direção nordeste – sudoeste e pequenas cristas sustentadas por seus litotipos.

2.5.1– Metacalcários Dolomíticos Finos com Estruturas Sedimentares

Esta unidade caracteriza-se por apresentar metacalcários dolomíticos de granulação fina, com bandamento decimétrico a métrico, de cor branca a branco-acinzentada, apresentando diferentes estruturas sedimentares preservadas (inclusive feições geopetais) sendo as mais notáveis aquelas estruturas biossedimentares estromatolíticas, formadas pela atividade de comunidades microbiais bentônicas na zona fótica, compostas por estromatólitos colunares de formas diversificadas e laminitos microbianos (figura 16). Podem ainda serem reconhecidas laminações planas paralelas, fendas de ressecamento (*mud-cracks*), marcas onduladas, *tepees*, estruturas de carga e zonas com ocorrências de prováveis oncólitos.

¹⁰ A denominação de Formação Setuva, no Bloco E, deve assim, se restringir à faixa de gnaisses, xistos e quartzitos, que bordejando a Antiforma do Setuva. Entretanto, conforme já mencionado anteriormente por Fiori et al (1987), e constatado recentemente por Althoff (1989), a faixa de xistos e gnaisses, representa, em grande parte, uma zona de rochas bastante deformadas, composta por cataclasitos, milonitos e ultramilonitos fazendo supor tratar-se de um tectonofácies, e não propriamente de uma unidade estratigráfica.



Figura 16 - Laminitos microbianos observados em afloramento na Região de Capivara – Almirante Tamandaré_PR

O estudo de campo dos estromatólitos, segundo modelo proposto por Guimarães *et al* (2001^a), mostra ocorrências de seis formas diferentes (i) esteiras microbianas; (ii) estromatólitos colunares com colunas verticais, uniformes, cilíndricas, sem ramificações; (iii) colunas isoladas com ramificações laterais moderadamente divergentes em forma de "U"; (iv) estromatólitos colunares com ramificação lateral e coalescência com ramificação lateral do tipo "Y"; (v) estromatólitos colunares com colunas cilíndricas e ramificação paralela; (vi) estromatólito oncóides.

Meta-arenitos finos a grossos sustentam serras alinhadas, distribuídas em duas áreas com características distintas: a sul de Tunas, associam-se à dolomita mármore segundo cristas que ressaltam padrão complexo de dobramentos e a oeste de Bocaiúva do Sul, associando-se a unidade metarritmitos silto-arenosos também ressaltando dobras, aqui com flancos rompidos. Aparecem em ambos os casos segundo faixas de pequena espessura, mas com maior continuidade lateral que aqueles meta-arenitos primeiramente descritos.

Nesta unidade foi reconhecida uma clara relação erosiva (figura 17) com a unidade basal composta por meta-dolomitos maciços e bandados; neste local preservam-se clastos angulosos de metadolomito esbranquiçado (alguns deles apresentando bandamento milimétrico plano-paralelo) em meio à meta-arenito médio a grosso, subanguloso.



Figura 17 - Nível erosivo entre as unidades com meta-arenitos finos e metacalcários maciços e bandados; os clastos angulosos de metacalcário fino dolomítico apresentam bandamento sedimentar preservado; os meta-arenitos são de granulação grossa, mal selecionada. Localidade de Itaperuçu, ponto de controle (UTM E 669.034/UTM N 7.210.781 - Bloco rolado).

2.5.2 - Metarritmitos Silto-carbonáticos e Serecita Filitos

São metarritmitos (figura 18 e 19) que se apresentam com bandamento centimétrico a decimétrico, ressaltado pela alternância de granulação e cor entre os termos silte e meta-dolomitos e denominados de serecita xistos pela CPRM, 1998. São comuns metarritmitos cinza-médios a claros, marcados por camadas de meta-siltitos cinza-claros e meta-siltitos/filitos carbonosos, ambos apresentando fina laminação interna; essas camadas são de caráter lenticular, mas com razoável persistência lateral em afloramento. É possível verificar-se uma passagem de termos mais arenosos a nordeste (predominantes na região de Bocaiúva do Sul) para termos cada vez mais finos, com aumento da proporção de matéria orgânica (filitos carbonosos) a sudoeste. Como estrutura sedimentar mais importante apresenta uma laminação plano-paralela marcada pela alternância de lâminas milimétricas de filitos acinzentados e siltitos cor creme, onde, localmente preservam-se estratificações cruzadas tangenciais de pequeno porte.



Figura 18 - Unidade de aspecto típico dos afloramentos de metarritmitos silto-carbonosos. O bandamento é a própria S_0 , com as camadas apresentando topo normal.



Figura 19 - Unidade de metarritmitos silto-carbonáticos com bandamento centimétrico de formado pela proximidade a Zona de Cisalhamento transcorrente-ZCT. Almirante Tamandaré.

2.5.3 – Filitos, Metassiltitos e Metamargas Bandadas.

São praticamente metamargas finas esbranquiçadas, mas a presença de inúmeras dolinas e o relevo arrasado por vezes imprime uma textura pintalgada ao plano de foliação (bandamento). O relevo é marcado, sendo freqüentes cristas alongadas e drenagens retilíneas sulcadas, com direção, grosso modo, $N60^\circ E$. Parece corresponder à porção superior da unidade anterior em contato com metacalcários, pois nas raras exposições presentes a sul, foram identificadas estruturas primárias físicas características dessa unidade.

2.5.4 - Filitos Carbonosos e avermelhados

Os filitos carbonosos ocorrem distribuídos predominantemente ao longo de faixa a sudoeste, a norte da cidade de Campo Magro, e em faixas próximas às cidades de Almirante Tamandaré e Colombo. Trata-se de filitos carbonosos com baixa teor de grafita devida ao fraco grau metamórfico.

Os filitos avermelhados distribuem-se ao longo de uma faixa adjacente às rochas do Complexo Atuba. Encontram-se afetados por forte deformação de natureza transcorrente onde, não raro, observa-se a presença de pequenas dobras de eixo vertical em forma de *kinks*. Trata-se de filitos homogêneos a rítmicos, com bandamento centimétrico a decimétrico, marcados pela alternância de material na fração argila e silte. As rochas desta unidade parecem estender-se de modo descontínuo desde Campo Magro até Passa Vinte, a nordeste de Bocaiúva do Sul;

notadamente próximo à região de contato da Formação Capiru com o Complexo Atuba. Fiori (1994) sugeriu que os filitos desta unidade seriam o início da deposição da Bacia Capiru; a grande distribuição dos mesmos e seu contato com o embasamento poderiam ser sugestivos de tal fato, mas faltam evidências de sedimentos imaturos (conglomerados, p.ex.) que poderiam comprovar essa hipótese.

2.5.5 – Dolomita Mármore Maciços e Bandados

Ocorre ao longo do contato da Formação Capiru com as Formações Votuverava e Betara, balizado pela ZCTL (Zona de Cisalhamento Transcorrente Lancinha), e no extremo sudoeste da Antiforma do Setuva, nas localidades do Tigre, Capuava, Lagoa Grande e Ouro Fino. Seus afloramentos são marcados pela cor homogeneamente esbranquiçada dos litotipos, essencialmente constituídos por dolomita mármore de granulação muito fina, maciços.

Mármore branco com presença incipiente de azurita e malaquita são pontualmente encontrados na região do Capiru dos Dias. Este litotipo é maciço, com a granulometria muito fina, porém apresentam uma homogeneidade marcante (figura 20).



Figura 20 – Mármore maciços, granoblásticos, de coloração branca. Vila Capuava – Cerro Azul-PR- Mineradora Bau.

Na localidade de Campo Santo Antônio (a oeste), próximo à falha da Tranqueira e Pessegueiro, seus afloramentos apresentam alternância de metacalcários cinza-claro esverdeado

a cinza-médio, ambos de granulação fina, ocorrendo níveis de flogopita (?) - quartzo metacalcário cinza médio de granulação média.

Localmente, no município de Campo Largo, próximo a Bateias observam-se junto a Falha do Mato, afloramento de rodocrosita mármores com bandas centimétricas róseas e níveis pretos compostos principalmente por biotitas caracterizando uma estrutura de bandamento resultando num litotipo classificado como biotita rodocrosita mármore. Rodocrosita mármores também são encontrados na Região de Morro Grande, na localidade de Campina dos Pintos nas proximidades da Falha do Pessegueiro, (Siqueira, 2001). Este litotipo é de granulação muito fina, maciço, homogêneo e de coloração rósea clara.

2.5.6 – Diques Básicos (JKd)

Intrusivos e posteriores à tectônica Proterozóica, apresentam-se como diques de direção noroeste com extensões até quilométricas. Incluem entre seus litotipos diabásios, dioritos pórfiros e quartzo dioritos. Os primeiros correspondem a rochas melanocráticas cinza-escuras e de granulação fina; os dioritos pórfiros possuem as mesmas características descritas, ocorrendo nos diques de maior espessura e acrescentando-se a presença de megacristais centimétricos de plagioclásio em meio à matriz fina, textura esta bastante ressaltada quando este litotipo apresenta-se mais alterado. Integram os “enxames” de diques no domínio do Arco de Ponta Grossa, gerados no Evento Sul-Atlântico, de idades Mesozóicas.

2.5.7 - Sedimentos Aluvionares (Qha)

Os sedimentos aluvionares distribuem-se principalmente ocupando as planícies aluvionares dos afluentes da porção norte da bacia hidrográfica do rio Iguaçu e tendo como área de maior expressão o montante deste rio. Compreendem depósitos de sedimentos inconsolidados, constituídos por argilas, siltes areias, cascalhos e argilas turfosas de idade Holocênica, não ultrapassando 7 m de espessura. Bigarella *et al* (1965) assinalaram a presença marcante de estratificações cruzadas acanaladas, relacionadas aos canais anastomosados formados durante a fase climática seca. Esses autores apontam uma seqüência de três depósitos, a saber: (i) depósitos de cascalhos mais antigos, em contato erosivo sobre o assoalho da bacia; depósitos arenosos sobrejacentes, formados no surgimento dos canais anastomosados, com estratificação cruzada acanalada predominante; lâminas de camadas argilosas na porção superior: (ii) depósitos

arenosos de canais meandранtes e de enchentes, e (iii) depósitos de colúvios muito localizados, interdigitando-se com sedimentos das várzeas.

2.6 - TECTÔNICA DEFORMADORA

O Domínio tectônico (Bloco “E” Fiori, 1984 – ver figura 10) compõe-se das rochas da Formação Capiru e das rochas do embasamento da região da Antiforma do Setuva, a norte da cidade de Bocaiúva do Sul. Distribuem-se como uma faixa orientada com direção nordeste-sudoeste, tendo como limites, sul o Complexo Atuba, e norte a Formação Votuverava, balizada pela ZCTL. Apresenta-se seccionado por diversas zonas de cisalhamento, produto tanto de uma tectônica de baixo ângulo (cavalgamentos), quanto de alto ângulo (transcorrências), que geraram faixas de deformação não-coaxial, com intensa transposição, onde a estratificação original é obliterada.

É possível reconhecer-se dois setores distintos em relação à preservação das estruturas sedimentares: a) a sudoeste da Antiforma do Setuva e b) nos flancos dessa estrutura. No primeiro setor preservam-se as características originais dos litotipos (estruturas sedimentares: estruturas de carga, *mud cracks*, oólitos, estromatólitos etc.), bem como sua relação espacial original. O segundo setor é mais complexo, apresentando superposição da deformação transcorrente sobre aquela dos cavalgamentos, notadamente no flanco norte, limítrofe à ZCTL.

Nesta região (Campinho) as cristas de quartzito da unidade desenham estrutura centimétrica tipo bacia, caracterizável em fotos aéreas, mas de difícil detalhamento em campo, tanto pela ausência de acessos quanto pela própria topografia acidentada; seu eixo “de deformação (X)” provável parece mergulhar em direção sudoeste. No flanco sul, as transcorrências presentes freqüentemente truncam as dobras, que se apresentam com flancos em alto mergulho, estirados e rompidos e com raras exposições de charneira, o que dificulta também a caracterização de sua geometria. A unidade dos sericita xistos foi originalmente descrita como parte da Formação Setuva (Bigarella *et al*, 1956), contudo verificou-se que é produto de intensa deformação resultante de um cisalhamento não-coaxial, de baixo ângulo (tectônica de cavalgamento), que propiciou o deslocamento da Bacia Capiru sobre as rochas do embasamento, com direção WNW para ESE (conforme já descrito por Althoff, 1989).

Esse embasamento serviu como um corpo rígido, provocando o escape da tensão no pacote mais dúctil. Como produto desta deformação de baixo ângulo desenvolveu-se uma foliação milonítica, anastomosada, com pares de cisalhamento (“S-C”), aliada a intenso estiramento L_1 , dobras com eixos paralelos a L_1 , e remobilização e deformação de quartzo. O

padrão das atitudes das foliações S_n aponta guirlanda cilíndrica admitindo eixo paralelo a atitudes médias da lineação L_2 , grosso modo, com direção oeste e mergulhos da ordem de 20° .

Em nível microscópico observa-se nos metassedimentos pelíticos desta unidade intensa transposição, onde se preservam restos de dobras intrafoliais, recristalização e reorientação de camadas de quartzo; quando esta afeta rochas gnáissicas graníticas, observa-se uma “xistificação”, onde se preservam pequenos porfiroclastos fraturados e reorientados, além de intensas transformações retrometamórficas.

Os dados de foliações S_1 no embasamento presente no Núcleo Setuva, janela estrutural do domínio da Antiforma do Setuva, em meio ao presente domínio, mostram uma distribuição com orientações preferenciais E-W, e indicando um dobramento posterior cilíndrico, uma guirlanda com eixo para W-SW (Fiori, 1990). Esse padrão é semelhante àquele da unidade dos metadolomitos. Em unidades pelíticas a transposição da foliação S_0/S_1 por eventos transcorrentes é grande, normalmente gerando S_2 paralela ou subparalela, destruindo o acamamento reliquiar. Isto foi observado na unidade cartografada próximo à falha de cavalgamento de Almirante Tamandaré.

No município de Almirante Tamandaré apresenta-se uma relação estrutural bastante interessante nos metassedimentos da unidade dos metadolomitos: em regiões de mais alta deformação, ocorrem zonas de transcorrência (no caso dextrais) e lateralmente, com a diminuição desta deformação, ocorrem dobramentos apertados, que vão tendo sua amplitude diminuída ao se afastarem das proximidades da transcorrência. Este ciclo se repete, produzindo faixas de dobramento delimitadas por zonas de transcorrências. Ao longo das faixas assim desenhadas a superfície S_2 (clivagem de crenulação) tem seu desenvolvimento cada vez mais marcado ao se aproximar das zonas transcorrentes que as delimitam. Com exceção das unidades de metacalcários dolomíticos a sudoeste da Antiforma do Setuva, que apresentam a S_0/S_1 com baixos ângulos de mergulho, no geral observam-se direções preferenciais NE- SW (70° a 80°), com mergulhos subverticais tanto para SE quanto para NW. A oeste de Bocaiúva do Sul aparece a Sinforma de Cachoeirinha e a estrutura de Santa Rita. A primeira sendo assinalada como uma dobra com flanco inverso; a segunda apresenta melhor evidência no nível de fotografias aéreas (escala 1:70000), correspondendo a antiforma e a sinforma pareadas, consideradas de segunda geração “por não estarem associadas a nenhuma falha de cavalgamento” (Fiori, 1990). No caso da primeira estrutura, o presente trabalho não encontrou maiores evidências que não inflexões suaves da S_1 ; a leste, as foliações apresentam mergulhos subverticais, provável reflexo da zona de transcorrência assinalada no mapa geológico.

Na região de Colombo/Tranqueira ocorre a Sinforma de Morro Grande, ressaltada pelas cristas de quartzito/meta-arenito presentes naquela região, correspondendo também à dobra com

flanco inverso. À leste de Tranqueira ocorreria a Sinforma de Colombo (dobra com flanco inverso) e mais a sudoeste, a Sinforma de Almirante Tamandaré. A estrutura denominada de Sinforma de Morro Grande apresenta a ZCT de Morro Grande truncando seus flancos, em posição aparentemente plano-axial; ocorre, porém, que as atitudes de S_0/S_1 verificadas apresentam baixos mergulhos, com preservação das relações topo/base em posição original, sendo caracterizados flancos com inversão desta relação apenas nas proximidades dessas ZCT.

A Sinforma de Colombo apresenta problema de representação, havendo uma sugestão de dobra regional pelo desenho das cristas de quartzito, mas não havendo representatividade pelas medidas tomadas. Na região de Fervida/Ribeirão da Onça aparece dobra complexa, com apenas um ponto de caracterização na região de charneira, com dados apontando dobra inversa, com plano-axial subhorizontal e vergência para nordeste.

A Sinforma de Almirante Tamandaré é coincidente com a lente de metacalcários, mas os dados estruturais disponíveis apontam geometria compatível com anticlinal. Pelo exposto, verifica-se que muitas das estruturas citadas apresentam interpretações distintas, motivo pelo qual não são caracterizadas com a mesma ênfase que se apresentam nos trabalhos posteriores de Fiori.

2.7 - ASPECTOS PETROGRÁFICOS E METAMÓRFICOS

O “calcário” dolomítico é uma rocha constituída de carbonato de magnésio ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - dolomita). Os componentes restantes podem incluir outros minerais de carbonato como a calcita (CaCO_3), a rodocrosita, a siderita bem como outros componentes secundários, como o quartzo (SiO_2), argilo-mineral, feldspato e pirita.

Conforme foi salientado em Guimarães (2000) a análise dos litotipos carbonáticos não só decorre do estudo de sua superfície, mas também e, principalmente, do nível estratigráfico em que está sendo estudada a rocha, o que a autora denominou de “variação composicional vertical”. Neste trabalho não foi levado em consideração esta “variação vertical” na caracterização dos litotipos. Os estudos analíticos decorreram da análise amostral de superfície, tanto para litogeoquímica, como para a petrografia. A razão de tal escolha recaiu sobre o fato da grande extensão da área e do foco principal ao comprovar a hipótese inicial.

Neste trabalho a amostragem para estudo geoquímico e petrográfico levou em conta os seguintes critérios: (i) coleta de tipos diferentes de “calcários” em função das características macroscópicas dos mesmos (ex: cor, estrutura, granulometria, grau de fraturamento, etc); (ii) amostragem feita preferencialmente nas frentes de lavra; (iii) amostragem de tipos litológicos

mais característicos da pedra, levando em conta os diferentes usos do material (cal, corretivo ou uso industrial), e (iv) amostragem com distribuição regional homogênea, abrangendo os vários setores do Distrito Capiru.

2.7.1 – Petrografia

Foram efetuadas 205 análises petrográficas relacionadas aos principais litotipos calcários” da área e a mineradora de onde foram coletadas (anexo 3). Estas amostras foram plotadas em uma carta temática com a distinção dos litotipos presentes (figura 21). As descrições microscópicas foram todas realizadas pela autora sempre dando ênfase à mineralogia, textura e estrutura da rocha. Foram descritas lâminas de trabalhos precedentes de alunos de mapeamento de graduação (cedidas pelo Laboratório de Laminação da UFPR), aproveitadas as descrições de projetos (Minerpar, 1986, 1995 e 2001), dissertações de mestrado de Guimarães (2000), Siqueira (2001) e Adam (2005).

A coloração da rocha calcária pode variar de acordo com a mineralogia presente. A cor cinza-azulada geralmente se deve à mistura de material argiloso pelítico ou presença de matéria orgânica. As variedades claras que vão desde o branco puro até branco com tons marrom claro, rosa ou cinza-claro, provavelmente sejam decorrentes da mineralogia e da presença de impurezas. Condições de maior oxidação nas texturas mais finas têm coloração mais escura, frequentemente indicativa de condições redutoras na diagênese inicial (Fairbridge *et al.* 1967).

Meta-dolomitos são rochas compostas principalmente de dolomita, um sal duplo formado por 45,7% de $MgCO_3$ e 54,3% de $CaCO_3$ ou, em óxidos: 21,8% MgO, 30,4% CaO e 47,8% CO_2 .

Para a classificação petrográfica das rochas metamórficas carbonáticas em estudo adotaram-se critérios essencialmente mineralógicos e texturais evitando-se aqueles de conotação genética. Para tanto foram utilizadas as proposições de Leighton *et al* (1962) e de Pettijohn (1975), adaptadas às rochas metamórficas (quadro 3 do capítulo I).

Petrograficamente as amostras analisadas foram classificadas como metacalcários dolomíticos, meta-margas, dolomita mármore e quartzo dolomita mármore em função de suas características mineralógicas, estrutura maciça, grau de cristalização, granulação variando de fina a muito fina, textura granoblástica, e o metamorfismo do Fácies Xisto Verde. De um modo geral observou-se uma certa homogeneização na estrutura e textura. Nos metadolomitos frequentemente foram observadas estruturas singenéticas químicas tais como oólitos. No anexo 3 estão listados os pontos amostrados (georreferenciados) e o nome da rocha de acordo com a análise petrográfica.

As amostras analisadas referentes aos metacalcários dolomíticos branco, cinza/cinza azulado e bandados mostraram, de modo geral, grande homogeneidade na composição

mineralógica tendo os carbonatos como constituintes principais, com predomínio absoluto de calcita e dolomita, a textura granoblástica e a estrutura maciça. O quartzo constitui elemento minoritário na grande maioria das amostras. Como constituintes menores, denominados "traço", aparecem a clorita, mica branca, biotita, tremolita e/ou talco (?) e pirita.

As variedades silicosas ou ferruginosas se referem aos tipos diferenciados, com níveis enriquecidos nestes constituintes. Estão relacionados a determinados tipos de meta-dolomitos brancos, rosa, azul, cinza, cinza azulados e mesmo bandados, que apresentam variações composicionais.

De modo geral as amostras analisadas mostram estado microfissural incipiente a moderado, com presença de fraturas milimétricas e submilimétricas preenchidas por carbonatos ou quartzo. Este grau de fraturamento incipiente pode favorecer um possível aproveitamento das rochas calcárias como agregados. Esta situação só poderá ser confirmada com a realização de ensaios tecnológicos específicos envolvendo volumes maiores de material.

2.7.2 – Metamorfismo

O metamorfismo de rochas carbonáticas tem sido estudado através do sistema $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ (Sistema CMSHC).

Dropp *et al*, (1996) formulou uma possível seqüência de formação de minerais durante o metamorfismo progressivo do sistema CMSCH (interação de fluidos aquosos com metassedimentos calcários durante o metamorfismo regional), ao qual Tilley (1948) *apud* Skippen (1974) acrescentou o talco como primeiro mineral gerado. Esta seqüência é marcada pelo desenvolvimento sucessivo, com o aumento da temperatura, dos seguintes minerais:

- i. Metamorfismo dínamo-termal - talco, tremolita, forsterita, diopsídio, e
- ii. Metamorfismo de contato de baixas pressões e temperaturas médias a altas –

A importância do metamorfismo superimposto aos “calcários” da Formação Capiru prende-se ao fato de que, onde este regionalmente foi mais atuante, originou os dolomita mármore utilizados para revestimento na construção civil. Já nas áreas onde o metamorfismo foi incipiente observamos os metadolomitos com estruturas singenéticas preservadas. Nas áreas de contato onde ocorre um influente metamorfismo, conseqüentemente há uma silicificação dos litotipos “calcários” desfavorecendo o emprego daquelas rochas na indústria da cal, pois a alta presença de quartzo desfavorece a queima e a moagem do produto desgastando equipamentos.

Figura 21 – Mapa temático de localização de pontos amostrados e descritos petrograficamente – Formação Capiru – Grupo Açungui.

Korzhinskii (1959 *apud* Skippen 1974) demonstrou a impossibilidade da previsão de uma única seqüência de formação de minerais, sem a consideração da fase fluída ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$), a pressão total dos fluídos (soma das pressões parciais de $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) e a temperatura.

Ainda que o metamorfismo superimpostos aos “calcários” dolomíticos seja um processo de descarbonitização, a situação é complicada pela presença de água. As reações inicialmente envolvem hidratação e descarbonatação e, posteriormente, conforme as fases hidratadas são eliminadas com o aumento da temperatura, desidratação e descarbonatação (Turner, 1981).

A presença de dolomita em todas as amostras estudadas indica a pobreza de quartzo original. A pouca sílica disponível foi parcialmente consumida nas reações iniciais de descarbonatação (formação de tremolita).

Alves *et al* (1976), estudando litotipos semelhantes aos da Formação Capiçu, isto é no Complexo Piracicaba, inferiram temperaturas mínimas de metamorfismo de 300°C e pressão ao redor de 5 kbar. A paragênese observada (do + qz + mu) nos litotipos representado pelas amostras em geral fornece indícios do grau metamórfico a que foram submetidos – Fácies Xisto Verde Zona da Clorita/Biotita (Winckler, 1976).

2.7.3 - Aspectos Litogeoquímicos

A base para a exploração de rochas calcárias e mesmo de aplicação na indústria são predominantemente, o quimismo e a mineralogia do litotipo. Esta variável é considerada de elevada importância, uma vez que a partir do quimismo determina-se se o “calcário” é “minério” ou não. A análise geoquímica da região seguiu o método de trabalho já consagrado nos levantamentos geológicos básicos realizados nos últimos anos, acrescentando-se novas técnicas de geoprocessamento com objetivos temáticos. Os elementos analisados foram definidos em função do potencial registrado no Projeto Calcário (Mineropar, 2001), PDM (2004) e análises publicadas em trabalhos que consideraram todos litotipos “calcários” existentes na área. Assim, as concentrações anômalas de elementos associados podem indicar mineralizações típicas das rochas presentes. Antes de qualquer tratamento estatístico dos resultados analíticos, as amostras foram separadas em populações geoquímicas definidas principalmente pelas semelhanças composicionais e afinidades químicas das litologias, rochas calcárias - incluindo “calcários” dolomíticos e metassedimentos carbonáticos.

Os elementos que apresentaram fator de heterogeneidade de informações não foram tratados estatisticamente, sendo, porém, estudados em função da geologia, o que fez com que grande parte dos resultados obtidos fossem considerados semelhantes. Toda uma série de resultados foi gerada através de um mapa temático, baseado nos diferentes elementos químicos analisados, CaO, MgO, SiO_2 e perda ao fogo (LOI), embora houvesse a necessidade de estudos

complementares para indicação de usos industriais dentro das especificações exigidas para as diversas aplicabilidades das rochas calcárias como “minério”.

As rochas analisadas revelaram os seguintes resultados: i) o teor de insolúvel e SiO_2 varia entre 2,8% e 33%; uma silicificação secundária que enriqueceu o teor de sílica; rochas com SiO_2 singenético juntamente com os carbonatos. Em relação aos dolomita mármore em geral a porcentagem de óxidos de ferro e de alumínio é superior à média geral caracterizando muitas vezes meta-margas. O teor de óxido de cálcio e magnésio varia entre 21,55% - 31,37% e 11,25%-18,89% respectivamente. A relação magnésiana está compreendida entre 0,52-0,59.

Foi gerado no *software Arc View* quatro cartas temáticas litogeoquímicas: uma com os teores de óxido de sílica (figura 22), a segunda com os de óxido de cálcio (figura 23), a terceira com os óxidos de magnésio (figura 24) e uma última com a soma dos óxidos de magnésio e cálcio (figura 25). Estes critérios permitem a delimitação, nas formações calcárias da RMC, de áreas adequadas para a atividade da mineração e diferenciar o “calcário” para as suas diferentes aplicações. A relação com o resultado de todas as análises litogeoquímicas georreferenciadas que servirão para discussões e conclusões neste trabalho encontram-se como anexo (anexo 2).

Cabe ressaltar a excelente qualidade dos “calcários” do Distrito Capiru para uso como corretivo de solos onde o poder de neutralização variou de 70 a 74%, uma vez que a legislação brasileira exige valores mínimos de 67% para o PN (poder de neutralização), equivalente em carbonato de cálcio (eq CaCO_3), com valores médios em torno de 0,73, enquadrando a maioria das amostras na classe das rochas dolomíticas puras.

O “calcário” dolomítico pode ter outras aplicabilidades tais como: (i) rações - fonte de cálcio e magnésio, empregado principalmente em rações para alimentação de bovinos e animais de laboratório apresentando como características físico-químicas granulometria fina e teor de MgO – mínimo de 2%; (ii) cerâmica -utilizado como fundente ou para fornecer maior resistência aos produtos cerâmicos, como características físico-químicas isenção de Fe cor de queima branco a 1300°C; (iii) tintas e vernizes - empregado como carga na fabricação de tintas e vernizes,apresentando características físico-químicas teor de CaO – 29%, teor de MgO – 19.5% em pó (peneira 0.84 mm – 93%, peneira 2.00 mm – 100% e peneira 0.30mm – 83%; (iv) perfumaria, sabões e velas - é utilizado como abrasivo na produção de saponáceos, incorporando-se à massa desses produtos, apresentado como características físico-químicas cor branca, densidade 1.8 g/cm^3 , teor de SiO_2 – máximo 2%, granulometria mínima 50% passante na malha 400 mesh e umidade máxima - 1% , e (v) produtos farmacêuticos - empregado como veículo e principalmente fonte de magnésio, com as seguintes características físico-químicas: cor branca, teor mínimo de MgO – 12%, granulometria 200 e < 250 mesh.

Figura 22 – Mapa litogeoquímico com o resultado das análises químicas apuradas - SiO_2 , para a Formação Capiru – Grupo Açungui.

Figura 23 – Mapa litogeoquímico com o resultado das análises químicas apuradas (CaO) para a Formação Capiru – Grupo Açungui.

Figura 24 – Mapa litogeoquímico com o resultado das análises químicas apuradas (MgO) para a Formação Capiu – Grupo Açungui.

Figura 25 – Mapa litogeoquímico com o resultado das análises químicas apuradas (MgO x CaO) para a Formação Capiru – Grupo Açungui.

2.7.4 - CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DOS MÁRMORES E METADOLOMITOS

No Grupo Açungui distinguem-se basicamente três principais “sistemas de deformação¹¹” (Fiori, 1994):

- i. Sistema de Cavalgamento Açungui (SCA) o mais importante de todos e responsável em grande parte pela complexidade da área. Este sistema gerou foliações S_1 dispostas paralelas ao bandamento (S_0) de origem sedimentar, e a foliação S_2 , localizada ao longo de algumas falhas de cavalgamento, dobras-falha e dobras em raiz. O modelo estrutural que melhor descreve o arranjo espacial é o duplex. As dobras geradas com o eixo nordeste com vergência sudeste e estruturas de *nappes*. Nesta fase houve a geração dos meta-dolomitos e dolomita mármores resultante de um metamorfismo do fácies xisto verde.
- ii. Sistema de Dobramento Apiaí (SDA), representado por um generalizado dobramento das estruturas anteriormente formadas, sendo melhor evidenciado pela foliação S_1 e/ou S_0 (bandamento de origem sedimentar) e pelas falhas de cavalgamento, estando a ele relacionadas dobras, que variam desde centimétricas até vários quilômetros de extensão. Observam-se feições, tais como dobras abertas no sentido nordeste, clivagem de crenulação e metamorfismo do fácies xisto verde.
- iii. Sistema de Transcorrência Lancinha (STL): ao qual se associam as principais falhas transcorrentes da área. Trata-se de uma tectônica rúptil com mobilidade de SiO_2 e formação de estruturas miloníticas e cataclásticas.

Segundo Fiori (1994) a Bacia Açungui é do tipo retroarco e foi submetida a um intenso tectonismo de cavalgamento (SCA), reflexo da colisão continente-arco-continente, levando ao seu total fechamento. A coluna estratigráfica original da bacia teria sido cortada em fatias e transportadas para sul - sudeste, através de grandes falhas de cavalgamento e reempilhadas aleatoriamente.

Os sistemas de deformação que afetam as estruturas e o empilhamento tectônico anteriormente formado, originaram novas estruturas e desenharam o atual quadro da geologia do Grupo Açungui na área.

¹¹ Sistema de deformação é o sistema capaz de abrigar todas as estruturas formadas no mesmo regime tectônico. É caracterizado devido à constatação de que diversas estruturas planares e lineares (dobras e falhas em diversas escalas) desenvolveram-se contemporaneamente ou quase, sob o mesmo regime tectônico (Fiori, 1990).

A foliação S_1 está presente em praticamente todos os afloramentos da Formação Capiru. Trata-se de uma foliação bem desenvolvida, penetrativa, e disposta de uma maneira geral, paralelamente ao antigo acamamento sedimentar (figura 26). Esta foliação denomina-se clivagem ardosiana, já que seus planos não apresentam micas bem desenvolvidas, e sim uma fina cristalização de sericita, que empresta um aspecto sedoso e brilhante aos planos. Raramente é possível identificar com segurança a foliação S_2 , quando possível observa-se que a mesma está oblíqua a S_0 .

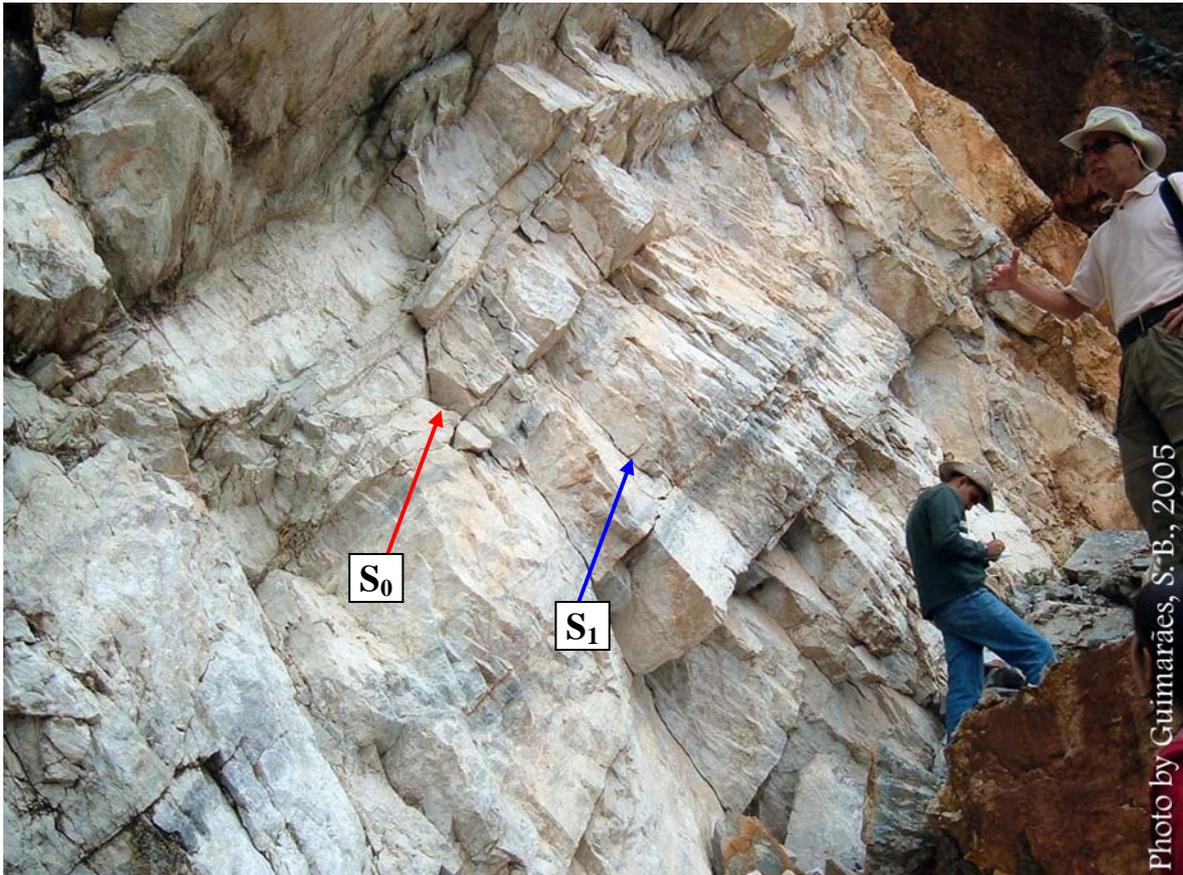


Figura 26 – Afloramento de dolomita mármore onde se observa com grande facilidade o acamamento S_1 subparalelo ao acamamento S_0 .

O antigo acamamento sedimentar é a estrutura reliquiar que mais se observa. De um modo geral é identificável pela alternância de níveis com cores, espessuras, granulometria e composições diferentes, como é o caso das freqüentes intercalações de quartzitos e filitos, de mármore e quartzitos e/ou filitos. Menos freqüentes são as estratificações cruzadas e dobras convolutas que, no entanto podem ser ocasionalmente vistas em filitos, quartzitos e mármore. Fendas de ressecamento em mármore são referidas na literatura (Bigarella *et al*, 1956 Guimarães, 2000).

A foliação S_2 , ao contrário da S_1 , é de caráter local, não sendo penetrativa por toda a área. Ocorre principalmente em faixas relativamente estreitas, situadas ao longo de algumas falhas de cavalcamento, como a de Morro Grande e de Almirante Tamandaré (figura 27). Assim como a

S_1 , esta foliação não chega a ter micas desenvolvidas em seus planos, mas somente sericita finamente cristalizada. Trata-se também de uma clivagem ardosiana, e da mesma forma que S_1 , apresenta micrólitos bem formados, com larguras de 1 a 5 mm. Porém dentro destes, notam-se restos retorcidos da foliação S_1 , formando estruturas sigmoidais, causadas pelo arrasto ao longo dos planos de S_2 . Como regra geral, a foliação S_2 corta transversalmente tanto S_1 como S_0 , a ângulos extremamente variáveis, desde aproximadamente 0° até cerca de 90° .

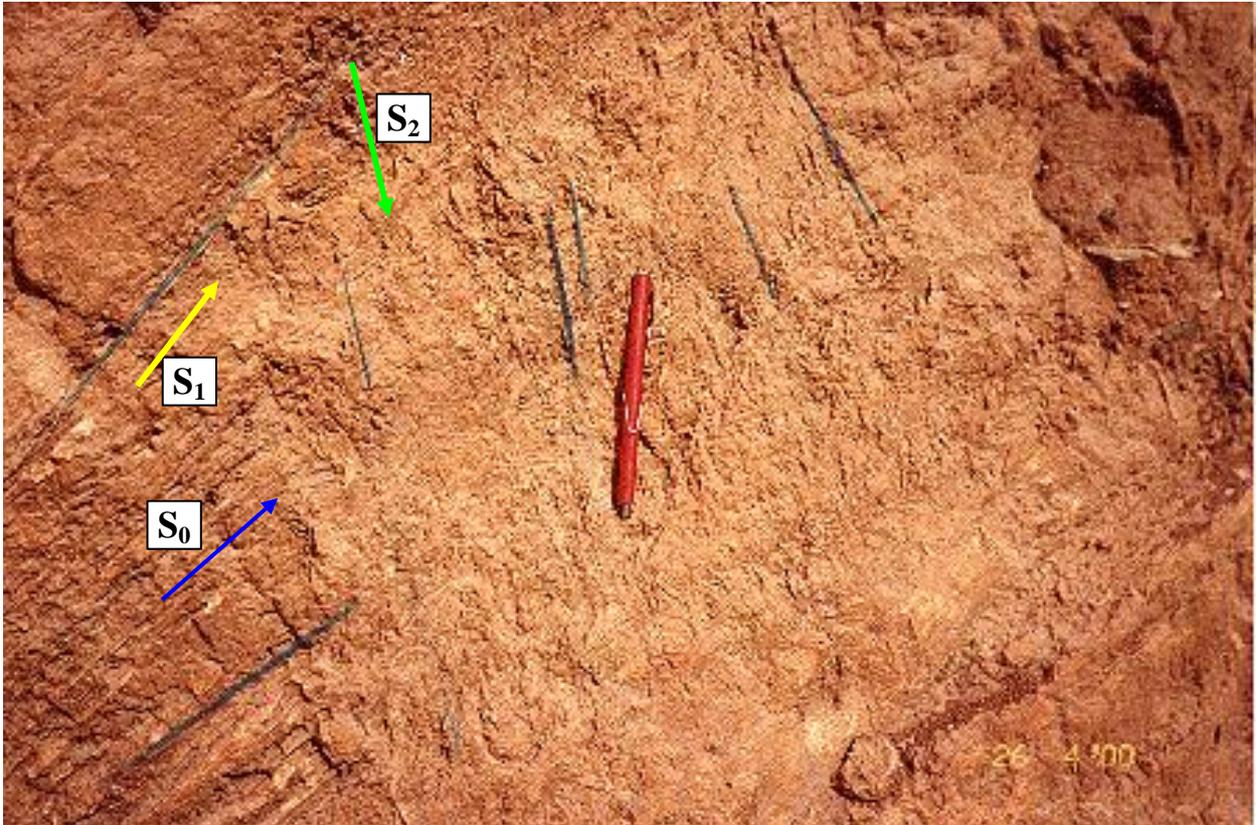


Figura 27 – Fotografia de afloramento próximo a Falha de cavalcamento Almirante Tamandaré de sericita filito onde se podem observar as três superfícies de foliação.

Nos dolomita mármores, a identificação tanto de S_0 quanto de S_1 é geralmente dificultada, quer pela homogeneidade composicional, ou pela recristalização dos mesmos, porém quando se apresentam bandados, como intercalações de metamargas ou de filitos, as duas estruturas podem ser prontamente reconhecidas. Em escala regional é possível notar uma intensificação de S_1 nas proximidades das falhas de cavalcamento como as do Setuva, do Pessegueiro, do Votuverava, etc. Na primeira transforma-se em uma intensa xistosidade, inclusive com biotita em seus planos (afloramento próximo a Bateias – Campo Largo-PR). Na falha do Pessegueiro, pode-se notar que: (i) a foliação S_1 torna-se mais cerrada, levando ao desaparecimento dos micrólitos; (ii) que os minerais planares (sericita) se desenvolvem mais intensamente, e (iii) que há maior estiramento de minerais, como bem pode ser notado em grãos de quartzo no corpo de quartzito situado no flanco norte a Sinforma de Morro Grande.

Em escala regional, nota-se uma clara variação da intensidade da foliação S_2 em relação às Falhas de Morro Grande e de Almirante Tamandaré. A certa distância, a S_2 acha-se mal desenvolvida, intercalada por micrólitos espessos, porém, nas imediações das falhas, seu desenvolvimento composicional é mais acentuado dando lugar a uma densa foliação penetrativa, homoganeamente desenvolvida de forma conspícua.

As litologias da Formação Capiru são de granulometria geralmente muito fina, não sendo favoráveis à formação de lineação. Assim mesmo é possível em certos pontos, observar nos planos de S_1 uma lineação mineral. Suas dobras podem ser identificadas tanto em escala de afloramento ou de amostra de mão, como também em mapas e diagramas estruturais de pólos de S_1 e S_0 .

Em diagramas estruturais, as ondulações de S_1 definem uma distribuição de pólos em guirlandas, parciais ou completas, mostrando, no entanto, predomínio de um flanco sobre o outro, o que pode indicar assimetria de dobramento (tabela 1).

Tabela 1 – Estudo dos diagramas estruturais. Para cada bloco analisado, o número de pólos e seus respectivos eixos β .

NOME	Nº DE PÓLOS	EIXO β_1	EIXO β_2
Bloco 1A – Porção Central do Antiforma do Setuva	33	N25°W / 8°NE	x
Bloco 1B – Borda do Antiforma do Setuva	25	N30°W / 12°NE	x
Bloco 1C – Borda SW do Antiforma do Setuva	9	N19°W / 10°NE	x
Bloco 2 A – Bloco Queimadinho	11	N6°E / 20°SE	N24°W / 30°NE
Bloco 2 B – Queimadinho Sul	23	N66°E / 60°NW	x
Bloco 2 C – Queimadinho SE	14	N7°W / 44°SW	x
Bloco 3 – Bloco Pessegueiro	18	N5°W / 20°NE	x
Bloco 4 – Bloco Tranqueira	13	N24°W / 14°NE	x
Bloco 5 – Bloco Morro Grande	24	N32°W / 26°NE	x
Bloco 5 A – Bloco Almirante Tamandaré	13	N10°E / 20°NW	x
Bloco 7 – Pessegueiro – Morro Grande	11	N72° / 42°NE	x
Bloco 8 – Bloco das Aranhas	15	N1°E / 10°NW	x
Bloco E2 – Bloco Falha do Cal	16	N5°W / 50°NE	x

O Sistema de Transcorrência Lancinha (STL) que é um dos mais importantes componentes estruturais paranaenses, Fiori *et al* (1985^{a,b}), foi analisado em termos regionais e compõe-se pelas grandes falhas transcorrentes e por diversas estruturas secundárias, cuja

geometria e disposição espacial são previsíveis dentro do modelo de cisalhamento simples. As outras falhas que foram mapeadas caracterizam-se por uma intensificação da foliação S_1 com exceção de poucas, como o caso da falha de Morro Grande e Almirante Tamandaré. Estas duas últimas dispõem-se sempre paralelas à foliação S_1 . Dessa forma as grandes falhas de cavalgamento mapeadas, representam grandes “*shear zones*”, de natureza idêntica àquelas de escala menor (tabela 2).

Tabela 2 – Principais zonas de cisalhamento cartografadas neste trabalho em comparação ao trabalho de Fiori (1994).

ZONA DE CISALHAMENTO	FIORI (1994)	PRESENTE TRABALHO
Colônia Venâncio	Cavalgamento	Não cartografada
Almirante Tamandaré	Cavalgamento	Transcorrência Dextral
Morro Grande	Cavalgamento	Transcorrência Dextral
Tranqueira	Cavalgamento	Cavalgamento, com nova cartografia.
Pessegueiro	Cavalgamento	Cavalgamento, com nova cartografia.
Aranhas	Cavalgamento	Não cartografada
Setuva	Cavalgamento	Cavalgamento (flanco norte) + Transcorrência Sinistral (flanco sul)
Votuverava	Cavalgamento	Não cartografada

Na Formação Capiru (Bloco E de Fiori, 1994 – figura 10) as zonas de cisalhamento representam falhas de cavalgamento, onde a Antiforma do Setuva é a dobra mais importante dessa fase, na Formação Capiru.

Analisando alguns aspectos importantes da Formação Capiru, pode-se notar de imediato, que as Falhas de Almirante Tamandaré e de Morro Grande apresentam características diversas das falhas de Tranqueira, Pessegueiro e Setuva. Ao longo das Falhas do Setuva, de Tranqueira e do Pessegueiro, acha-se muito bem desenvolvida a foliação S_1 , enquanto que nas de Almirante Tamandaré e de Morro Grande acha-se bem desenvolvida a foliação S_2 . Dessa forma há pelo menos dois eventos relacionados à formação das falhas de cavalgamento na Formação Capiru. No primeiro, desenvolveram-se as falhas de Tranqueira, Pessegueiro e do Setuva, e posteriormente, as de Morro Grande e de Almirante Tamandaré, com estas duas últimas cortando as primeiras.

Em resumo, tem-se que o estudo da geologia estrutural da área é de suma importância na caracterização do “calcário” que possa ser considerado “minério”, uma vez que próximo a estas zonas de falhamento, ocorre o aumento do teor de sílica₂ nos litotipos, o que atua como fator

desinteressante para mineração. Os metadolomitos utilizados para corretivo e cal, quando ricos em quartzo, são descartados, pois desgastam o maquinário a que são submetidas no beneficiamento.

2.8 - AS ROCHAS “CALCÁRIAS” DA FORMAÇÃO CAPIRU

Neste capítulo os “calcários” da Formação Capiru foram analisados e classificados de acordo com o quimismo, com a mineralogia, com a estrutural e a tectônica deformadora visando sua utilização como minério.

As rochas carbonáticas desta formação apresentam certa homogeneidade onde o aspecto predominante estão representados pelas rochas de coloração cinza azuladas. Estas rochas apresentam uma estrutura ora maciça, ora com foliação, são compactas, via de regra microcristalinas. Originalmente estes litotipos constituíram depósitos sedimentares, os quais se tornaram coesos, primeiramente pelos processos de diagênese e posteriormente pela ação de fenômenos metamórficos (fácies xisto verde – zona da clorita/biotita). Dos depósitos originais surgiram as rochas calcárias dolomitizadas e os meta-dolomitos. Ocorrem ainda rochas ou minerais precipitados diretamente de soluções circulantes sobre os litotipos acima descritos. Geralmente estes se encontram discordantemente sobre o tipo singenético e caracterizam-se como estalactites/estalagmites, sinter de dolomita, depósitos de dolomita cristalina ou mamilonária em bolsões, bancos travertino, etc.

As rochas “calcárias” da Formação Capiru apresentam um teor de magnésio oscilando entre 18% e 23% de MgO e nos meta-dolomitos este valor é superior a 18% (figura 24). Introduzimos no estudo petrológico destas rochas, nova medida estatística, a qual pode ser considerada como uma medida do grau de dolomitização, isto é, a relação entre os óxidos de magnésio e de cálcio (relação cálcio-magnésiana) que é bem observada no mapa da figura 25.

Verificou-se a presença de dois litotipos fundamentais de rochas carbonatadas: metadolomito e mármore dolomítico. Estes se distribuem geograficamente no terreno segundo faixas bem limitadas. A brecha intraformacional é prova de sedimentação nerítica dos calcários de Capivara. O teor de insolúveis é via de regra, baixo sendo mais elevado junto às zonas de falhas.

Quatro jazidas de mármore vêm sendo lavradas para uso como revestimento na construção civil e estão situadas nas localidades de Capiru da Boa Vista, ao sul de Rio Branco do Sul, Pulador no município de Bocaiúva do Sul, Capiru dos Dias em Almirante Tamandaré e Tigre no município de Cerro Azul. Estas rochas sofreram metamorfismo regional do fácies Xisto Verde, zona da clorita/início da biotita, sucedido por eventos deformacionais intensos que

obliteraram o S_0 em detrimento a um S_1 marcante. Estes mármore são obtidos a partir de rochas de grande homogeneidade em sua composição química. Apresentam-se com estrutura maciça, equigranular, de granulação fina uniforme, de cor branca, ou levemente acinzentada, ou rosada. Os principais fatores de entrave para a larga exploração destes mármore constituem-se nos altos custos de produção que impede a competitividade. Isto se deve basicamente a dois fatores: os altos custos e baixos rendimentos dos equipamentos e a baixa recuperação durante a lavra e beneficiamento. Estes mármore estão localizados numa unidade geológica que esteve submetida a intensos processos de fraturamento. As jazidas são constituídas por corpos descontínuos e cizalhados, acarretando uma alta relação estéril/minério.

Fora esta exploração de mármore como revestimento, a economia mineral do DMC restringe-se a usos atuais e tradicionais de corretivo agrícola, cal utilizado na construção civil, brita para revestimento, pedra “*petit pavé*” como revestimento de calçadas e granilha para revestimento de pisos e paredes associado à argamassa de cimento.

Analisando química e petrograficamente as rochas “calcárias” vislumbram-se usos potenciais ainda não desenvolvidos que serão reportados no capítulo V.

3 – DIMENSÕES AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO

3.1 - FUNDAMENTOS DA ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

"Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei!" (Constituição Federal do Brasil Art. 2º §2º). Esta premissa faz parte do ecodesenvolvimento onde a ordem econômica nacional, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, assegura a todos existência digna, observados alguns princípios como o da "defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação" (Barreto, 2001).

O desenvolvimento sustentável foi colocado na agenda política mundial pela Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992. Nessa ocasião foi reafirmado este conceito, lançado em 1987 pelo Relatório *Brundtland* "O Nosso Futuro Comum" - elaborado sob a égide das Nações Unidas na Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento -, definido como "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades".

A implementação do desenvolvimento sustentável assentava-se, inicialmente, em dois pilares fundamentais: o desenvolvimento econômico e a proteção do ambiente. Após a Cúpula Social de Copenhague, realizada em 1995, foi integrada a vertente social como terceiro pilar do conceito. Assim, embora atualmente o desenvolvimento sustentável mantenha o mesmo desígnio global, a sua implementação é realizada com base em três pilares essenciais: o incremento econômico, o fator social e a proteção do ambiente. Aos três pilares acrescenta-se, ainda, a dimensão institucional, que chama a atenção para as questões relativas às formas de governo, das instituições e dos sistemas legislativos (flexibilidade, transparência, democracia) - nos seus diversos níveis -, e para o quadro da participação dos grupos de interesse (sindicatos e empresas) e da sociedade civil (Organizações Não Governamentais – ONGs, movimentos populares, etc.), considerados como parceiros essenciais na promoção dos objetivos do desenvolvimento sustentável (figura 28).

No contexto internacional assume cada vez maior evidência o fenômeno da globalização, conseqüência do acelerado desenvolvimento das novas tecnologias de

comunicação e informação, da liberalização cada vez mais ampla dos mercados, da melhoria e ampliação dos meios de transporte. A globalização opera significativas transformações culturais e sociais, originando um novo tipo de mentalidade em que a informação e as trocas comerciais à escala mundial operam transformações planetárias filtradas e adaptadas pela tradição e pelas expectativas de cada comunidade, conduzem a atitudes e comportamentos nem sempre consentâneos com objetivos de sustentabilidade.

Apesar de ter riscos sociais e econômicos, a globalização pode contribuir para o progresso dos povos e nações. Esta constatação exige por parte dos Estados, dos agentes econômicos e da sociedade civil, respostas que abram perspectivas e alarguem horizontes, baseados em princípios éticos universais. Treze anos decorridos da Cúpula do Rio onde foi abordado o Ambiente Humano e o despertar da comunidade internacional para os riscos de um desenvolvimento não sustentável, podemos dizer que os problemas atuais, no Estado do Paraná, são também globais: os de um mundo em acelerado processo de urbanização e dificuldade em controlar as fontes de poluição. Neste contexto se insere a problemática abordada nesta tese principalmente no que concerne a relação mineração *versus* meio ambiente.

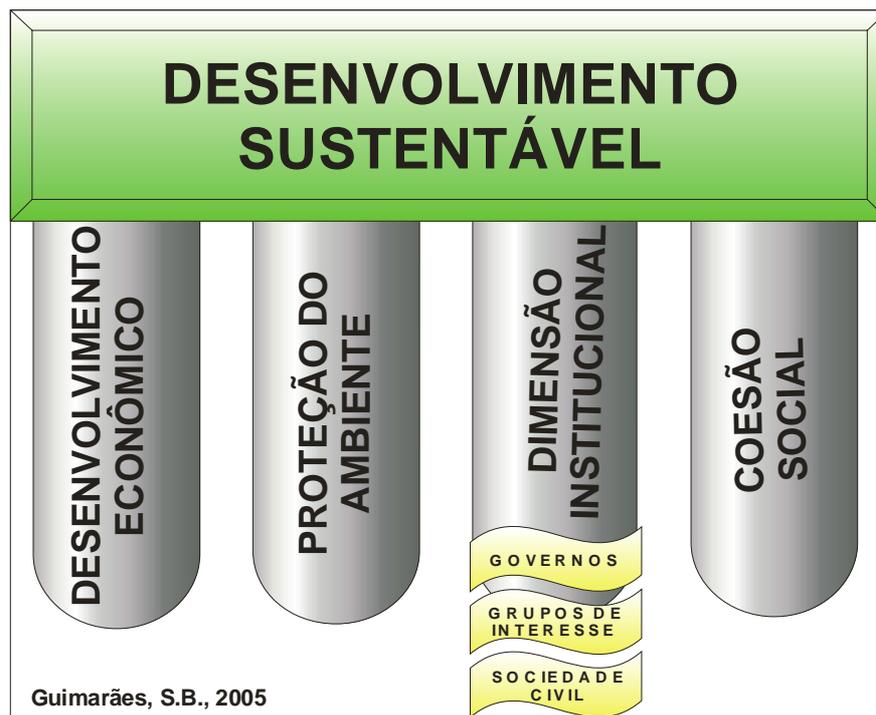


Figura 28 – Vertentes onde estão assentados os pilares do desenvolvimento sustentável.

3.2 – ECODESENVOLVIMENTO E A MINERAÇÃO DOS MÁRMORES NA RMC

Pretende-se analisar e discutir o grau de aplicabilidade do conceito de desenvolvimento sustentável à realidade e particularidades do setor mineiro-industrial de “calcário” da (RMC). Busca-se avaliar os impactos na competitividade e sustentabilidade das empresas do setor

decorrentes da mudança dos paradigmas ambientais num mundo globalizado, e propor um eixo político de atuação para colocar o setor no rumo da adequação ambiental, tendo como horizonte a sustentabilidade.

Sendo fundamentalmente a expressão de um princípio ético e de compromisso intergeracional, a operacionalização do conceito de desenvolvimento sustentável tem se revelado complexa e difícil. Num mundo globalizado, a sua aplicação colocou na ordem do dia a necessidade de avaliar o impacto sobre os recursos naturais da execução de projetos industriais e da implementação de políticas públicas, entre outras. Como elementos essenciais desta avaliação estão a caracterização dos impactos das operações industriais e das decisões econômicas, assim como a definição das medidas para a sua mitigação e controle destes impactos.

Mineração de “calcário” e desenvolvimento tem relações históricas e civilizatórias indissociáveis e, por isso, são importantes temas de estudos e comumente abordados em conjunto. Conforme assinalam Sirotheau *et al* (1998), *“é necessário conciliar a conservação de áreas com grande potencial mineral com as atividades econômicas, garantindo à mineração o acesso ao solo e subsolo e, ao mesmo tempo, assegurar à população que vive nessas regiões o direito ao desenvolvimento e meio ambiente saudável”*. Com o tema, *“Desenvolvimento Sustentável e Mineração – O Desafio do Século 21”*, Costa (1999) buscou alcançar um maior conhecimento dos principais temas relacionados com a mineração de “calcário”. No encontro “RIO+10” (setembro de 2002), os conceitos desenvolvimento, ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável foram os focos de discussão na área dos recursos minerais. Seu objetivo principal consistiu em *“identificar qual a melhor maneira da mineração e dos minerais contribuir para a transição global e para o desenvolvimento sustentável”*.

Por outro lado, o relacionamento junto aos órgãos ambientais públicos se estabelece por conta de licenciamentos e fiscalização e, em menor ênfase, por acordos de cooperação entre as partes. Destina-se a ser crescente a pressão que as empresas mineradoras de “calcário” da RMC, principalmente as pequenas e médias, vêm sofrendo para demonstrar sua capacidade de conduzir seus negócios, ao mesmo tempo em que contribuem para a redução dos problemas ambientais. Esses problemas tendem a ser complexos e de difícil superação no curto prazo, sendo difícil prever seus impactos em médio e longo prazo.

Levantamentos efetuados pelo PRODECAL (Programa de Desenvolvimento da Indústria de “calcário”) e DIMICAL (Distritos Mineiros de “Calcário” do Paraná), dados disponíveis na MINEROPAR (Minerais do Paraná SA), IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social) e IAP (Instituto Ambiental do Paraná), resultados de dissertações de mestrado e tese de doutorado no âmbito do Departamento de Geologia da UFPR - Universidade Federal do Paraná (Guimarães 2001^(a); Siqueira 2002^(a), Adam, 2004^(a)) e artigos em congressos,

simpósios e revistas científicas (Guimarães ^(a), Guimarães *et al.* 2004^(a), 2002^(b,c,d,e,f), 2001^(g, h), 2000⁽ⁱ⁾, 1999⁽ⁱ⁾, Rebelo *et al.* 2004^(a), 2002^(b,c,d); Reis Neto *et al.* 2002^(a), 2002^(b); Siqueira *et al.* 2002^(b), Adam *et al.*, 2004^(b)), permitem um diagnóstico embasado tecnicamente da situação ambiental relacionada às atividades do setor minero-industrial de “calcário” na RMC. Os principais passivos ambientais e atuais problemas relacionam-se com o aspecto visual resultante das operações de lavra (figura 29 A), com a acumulação dos rejeitos do beneficiamento, com a poluição do ar por excesso de poeira e, em alguns casos, com o avanço das frentes de lavra sobre feições oriundas de áreas cársticas, uso de explosivos e tráfego de caminhões (figura 29 B).



Figura 29- A) Lavra de cal desordenada causando um impacto visual negativo; B) Área em exploração com feições cársticas (gruta) impedindo o prosseguimento da lavra.

No Paraná, o licenciamento e fiscalização ambiental em mineração são regidos pela resolução SEMA/IAP nº 31 de 08/98, nos artigos 114 ao 121. Ciente da legislação que regulamenta a atividade foi realizado um levantamento de campo. Esse levantamento teve por objetivo diagnosticar a adequação da atividade à legislação vigente, bem como o que dizem e como agem os proprietários de pequenas empresas mineradoras em relação ao ambiente. Foram elaboradas perguntas e aplicadas nos meses de agosto e setembro de 2002, nos municípios de Almirante Tamandaré, Colombo, Bocaiúva do Sul, Cerro Azul e de Rio Branco do Sul. Foram entrevistados 49 gerentes de empresas que responderam ao questionamento que abordavam temas relativos à consciência ambiental, legislação, fiscalização e o que/como estão sendo executadas as atividades de minimização dos impactos e de recuperação ambiental na área minerada. As respostas indicaram que 42,8% acham que sua atividade causa danos ambientais e 57,2% dizem não causar nenhum dano. Foi constatada que a fiscalização é de certa forma, efetiva, pois 78,6% das empresas já sofreram algum tipo de fiscalização e, dentre essas, 63,6% em um ano ou menos. Apesar de a maioria achar que não causa nenhum dano, 85,7% das empresas entrevistadas toma alguma providência para minimizar os problemas ambientais causados, provavelmente forçados pela fiscalização.

Os mineradores consideram providência a revegetação de depósitos de rejeitos e áreas desprovidas de vegetação e o plantio de cortina-verde para suavizar a paisagem. Somente 42,9% fazem a separação e armazenamento da capa superior do solo para uma posterior utilização deste como “*top-soil*”, para recuperação dos depósitos de rejeitos. Entre as empresas entrevistadas 21,4% já foram multadas por danos ambientais causados. Das empresas entrevistadas 78% possuem plano de controle ambiental. Dessas 54,5 % conhecem o conteúdo dos planos, 45,5% desconhecem. Entre as que conhecem 45,5% executam as medidas propostas e 54,5% não executam. Foi verificado também que há grande desconhecimento a respeito da legislação ambiental vigente sobre mineração. Nas pequenas mineradoras ainda não há entre os empresários de “calcário” um nível de conscientização ambiental adequado e, as poucas práticas de mitigação dos danos ambientais que executam, são resultantes da atuação da fiscalização. Assim, urge que se realizem programas de conscientização com esses mineradores através de palestras, seminários, encontros, programas de rádio e televisão, atuação das universidades com programas de extensão, além da fiscalização.

Procura-se avaliar os impactos das mudanças estruturais vigentes na sua competitividade e sustentabilidade. Assim, considerando, (i) o ambiente externo (social, econômico, ambiental e técnico-científico); (ii) a importância estratégica do setor de “calcário” para o Estado do Paraná e regiões vizinhas; (iii) e o perfil deste setor na RMC, constituído por mais de uma centena de pequenas a médias empresas tecnológica e administrativamente defasadas. Desta forma se busca estabelecer e indicar padrões e normas caracterizando como devem ser as relações entre o poder público, os fatores ambientais e as empresas produtoras. É nesse sentido que se propõe, para o setor na RMC, um eixo político de atuação denominado de “*Geoindústria & Ambiente*”, contemplando programas para: (i) recuperação ambiental de áreas já mineradas, (ii) adequação das áreas atualmente em atividade, e (iii) proposições de leis para futuros empreendimentos inteiramente dentro de modernos procedimentos ambientais desse eixo político de atuação.

A importância desta proposta está centrada em um processo de co-responsabilidade, de solidariedade e de integração. Num sentido amplo, um processo político de média e longa duração, de construção e implantação progressiva do desenvolvimento sustentável, que exigirá maturidade. Trata-se de definir para o setor mineral na RMC, nesta trajetória mundial de profundas transformações, novos padrões de intervenção no meio físico. A construção de semelhante processo deverá desembocar em uma supervisão da legislação ambiental adaptada as particularidades das rochas e minerais industriais em regiões metropolitanas. No contexto da relevância está incluído como prioridade o papel que representa a ciência, a tecnologia e a inovação, para que o desenvolvimento sustentável seja uma realidade.

3.2.1 - Impactos negativos ambientais

Muitas das áreas mineradas na RMC encontram-se abandonadas (figura 30) conseqüência da extinção das sociedades concessionárias, enquanto outras foram desativadas anteriormente à entrada em vigor da atual legislação ambiental, dificultando a aplicação do princípio “*poluidor-pagador*”.

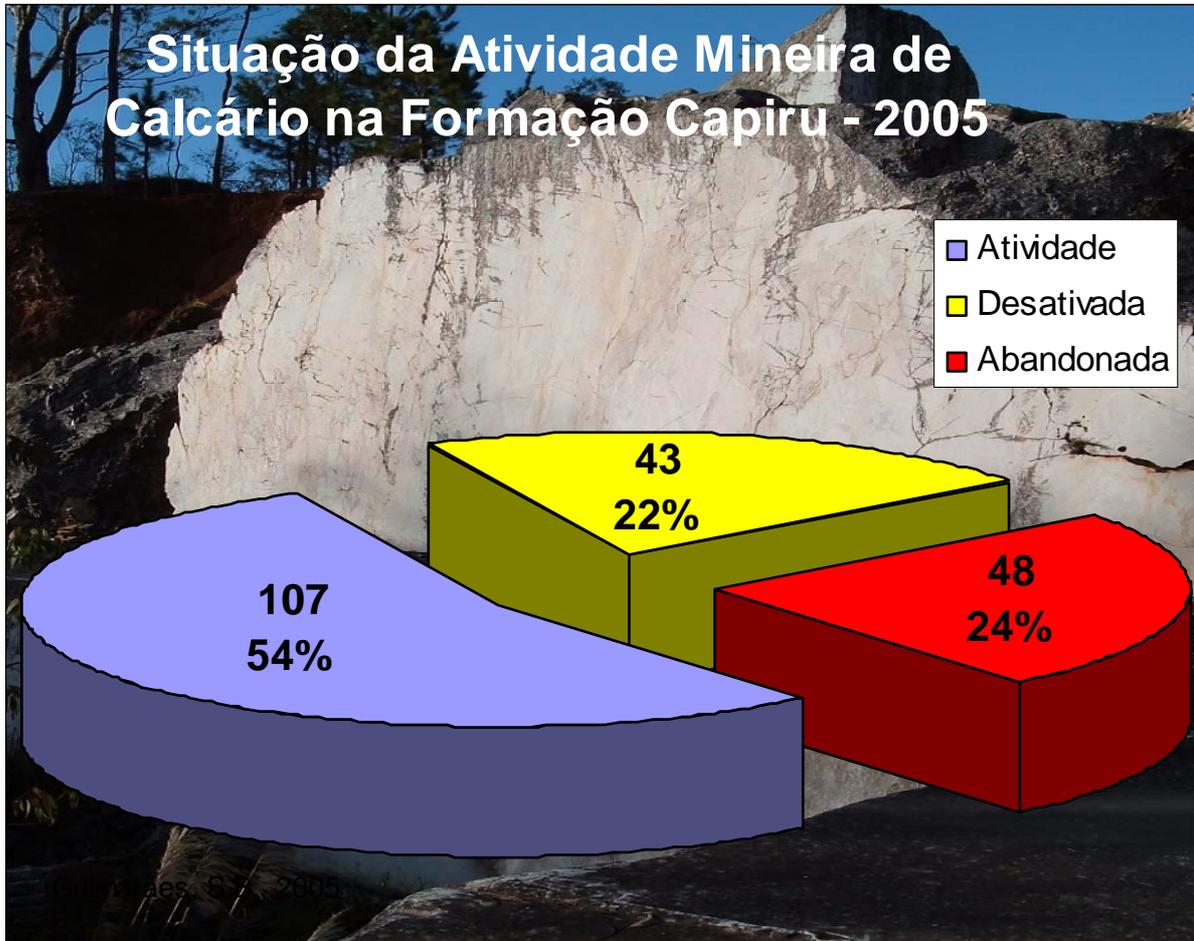


Figura 30 – Gráfico mostrando a situação atual das 198 frentes de lavra na Formação Capiru.

No caso do segmento de “calcário”, os principais problemas ambientais relacionam-se com o aspecto visual das lavras, acúmulo de rejeitos do beneficiamento, poluição do ar por excesso de poeira, surgimento de cavas com água estagnada, assoreamento dos rios por entulhos e deslizamentos em minas abandonadas (quadro 5). Ainda, em alguns casos, avanços das frentes de lavra acabam por interceptar, em zonas cársticas, feições como cavernas e dolinas.

Por sua vez, parte das empresas mineradoras, na fuga da aplicação das normas ambientais, e cientes da não fiscalização devida, apresenta alguns projetos de mineração “dissimulados” de projetos de abertura de tanques para piscicultura e/ou para recuperação ambiental.

Quadro 5 – Prancha com fotografias caracterizando os principais problemas ambientais

	
<p>Ruído e poluição de resíduos</p>	<p>Poluição por excesso de poeira</p>
	
<p>Dissolução da rocha impedindo a lavra</p>	<p>Aspecto visual negativo da lavra.</p>
	
<p>Lavras Abandonadas</p>	<p>Acumulo de Rejeitos do Beneficiamento</p>

Os órgãos governamentais do meio ambiente tentam impedir a degradação ambiental provocada pela atividade mineraria. Os mineradores empresários apregoam a necessidade do

“calcário” na matriz construtiva, sem preocupações com o passivo ambiental advindo da atividade.

Não se trata de ser contra ou a favor da mineração. Mas, sim, de ter consciência do resultado degradante deixado. O minerador deve auferir não somente o lucro, mas os danos e impactos ambientais. Afinal, a Constituição Federal determina que, quem “... explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado...”.

3.3 - PANORAMA PRODUTIVO E AMBIENTAL DAS ÁREAS DE “CALCÁRIO” NA RMC

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) é constituída por vinte e seis municípios, que abrangem uma superfície de 8.577 km² (COMEC 2002). É nesta Região que ocorre grande parte dos principais depósitos paranaenses de “calcário” e, também, onde se concentra o maior volume da atividade produtiva do setor, participando com cerca de 50% da produção estadual.

A importância econômica e social da extração e transformação de “calcários” na RMC confere-lhe uma natureza estratégica estadual e regional. O desenvolvimento do setor, que se consolidou nos anos sessenta, ocorreu de uma forma ambientalmente não planejada, pois não existia esta consciência coletiva. A produção passou de 8,12 milhões toneladas em 1989 para 11,7 milhões em 1999.

A indústria extrativa e transformadora de minérios da RMC traz, reconhecidamente, impactos ambientais. No passado, por falta de legislação e/ou fiscalização, o desenvolvimento da atividade acumulou um importante passivo ambiental.

O projeto Distritos Mineiros de Calcário do Paraná – DIMICAL, liderado pela Universidade Federal do Paraná-UFPR (apoiado pelo CNPq - PADCT e instituições setoriais), tem procurado estar atento à realidade ambiental imposta pela exploração e transformação de “calcários”. Com os dados anteriormente existentes e os obtidos pelo projeto, é possível situar e caracterizar as áreas degradadas e de maior vulnerabilidade da paisagem. Estas áreas foram os alvos de cartas temáticas localizadas no decorrer do trabalho, priorizadas para recuperação, visando a sua adequação para novas capacidades e funções bem como analisando unidades próprias para a mineração (tabela 3).

Tabela 3 - Análise de Favorabilidade de mineração (Fonte: Mineropar, 2004, modificado e adaptado neste trabalho)

UNIDADE	DESCRIÇÃO	CONDICIONANTES
ÁREAS OCUPADAS POR ATIVIDADES DE MINERAÇÃO	Pedreiras desativadas, frentes de pesquisa, frentes de lavra, instalações de beneficiamento, etc.	Ocupação já consolidada ou em desenvolvimento. Restrições específicas e locais, em função de topografia, geologia, tipologia ou exaustão do depósito.
ÁREAS DE REJEITO DE LAVRA	Bota-fora de mina, englobando material de rejeito: solo, fragmentos e blocos de rocha, com espessuras que atingem até dezenas de metros.	Áreas de aterramento, dificultando ou inviabilizando o aproveitamento de depósitos subjacentes.
ÁREAS URBANIZADAS OU EM PROCESSO DE OCUPAÇÃO E EXPANSÃO URBANA	Áreas destinadas à ocupação urbana, incluindo sedes urbanas, loteamentos em fase de consolidação e áreas de expansão urbana.	Legislação urbana - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. As restrições são impostas devido a conflitos existentes entre ocupação urbana X mineração (poluição visual e sonora, riscos de afundamentos cársticos oriundos de vibrações de explosivos em subsuperfície).
ÁREAS COM UNIDADES DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL	Presença de áreas de preservação e proteção ambiental, áreas verdes, parques, áreas de mananciais, etc	Legislação ambiental
ÁREAS DE CARSTE ENCOBERTO (presença de dolinas, sumidouros e cavidades de dissolução - fendas, grutas e cavernas)	Áreas de risco geológico, com possibilidade da ocorrência de afundamentos de terreno, provocado por ocupação indiscriminada (mineração, ocupação urbana, extração de água subterrânea, etc.). Áreas de aquíferos subterrâneos. Áreas de preservação permanente.	Legislação ambiental (SEMA nº031 - IAP), Artigo 121 - Seção III (Capítulo III): Plano de Controle Ambiental (estudos espeleológicos, feições cársticas). Licenciamento Ambiental
ÁREAS COM DECLIVIDADES INFERIORES A 10%	Terrenos aplainados de topografia suave, associados à planícies cársticas. Presença de solos espessos e topo rochoso profundo. Processos acentuados de dissolução das rochas calcárias subjacentes.	Restrições na execução da lavra com necessidade da abertura de "rebaixos" e operações de bombeamento contínuo para controle do nível freático (altos custos). Topo rochoso profundo. Solo espesso. Riscos de contaminação do lençol freático.
ÁREAS DE FUNDO DE VALE (aluviões)	Áreas aplainadas, associadas à processos de dissolução cárstica nos terrenos de rochas calcárias.	Nível freático raso ou aflorante.
ÁREAS DE FILITO, QUARTZITO E DIABÁSIO.	Presença de filito, quartzito e diabásio.	Ausência de rocha calcária.
ÁREAS POTENCIAIS PARA MINERAÇÃO DE ROCHAS CALCÁRIAS	Presença de rochas calcárias. Declividades adequadas para abertura de frentes de lavra (>10%). Solos rasos / topo rochoso raso. Ausência de feições de dissolução (grutas e cavernas). Restrições impostas a partir de zoneamento territorial, urbano e mineral. Necessidade de implantação de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – Plano Diretor de Mineração – Plano Diretor de Recursos Hídricos – Plano de preservação do Patrimônio Espeleológico da Região.	

A dinamização do crescimento sustentado e da competitividade das empresas do setor mineral paranaense, reforçando e promovendo a modernização da indústria, deve estar no centro

das políticas industrial e ambiental e nas formas de sua articulação e compatibilização. Atualmente, a indústria de “calcário” já desenvolve processos de mitigação de danos ambientais, o que significa custos finais mais elevados, próximos aos limiares econômicos da produção. Ainda assim, necessita prosseguir e aprofundar-se na aplicação de métodos e processos produtivos que assegurem a qualificação ambiental das áreas de incidência da atividade. Devem propugnar por uma melhoria constante do seu desempenho ambiental, fazendo o monitoramento das atividades, incorporando novos conhecimentos e tecnologias adequadas e formando quadros técnicos qualificados.

3.4 - ZONEAMENTOS AMBIENTAIS NA RMC

Há bons instrumentos jurídicos de política ambiental para a atividade minerária e previsão de sanção a todos os agentes envolvidos na degradação ambiental.

A administração dos recursos minerais é de competência federal. A lavra de jazida é organizada e conduzida na forma da Constituição Federal. Dispõe seu artigo 20, inciso IX, que os recursos minerais, inclusive os do subsolo, são bens da União, e que a pesquisa e lavra destes recursos só poderão ser feitas sob sua autorização ou concessão. Mas define, em seu artigo 23, XI, como competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos minerais em seus territórios.

O Código de Mineração - Decreto-Lei 227/1967 - apresenta diversos elementos técnicos, administrativos e legais para uma estratégia de ação pública voltada à gestão ambiental e ao desenvolvimento econômico. Em seu artigo 47, incumbe ao minerador responder pelos danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente, da lavra, evitar poluição do ar ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração, evitar o extravio das águas e drená-las para evitar danos e prejuízos. Proteger e conservar as fontes...

"Cabe notar que o poder de polícia administrativa ambiental, a serviço da comunidade e na defesa do patrimônio público, nunca será eficazmente exercido sem uma pedagogia adequada às situações. Ainda que *ignorantia legis neminem excusat*¹², constata-se e entende-se que muitos desvios nocivos ao meio ambiente provêm de velhos vícios culturais, da falta de consciência sobre problemas e exigências ambientais, assim como da compulsão de hábitos arraigados na população geral. É mais eficaz educar do que punir, sem dúvida. Mas, há casos em que a punição integra o processo pedagógico. Seja como for, quem exerce o poder de polícia administrativa ambiental deve estar preparado para ambas as medidas."

¹² O desconhecimento da lei não exime da culpa.

Havendo negligência e/ou omissão do Poder Público, diante do risco ou da ocorrência do dano ao meio ambiente, impõe-se a aplicação das penas previstas à co-responsabilidade, em solidariedade aos causadores diretos do dano. Ocorre, na prática, que os negócios do Estado, conduzidos por interesses político-partidários, impactam tanto o plano administrativo como o plano econômico, jurídico e social. Nossa cultura pretende mudar de paradigma e passar a considerar o meio ambiente como algo importante. O paradigma não mudou; provavelmente nem esteja mudando ainda, na área social. Geralmente, não se sabe a que ponto é difícil fazê-lo.

É preciso considerar o meio ambiente como algo importante dentro deste contexto é necessário que o minerador preserve as APA's (Áreas de Proteção Ambiental). Estas áreas estão muito bem definidas, para toda a RMC, como pode ser visto no mapa a seguir (figura 31), que mostra todas as categorias que se reportam a proteção. A mineração não pode e não deve invadir estas regiões, mas a urbanização¹³ também não deverá ser um agente impeditivo à mineração de “calcário” na RMC.

¹³ Este assunto será amplamente abordado no capítulo seguinte.

Figura 31 – Mapa da RMC com a distribuição das APA's na área referente à Formação Capiru – Grupo Açungui.

3.5 – TERRENOS CÁRSTICOS E MINERAÇÃO NA RMC

Feições cársticas (cavernas, dolinas, sumidouros, etc.), ocorrem com grande frequência nas formações calcárias aflorantes da RMC. Estas se localizam ao longo de zonas dissecadas nos terrenos, das bacias hidrográficas Açungui/Ribeira. A constatação de tais feições, durante o processo de lavra do “calcário”, traz sérios transtornos e prejuízo aos empreendimentos mineiros pelas conseqüências legais e operacionais decorrentes da legislação ambiental existente sobre tais elementos paisagísticos (figura 32 A” e “B”).



Figura 32– “A”- Dissolução cárstica do litotipo formando espeleotemas –; “B” – Sumidouro onde a drenagem adentra a rocha. Ambas fotografias foram realizadas na Mineração Tancal junto a Gruta de Bacaetava em Colombo-PR.

Uma região é considerada cárstica quando apresenta extensão regional suficiente para que as feições oriundas deste “sistema¹⁴” possam ser individualizadas, portanto a área de influência de estudo, considerou o conjunto de micro-bacias hidrográficas inseridos nos litotipos dolomíticos da Formação Capiru - Grupo Açungui. Assim, nesta Formação ocorrem duas bacias ou províncias hidrogeológicas distintas, uma caracterizada pelo rio Iguaçu e a outra pelo Rio Açungui-Ribeira. O divisor dessas províncias hidrogeológicas fica situado no Município de Colombo na localidade denominada Morro da Cruz. Em superfície observamos a bacia de drenagem do rio Iguaçu escoando no sentido oeste e a do rio Ribeira do Iguape no sentido leste. Em subsuperfície há água proveniente do rio Ribeira no sentido oposto ao seu escoamento em superfície, bem como as águas do Rio Iguaçu escoando para o sentido leste.

¹⁴ A classificação mais adequada para “sistemas cársticos” é melhor interpretada através da sua divisão em “bacias” ou “províncias hidrogeológicas”. Esta classificação deve refletir, em linhas gerais, o modo de ocorrência das águas subterrâneas, servindo também para fins comparativos e descritivos, onde a bacia ou província hidrogeológica é uma região com características gerais semelhantes, quanto às principais ocorrências de águas subterrâneas. Entre os fatores que contribuem para a definição de uma província hidrogeológica destacam-se os geológicos e os fisiográficos. O primeiro é o mais importante, visto que a litologia, a estrutura e a tectônica controlam as condições de ocorrência, movimentação e qualidade das águas subterrâneas. A fisiografia, compreendendo o clima e a morfologia, podendo operar mudanças radicais nas condições da água do subsolo, reduzindo as diferenças, favorecendo ou não a produtividade hídrica de uma determinada região.

Dentro desta área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Iguaçu é conhecida três sistemas cársticos. Dois desses estão localizados no Município de Almirante Tamandaré (sistema Campo Magro e sistema Boixininga), e finalmente o último localizado no Município de Colombo. No sistema cárstico da Região de Colombo, existe duas subdivisões denominadas sistemas Sede e Fervida e fazem a união da zona de recarga à zona de circulação profunda do carste. A primeira (sistema Sede) é dominada por espesso manto de sedimentos sobre rochas carbonáticas de composição variada, onde há predominância de argilas expansivas (até 50 metros de espessura), Bonacim (1996). A este horizonte denomina-se “epicarste” e é a área de recarga do carste, bem como a mais frágil do sistema.

A segunda subdivisão (sistema Fervida) encontra-se a profundidades de 80 a 300 metros, seccionadas por sistemas de fraturas e falhas geológicas, por onde ocorre a percolação de água favorecendo processos de dissolução e gerando espaços vazios, que se transformam em grandes reservatórios.

Os aquíferos¹⁵ presentes na área de estudo (figura 33) são formados em rochas calcárias, com ou sem fraturas e ainda, outras descontinuidades submetidas a processos de dissolução cárstica a profundidades variáveis (em torno de 150 m). De maneira geral, apresentam certas peculiaridades dentre as quais se destacam: (i) grande rapidez da infiltração das águas de chuvas e outras águas superficiais; (ii) anomalias na direção do fluxo de água com relação ao gradiente potenciométrico regional, e (iii) grande variação espacial dos valores de permeabilidade e armazenamento no mesmo sistema aquífero. Na Bacia do Açungui ocorrem aquíferos de menor importância e estes não estão sendo explorados. A única exceção se faz ao que se encontra no Município de Colombo na localidade denominada Fervida.

¹⁵ A função mais tradicional e ainda de maior alcance de um **aquífero** é como fornecedor de água naturalmente potável. Os processos de filtração e as reações bio-geoquímicas que ocorrem no subsolo, fazem com que as águas subterrâneas apresentem, geralmente, boa potabilidade e são mais bem protegidas dos agentes de poluição que atingem os rios e lagos, estejam menos sujeitas às flutuações climáticas sazonais e de longo termo, sejam melhor distribuídas, possibilitando a obtenção de água onde não existem rios ou lagos. Porém, isto não significa que não estejam suscetíveis à poluição e contaminação de agentes externos.

Figura 33- Mapa da faixa calcária Capiru onde se observa a localização aproximada dos quatro aquíferos localizados na RMC.

Parte dos vales do rio Ribeira e parte do rio Iguaçu detêm boa parte das rochas calcárias da Formação Capiru. Estes litotipos são demandados por vários segmentos da indústria de transformação por apresentarem propriedades físicas e químicas que lhe conferem grande versatilidade de aplicação industrial.

O impacto ambiental causado pela mineração atinge o solo através de deposição de resíduos, na remoção da capa superficial quando fértil e pela própria erosão. Nas águas, pode aumentar a turbidez e o teor de metais, alterarem o pH e criar condições desfavoráveis à vida aquática. No ar, pode aumentar a concentração do material particulado sedimentável e em suspensão. Aumentar a concentração de gases na atmosfera, afetarem a vida vegetal e animal por deposição de poeira, emissão de ruídos e transmissão de vibrações.

No ambiente cárstico as conseqüências da exploração, como explosões podem provocar a desestabilização do teto de cavidades subterrâneas, potencializando o risco de acidentes geológicos relacionados a abatimentos de terreno. Esta atividade na região é muito antiga, existindo registros de que o povoado de Rio Branco do Sul surgiu em 1790 em torno dos “arraiais de mineração”. Relatos de moradores dão conta que, no século passado, a mineração de “calcário” iniciava na entrada das cavernas. Estudos recentes efetuados pelo GEEP – Açungui (Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná) apontam à destruição de 50% do patrimônio espeleológico do Estado, pela atividade mineral. Atualmente interesses minerários colocam em risco inúmeras grutas paranaenses, denotando não somente a possibilidade da destruição das cavernas como também conflitos entre ocupação urbana, mineração e preservação do patrimônio espeleológico.

Soma-se a isto a preocupação com manutenção e aproveitamento do aquífero cárstico, visto este apresentar privilegiada estrutura armazenadora de água subterrânea, assimilando enormes reservas. No carste, a água circula e se acumula ao longo de condutos e/ou canais de dissolução, havendo o risco de abatimentos de terrenos em casos de brusco rebaixamento do nível freático por atividade de bombeamento contínuo.

Cabe lembrar que a atividade de mineração pode constituir importante fonte de poluição dos aquíferos cársticos, devido aos rebaixamentos do terreno e contato direto com condutos e canais de percolação. Os agentes poluentes podem estar relacionados aos combustíveis, óleos, graxas e outros comumente manuseados nas frentes de lavra.

O modelo de desenvolvimento ali aplicado é o exploratório/convencional, que vincula uso dos recursos naturais e gestão econômica centrada na oferta destes recursos, ignorando o passivo ambiental acumulado pela atividade minerária predatória. Por isso, os danos ambientais são incorporados pela sociedade em geral, em detrimento da apropriação do valor de mercado pelo minerador já que alguns destes não assumiu, até o momento, a responsabilidade com a

recuperação ambiental. É importante saber qual a necessidade de liberação de mais áreas de extração, se o mercado está abastecido. A Lei 9.605/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, deve ser difundida e aplicada.

Menegon (1990) indica a existência de estudos sobre a viabilidade econômica da lavra subterrânea de “calcário” em algumas minas no Estado de São Paulo, a exemplo da exploração realizada já em lavras de zinco em terrenos cársticos em Minas Gerais e a exploração de mármore na Itália. Este método de mineração subterrânea seria ambientalmente correto, uma vez que o impacto ambiental visual e de ruídos é quase que nulo. Entretanto a lavra a céu aberto (*op cit*) é o método mais utilizado e tem como características, boa produtividade, fácil recuperação e custos menores que o método subterrâneo.

Os recursos minerais estão presentes no cotidiano de toda a sociedade e são considerados recursos materiais básicos para a sustentação da civilização moderna. Não é possível obter em qualidade de vida e desenvolvimento econômico sem a atividade da mineração. Desta forma, o impasse que se impõe é o de como compatibilizar desenvolvimento econômico e a preservação da qualidade ambiental. A resolução desse problema exige que todas as atividades desenvolvidas na mineração sejam administradas, sejam gerenciadas, desde o projeto de instalação do empreendimento mineiro até sua desativação. É importante a utilização adequada/racional de técnicas que objetivem a manutenção da qualidade ambiental do local e menor dispêndio de recursos a serem gastos na recuperação de áreas mineradas no futuro. Também é de fundamental importância que a adoção de práticas de gerenciamento ambiental não inviabilize economicamente a atividade.

Muitas pedreiras da área do Distrito Mineiro Capiru foram desativadas e abandonadas devido a falta de um plano adequado de lavra. Essas pedreiras com taludes verticais com mais de 60 metros de altura causam impactos irreversíveis ao meio ambiente e a recuperação da área degradada, prevista na legislação mineral e ambiental, torna-se cada vez mais difícil, trazendo ao município o ônus de responder pela degradação ambiental. Algumas lavras abandonadas são utilizadas para deposição de lixo, incluindo material orgânico e até mesmo químico, altamente tóxico, como por exemplo depósitos de sucatas de motores automobilísticos, pneus, etc..

Empreender com enfoque ambiental significa gerar um mínimo de resíduos, para que esses resíduos possam ser absorvidos pelos sistemas ambientais, ou que possam ser reciclados e participar de algum outro bem industrial. Analogamente, “minerar com enfoque ambiental” significa operar da maneira mais racional possível, o que exige um máximo de conhecimento sobre a jazida mineral, o minério, seu processo industrial de beneficiamento e o meio físico onde ocorre a intervenção.

É preciso ressaltar, no entanto, que o potencial de degradação ambiental da mineração é menor do que outras atividades econômicas, tais como a agricultura e a implantação de infraestrutura urbana, afetam mais fortemente a integridade dos ecossistemas, aplicando produtos químicos e erradicando espécies em escala regional, o que as torna mais agressivas e de difícil recuperação.

4 – DIMENSÃO SÓCIO-ECONÔMICA

O extrativismo mineral é uma atividade do setor secundário de produção (indústrias de bens de produção ou de base) porque usa máquinas e tecnologia avançada na extração dos recursos minerais da natureza. A transformação destes em bens econômicos dá-se em razão da tecnologia de lavra e exploração¹⁶ após estudos geológicos adequados e mediante permissão estatal. Precisa, portanto, haver condições favoráveis: (i) geológicas e tecnológicas locais, e (ii) de políticas ao desenvolvimento da mineração.

A atividade minerária de “calcário” diferencia-se das outras atividades econômicas por sua importância estratégica na construção civil e na agroindústria. Hoje, a mineração transformou-se em *commodities mercantis*¹⁷, isto é, em mercadoria negociável. Trata-se de um bem finito e de matéria-prima fundamental e insubstituível no momento, tanto na construção civil, como insumo para a agricultura.

4.1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A área de abrangência da mineração de “calcário” na RMC apresenta uma morfologia que favorece a concentração de frentes de lavra principalmente pela alta declividade, que é facilitadora da exploração mineral (Siqueira, 2001). À sudeste de Cerro Azul (Vila do Tigre), a noroeste de Almirante Tamandaré (Capiru dos Dias) e a norte de Colombo (Campina dos Pintos), situam-se pontualmente as pedreiras onde se alojam os dolomita mármores explorados para revestimento na construção civil. Nas demais áreas, ainda sob a influência da bacia hidrográfica Açungui, acomodam-se os litotipos metadolomíticos explorados para uso como corretivo agrícola, cal e *petit pavê*.

4.2 – INFRA-ESTRUTURA

As lavras das rochas “calcárias” da Formação Capiru, a exemplo das demais lavras deste bem mineral do Estado do Paraná são todas a céu aberto. As frentes de lavra são desenvolvidas

¹⁶ A exploração é a retirada do recurso com máquinas adequadas, para fins de beneficiamento, transformação e utilização. (Fonte: <http://www.comciencia.br/reportagens/litoral/lit04.shtml> Em 19/06/2004).

¹⁷ Palavra inglesa que significa mercadoria, mas no mercado financeiro é utilizada para indicar um tipo de produto, geralmente agrícola ou mineral, de grande importância econômica internacional porque é amplamente negociado entre importadores e exportadores. Existem bolsas de valores específicas para negociar *commodities*. (Fonte: <http://emacao.folha.uol.com.br/coreout.asp?p=15&q=C&r=Commodity> Em 15/10/2004).

em maciço rochoso ou em encosta, e os processos variam de mecanizados, semi-mecanizados a manuais, dependendo do porte da empresa¹⁸ de mineração.

A extração do “calcário” nas empresas de grande porte é processada em larga escala e totalmente mecanizada, com bancadas de 5 a 10 metros e taludes com inclinação de 70° a 90°. Já nas empresas de pequeno porte as mesmas lavram em bancada única com altura que chega a atingir até 60 metros de inclinação vertical, o que dificulta a extração e resulta em maior consumo de explosivos e decréscimo da produtividade, além de riscos de acidentes.

A RMC tem a construção civil e a agroindústria como atividades consumidoras de seu “calcário”. No caso do “calcário” agrícola, a região produtora (na RMC) situa-se longe dos centros consumidores deste insumo (Terceiro Planalto Paranaense), o que vem a aumentar as despesas com transporte (figura 34) e praças de pedágio. Devido ao baixo valor unitário das matérias primas minerais produzidas seu preço final não comporta o acréscimo com locomoção a grandes distâncias, daí a necessidade do produto ficar concentrado em locais mais próximos onde à demanda seja mais elevada. Esta concentração poderia ser através de armazenagem em pólos ou cooperativas onde os produtores estocassem o “calcário” em um local estratégico e facilitador para a demanda, diminuindo o preço com a locomoção do produto. Esta também seria uma maneira de reduzi o impacto causado pela sazonalidade do consumo, pela agroindústria.

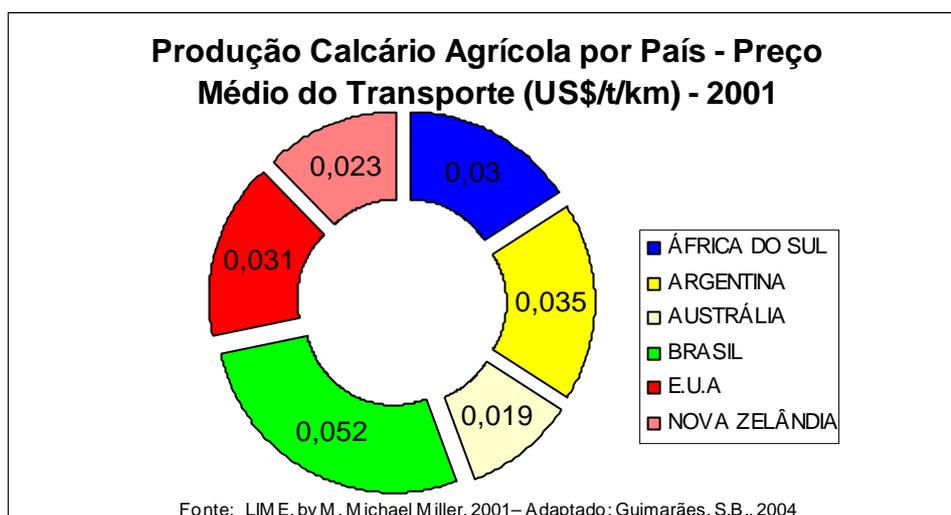


Figura 34 – Gráfico mostrando a variação do preço do transportes e diversos países, e o quanto é alto este valor no Brasil.

Ocorre que a mineração está longe do centro consumidor e isto encarece o produto com transporte, que chega ser o mais caro do mundo. A variação dos preços do “calcário” conforme a região, por causa do custo do frete, é um dos principais entraves ao aumento do consumo do

¹⁸ A classificação de porte de empresa adotada pelo BNDES foi também adotada neste trabalho, pois é aplicável à indústria, comércio e serviços, conforme a Carta Circular nº 64/02, de 14 de outubro de 2002 e seu texto diz o seguinte: Microempresas: receita operacional bruta anual ou anualizada até R\$ 1.200 mil (um milhão e duzentos mil reais); Pequenas Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R\$ 1.200 mil (um milhão e duzentos mil reais) e inferior ou igual a R\$ 10.500 mil (dez milhões e quinhentos mil reais). Médias Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R\$ 10.500 mil (dez milhões e quinhentos mil reais) e inferior ou igual a R\$ 60 milhões (sessenta milhões de reais). Grandes Empresas: receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R\$ 60 milhões (sessenta milhões de reais)

produto. Além disso, o custo do transporte tem sido aumentado pela majoração dos preços dos pedágios nas estradas e pelo aumento do preço do óleo diesel e lubrificantes, Ferreira et al (2001). No Oeste do Paraná, por exemplo, o “calcário” atinge o preço em média de R\$ 15,00 a tonelada.

Em contrapartida a agricultura, principal demandante deste insumo, sofre um achatamento com seus gastos e deixa de empregar o corretivo agrícola oriundo da mineração, em favor a fertilizantes, herbicidas e pesticidas (figura 35). Hoje, apenas os agricultores de maior porte usam o “calcário” para a correção de solos e o objetivo é criar condições para que o insumo seja usado também nas pequenas propriedades.

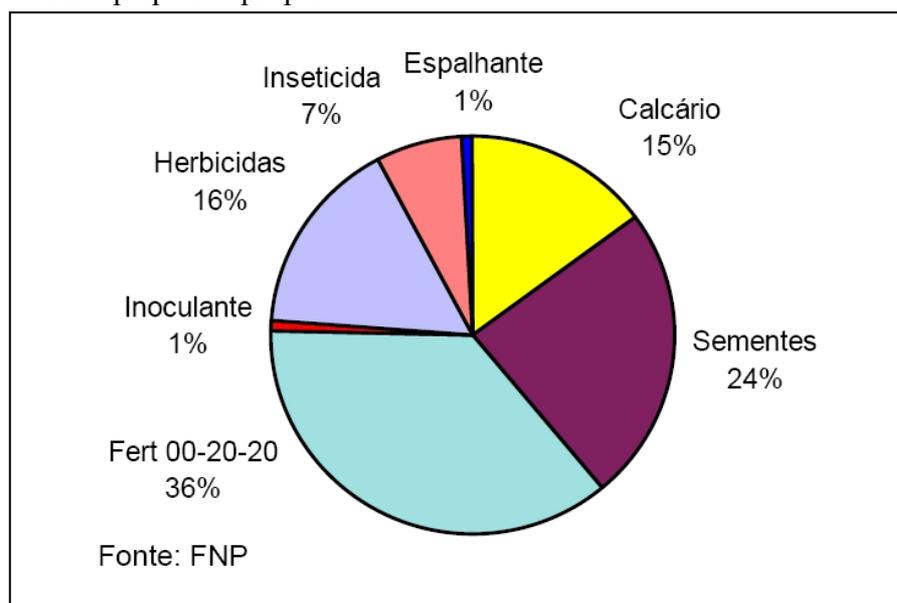


Figura 35 – Gráfico mostrando a porcentagem que interfere no preço dos insumos necessários à agroindústria salientando que 15% do preço total são com o “calcário”. (Fonte: FNP Frente Nacional de Produção www.fnp.com.br)

A meta governamental é aumentar a produção brasileira de grãos em 20 milhões de toneladas até 2020. Com o uso de “calcário”, este aumento pode ser obtido com a mesma área plantada atualmente. Sem o insumo seria necessário expandir a área agrícola em cerca de dez milhões de hectares, com graves danos ao meio ambiente.

4.2.1 – Logística

A indústria calcária conta atualmente com a participação dos Sindicatos (SINDEMCA e SINDICAL) e da Associação dos Produtores Paranaenses da Cal – APPC, que de uma forma efetiva apóia o produtor. A Mineropar, como estatal, participa com pesquisas dirigidas ao setor econômico. Igualmente a UFPR (Universidade Federal do Paraná) através do Departamento de Geologia (Projeto DIMICAL) contribui com estudos científicos objetivando ampliar o

conhecimento geológico sobre aqueles litotipos e realizar análise sócio-econômica e ambiental dos dados disponíveis, na tentativa de elucidar os entraves que atingem o setor.

O “calcário” agrícola é um dos recursos minerais paranaenses que não necessita ser importado, tendo em vista reservas já conhecidas e novas que aparecem à medida que se exploram os solos. Assim, ao contrário do observado na maioria dos insumos agrícolas (fertilizantes e defensivos agrícolas), a desvalorização da moeda brasileira não provocou grande efeito sobre os preços do setor. Entretanto, ao longo do ano, as empresas tiveram aumento na planilha de custo de extração e de moagem, principalmente com impostos e energia. O preço precisa ser competitivo e passível com a demanda, isto acarreta num abatimento do valor fazendo com que o produtor minere com um lucro muito pequeno e não cresça tecnologicamente. O “calcário” produzido na RMC é o que apresenta um dos valores de venda mais baixos do Brasil (figura 36).

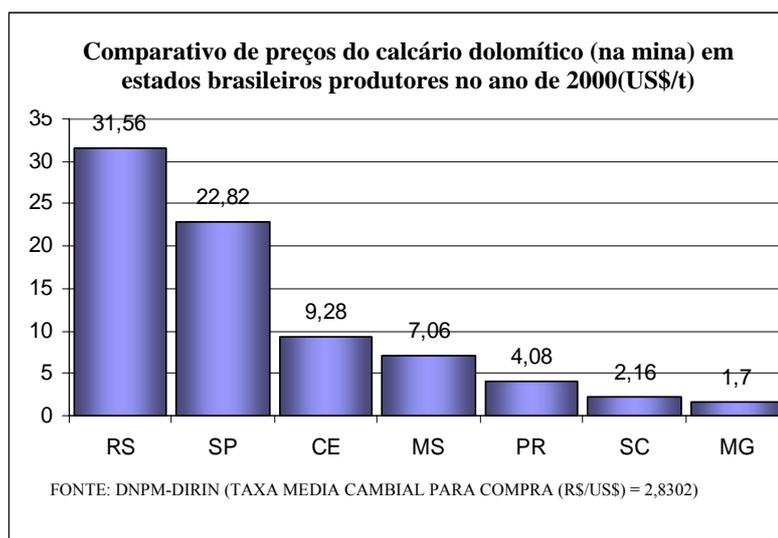


Figura 36 – Gráfico mostrando o preço médio por tonelada de venda, na mina, do “calcário” dolomítico paranaense em comparação a outros estados da nação.

Seria de grande valia para o setor um fomento oriundo dos governos federais e estaduais para reativar o crescimento e modernizar o setor. Seja na forma de financiamentos a juros mais baixos, em um incentivo para a montagem de uma cooperativa, silos de armazenamento próximo às estradas de escoassem o maior consumo, ou benefícios para diminuir o preço do transporte. Enfim planos e programas de incentivo ao uso de “calcário”, a exemplo do Programa Nacional de “calcário” Agrícola (PROCAL) em 1974, cujo objetivo era o de incentivar a expansão da capacidade produtiva do “calcário” e de seu consumo, a partir de uma linha especial de crédito para financiamento aos agricultores. Outros projetos foram o do PLANACAL (Plano Nacional de Calcário Agrícola) e PROSOLO (Programa de incentivo ao uso de Corretivo de Solo). A

baixa utilização destes recursos por parte dos mineradores e agricultores foi um fato real e pode ser explicada pelos seguintes motivos: (i) endividamento dos setores agrícola e de mineração; (ii) exigências de garantia de crédito bancário (muitas vezes até hipotecas), e (iii) desconhecimento de muitos sobre o programa.

4.2.2 - Dinâmica Sócio Ambiental da População

Na RMC a mineração de “calcário” está vinculada ao seu contexto histórico de colonização, haja vista que a extração, em muitas das empresas tem uma administração hereditária desde a década de 20. O processo de expansão populacional na região foi intenso e marcante durante as décadas de 40 e 50 e o primeiro quinquênio da década de 60, impulsionado pela abertura de uma nova fronteira agrícola em todo Estado (IPARDES, 2003), necessitando, portanto do insumo “calcário”. A população salta com taxas geométricas de crescimentos anuais próximas e/ou superiores a 5% ao ano.

Já a partir de meados da década de 60 começa a haver um arrefecimento nessa dinâmica, como conseqüência das transformações ocorridas na agricultura, provocando uma inflexão abrupta a partir dos anos 70, com as taxas populacionais das duas décadas seguintes caindo para menos de 1% ao ano. Sinais de recuperação são visíveis após 1991, quando a população da RMC volta a crescer 1,4% a.a. (1991/2000 - IPARDES, *op cit*) acompanhando a expansão da agricultura e da construção civil. No ano de 2000, a RMC distingue-se por expressivo contingente populacional, graus de urbanização mais elevados e que vem apresentando altas taxas de crescimento da população desde os anos 80 (tabela 4).

Tabela 4 – População total, grau de urbanização e taxa de crescimento da RMC, excetuando-se a cidade de Curitiba – 1980 – 2000.

Região	População 2000			Grau de Urbanização 2000	Taxa de Crescimento da População (% a.a.)			
	Total	Urbana	Rural		Total		Urbana 1991/2000	Rural 1991/2000
					1980/1991	1991/2000		
RMC	888.926	781.376	107.550	90,56	2,84	3,13	3,28	1,82
PR	9.563.458	6.927.973	2.635.485	81,41	0,93	1,40	2,59	-2,60

(Fonte: IBGE- Censos Demográficos e Anuário Estatístico 2000, IPARDES, 2003)

Os municípios do entorno a Curitiba, pela maior facilidade de acesso à terra de modo formal ou informal, passam a ser os grandes receptores de um contingente populacional cada vez maior e que, muito provavelmente, busca na RMC forma de trabalho.

Um fator relevante consiste na gestão ambiental. A ocupação e o uso de espaços rurais na RMC, alheios às disposições da legislação ambiental, impediram a manutenção do equilíbrio do

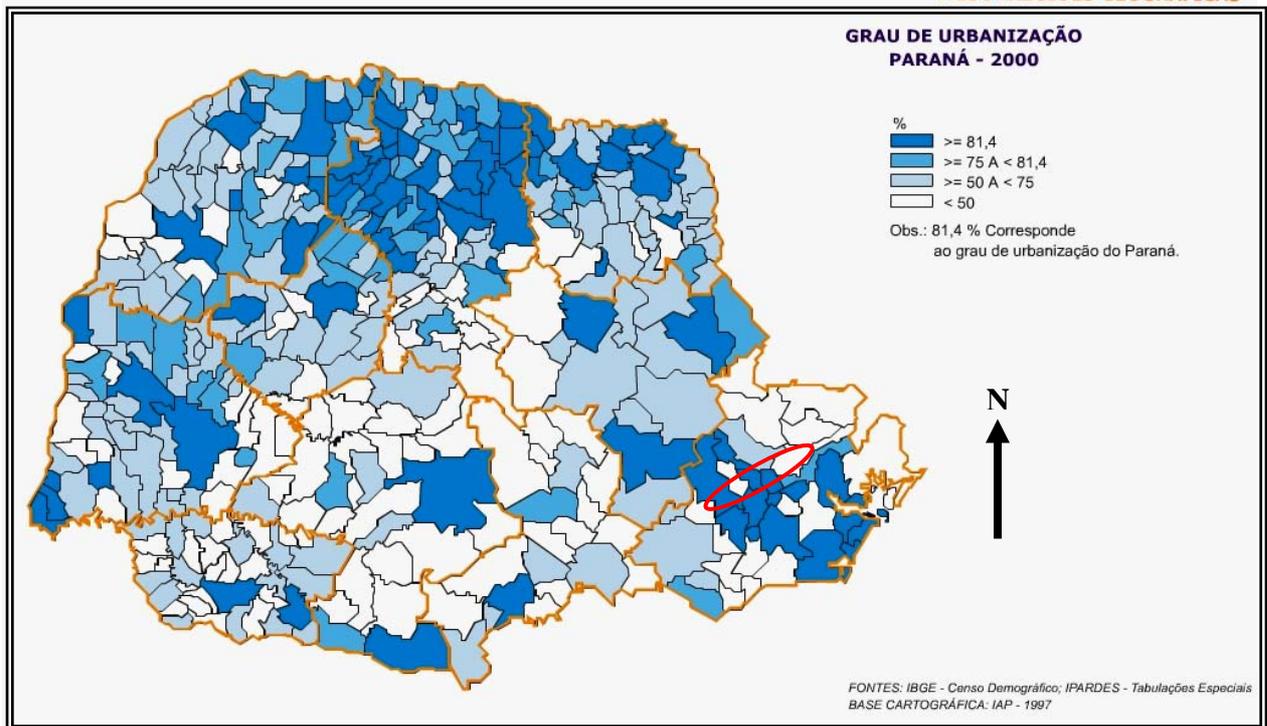
extrativismo do “calcário”. Não seria a falta de dispositivos legais para o meio ambiente e ocupação, mas sim a implementação. Tanto sob a perspectiva da urbanização, quanto da exploração mineral, seja no setor primário ou secundário, a ameaça aos recursos pode ser considerada um dos principais focos de preocupação.

4.2.3 – Desenvolvimento Humano

A RMC é a única região que apresenta municípios que se encontram tanto em níveis superiores de IDH-M¹⁹, quanto nos mais inferiores, perpassando todos os recordes estabelecidos para este índice.

Admitindo-se que as áreas rurais e as restritas à mineração já demonstram certa vulnerabilidade, dado que sofrem grande dificuldade de ofertas de serviços e equipamentos em função da dispersão de sua população no espaço, nelas agudiza-se a precariedade quanto aos grupos destacados e ao próprio “sucateamento” das empresas ligadas a mineração.

A propósito de assentamentos urbanos, cabe ressaltar que taxas elevadas de urbanização em uma determinada bacia hidrográfica, como é o caso da do rio Iguaçu, onde encontram-se os principais aquíferos, resultam em graves problemas ambientais. No caso da RMC, além dos conflitos mineração-meio ambiente são evidentes as pressões da expansão urbana sobre sítios tradicionalmente reservados à mineração. Excetuando-se o município de Bocaiúva do Sul que apresenta um grau de urbanização entre 75% a 80%, os demais municípios da RMC – zona de mineração do “calcário”, apresentam um grau de urbanização superior a 81,4% (figura 37).



¹⁹ Para uma síntese do detalhamento do IDH ver o trabalho *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M 2000: Anotações sobre o desempenho do Paraná*, do IPARDES, 2003.

Figura 37 – Grau de urbanização dos diversos municípios do Estado do Paraná. Elipse em vermelho mostrando a localização da Formação Capiru onde o grau de urbanização varia de < de 50 e > 75.

4.3 – MERCADO PRODUTOR

A produção do “calcário” representa cerca de 42% do PIB mineral do Estado. Na RMC as reservas estão na ordem de 6 bilhões de toneladas, segundo o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), colocando o Estado em posição de destaque nacional. A produção gira em torno de 4 milhões de toneladas/ano, correspondendo ao valor aproximado de US\$24 milhões.

4.3.1 – Perfil do Setor de “calcário” na RMC

Embora o setor esteja caracterizado por micro e pequenas empresas, possuindo um grau de verticalização²⁰ pouco variável, com adensamento²¹ e articulação²² das cadeias produtivas, a problemática concentra-se na atuação isolada destas mineradoras.

O mercado produtor do setor de “calcário”, como já comentado, está ligado diretamente à construção civil e a agroindústria com produção crescente, conforme pode ser observado na figura 38 e na tabela 5 a seguir apresentadas.

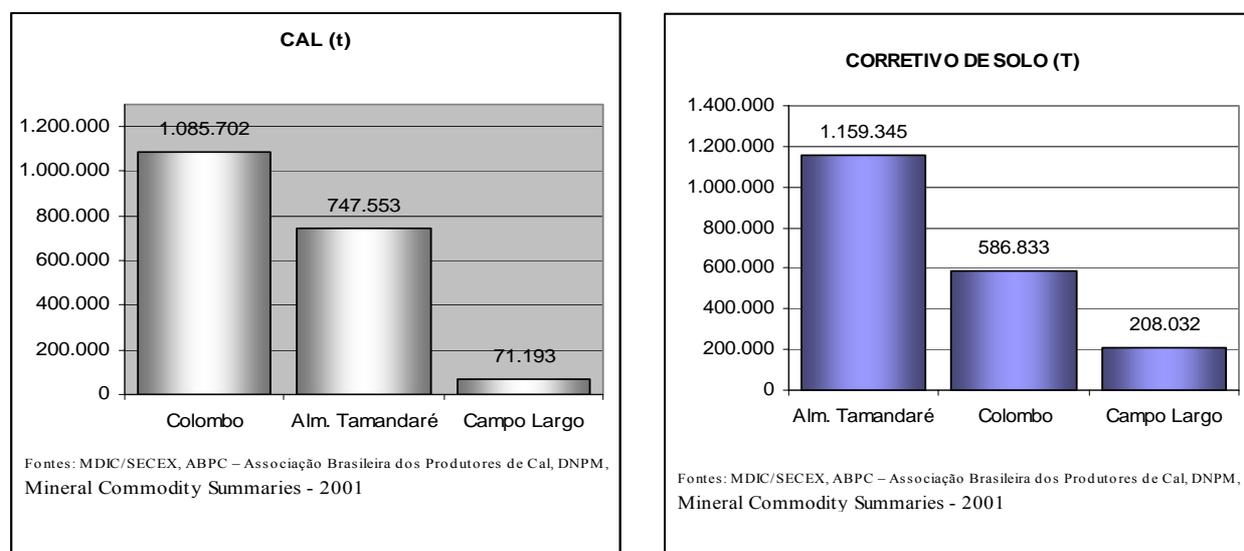


Figura 38 – Gráficos mostrando a produção da cal e de corretivo de solo por tonelada (2000) nos municípios de Alm. Tamandaré, Colombo e Campo Largo.

Tabela 5 – Exploração do “calcário” x aplicabilidade nos anos 1999, 2000 e 2001 no Estado do Paraná.

SUBSTÂNCIA	USO	UN	VLR_R\$	QTD_(V)	VLR_R\$	QTD_(V)	VLR_R\$	QTD_(V)
			1999		2000		2001	
“CALCÁRIO” DOLOMÍTICO	Cal	t	7.254.420	661.300	6.435.707	513.927	1.250.657	264.946
	Corretivo agrícola	t	18.813.680	3.004.041	12.872.887	1.884.474	17.869.00	2
	Industria Ceramica	t	0	0	0	0	1.593.131	86.810

²⁰ Verticalização - todo o processo da cadeia produtiva desde a matéria-prima até o produto final.

²¹ Adensamento - concentração de vários setores numa mesma região.

²² Articulação - interligação entre os diversos segmentos da malha produtiva industrial.

	Outros	t	3.469.069	86.694	5.333.803	157.171	5.920.331	173.124
CALCARIO DOLOMITICO Total			30.977.782	3.823.185	24.725.179	2.556.895	11.411.305	6.250.626

Fonte: IAPSM-Informativo Anual sobre a Produção de Substâncias Minerais no Paraná, 2004

Outras aplicabilidades para o “calcário” direcionam-se ao mercado de forma pouco representativa. Estas aparecem de modo abreviado conforme pode ser observado na figura 39 onde apresenta um gráfico de barras com os principais aproveitamentos do “calcário” na RMC.

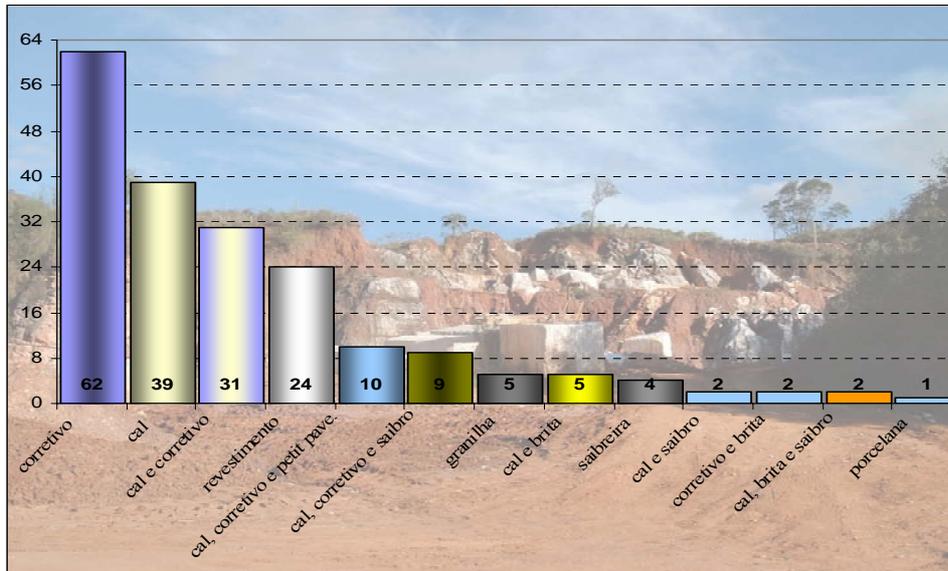


Figura 39 – Número de pedreiras de “calcário” em atividade (ano de 2004) na RMC com a respectiva aplicabilidade de sua extração.

Já o setor de rochas para revestimento na construção civil ocupa um lugar de destaque no Paraná, Brasil e até o exterior como exportador de mármore (figura 40), onde figura em terceiro lugar no ranking nacional.

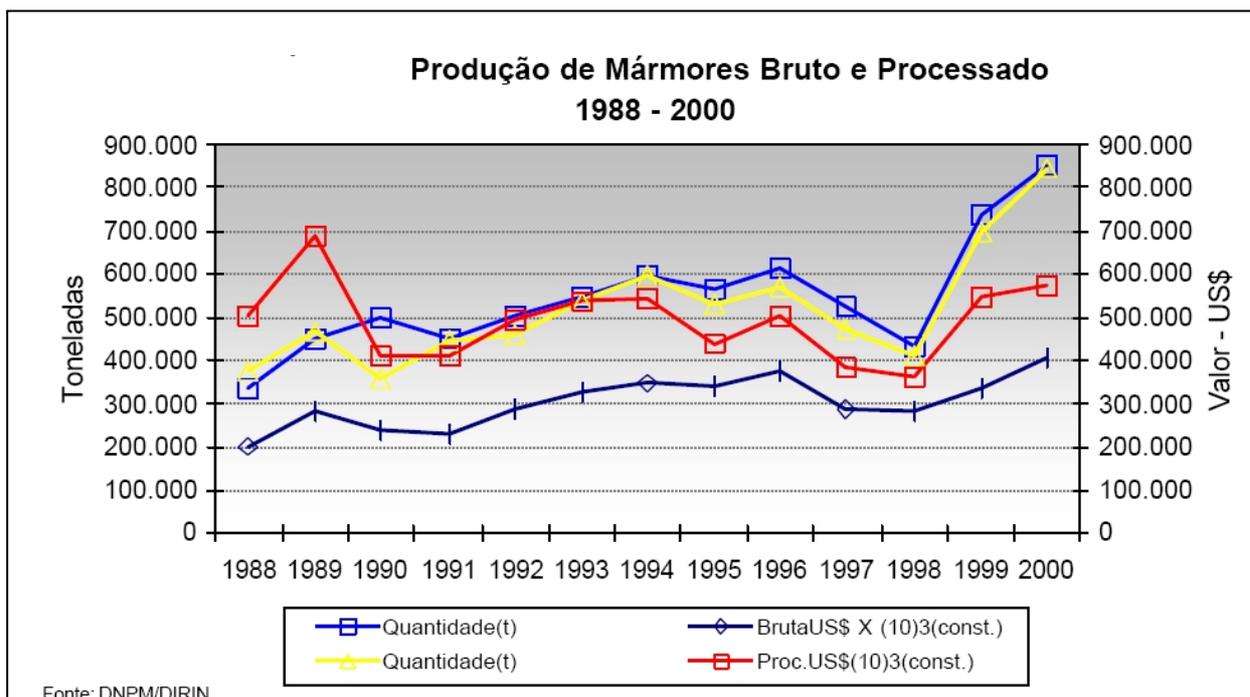


Figura 40 – Gráfico mostrando a produção de mármore bruto e processado (utilizado para revestimento na construção civil) na RMC no intervalo de 1988 e 2000.

Há estimativas promissoras conforme pode ser observado na projeção para 2010 visualizada no gráfico da figura 41. O mercado produtor do mármore tem se mostrado crescente em razão da demanda nacional e internacional. E isto se reflete em outros setores produtivos de “calcário”.

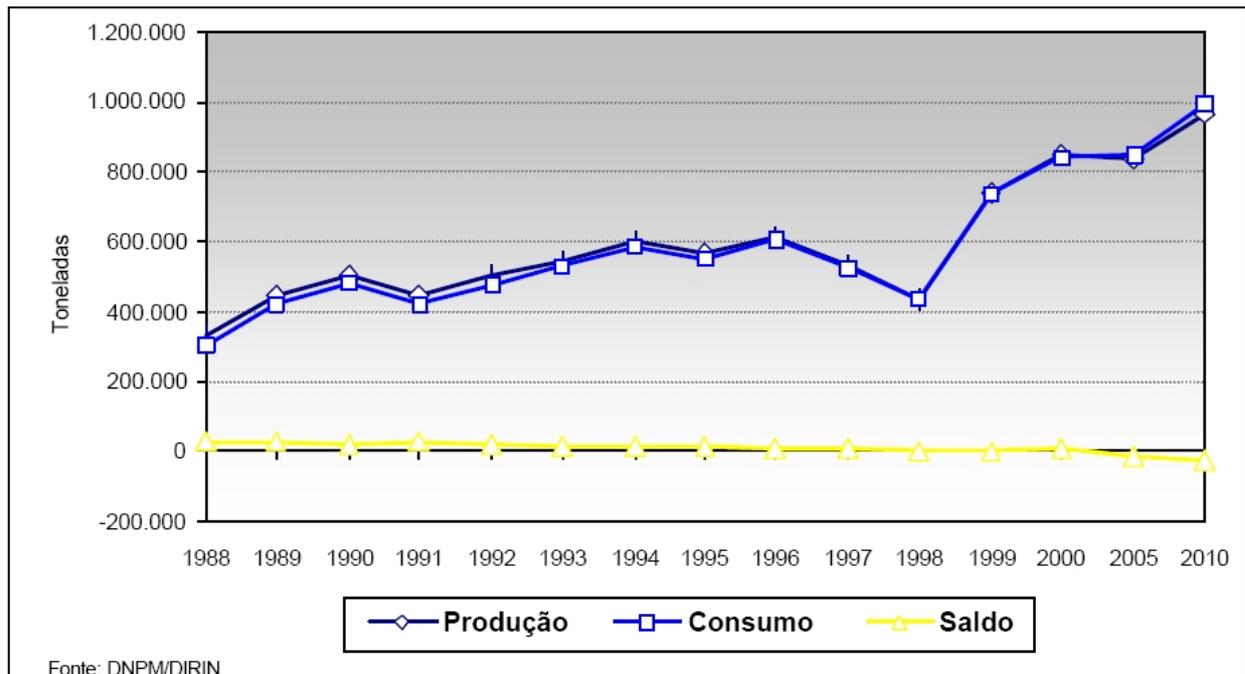


Figura 41 – Gráfico mostrando a projeção de consumo e produção de mármore para revestimento explorado na RMC para o ano de 2010.

A comercialização de “calcário” no Paraná apresentou, nas últimas décadas, uma fase importante de desenvolvimento, principalmente em função do aumento da demanda no setor agrícola. Dos 26 municípios da RMC, nove possuem como principal fonte de renda e emprego as atividades relacionadas com a extração e comercialização de “calcário”. Avalia-se que atualmente cerca de 5.000 pessoas dependem direta ou indiretamente da pesquisa, exploração, extração, beneficiamento, transformação e venda deste bem mineral.

4.3.2 – Defasagem Tecnológica

Entende-se por defasagem tecnológica a diferença de fase entre dois fenômenos tecnológicos, pretérito e presente. Se ontem a tecnologia era considerada moderna para a época, hoje ela se acha desatualizada impossibilitando o crescimento do empreendimento.

É patente que o conhecimento tecnológico existente sobre as áreas de exploração de “calcário” na RMC situa-se em níveis insuficientes e disperso não configurando densidade para alavancar o crescimento, a diversificação e a modernização do setor. A indústria extrativa está defasada e isto pode ser observado, por exemplo, durante as visitas às pedreiras e beneficiadoras. O maquinário das pequenas empresas está desatualizado com relação a novos equipamentos facilitadores da exploração mineral. No próprio conhecimento exploratório, ainda são utilizadas técnicas empregadas nos anos 30. Nas mineradoras de médio porte já o panorama é um pouco melhor, mas ainda assim deficitário. Na figura 42 há um comparativo entre a imagem de fornos de cal verticais (onde não há um controle de temperatura), utilizados ainda hoje por todas beneficiadoras na RMC, e por um moderno forno horizontal atualmente usado por empresas de Minas Gerais que investem em uma tecnologia inovadora.

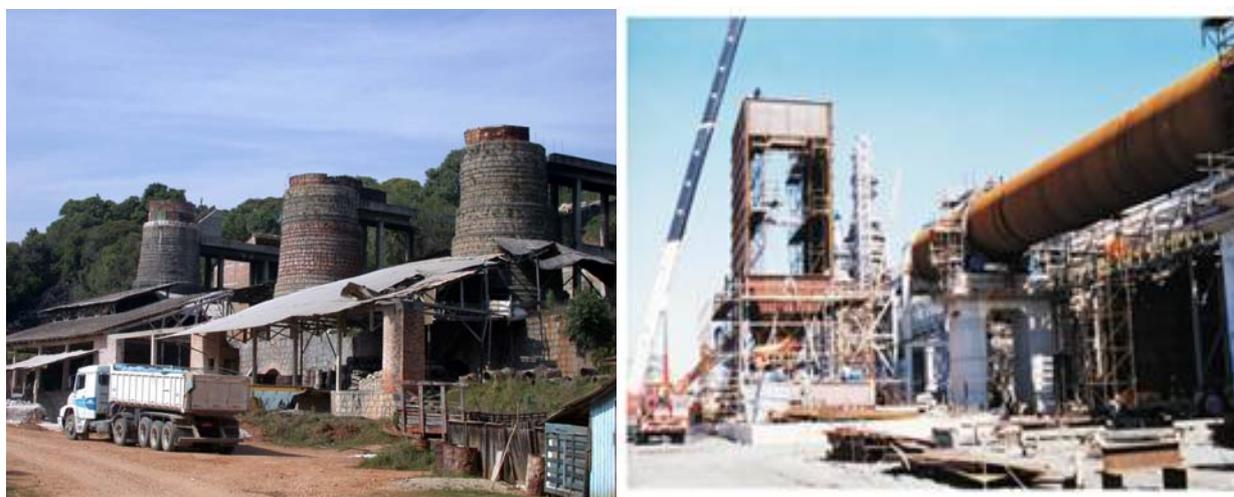


Figura 42 – Na fotografia esquerda temos um beneficiamento da cal na RMC com 3 fornos verticais onde se pode observar um veículo em condições favoráveis contrastando com as instalações ainda precárias. Já na foto da direita resalta-se um forno horizontal de cal representando uma tecnologia de ponta utilizada no Estado de Minas Gerais.

Pode-se evidenciar que estão ocorrendo por parte das empresas mais organizadas, iniciativas de intensificação do beneficiamento do bem mineral. Porém não se constitui um salto tecnológico, apenas são adicionadas etapas subseqüentes ao beneficiamento, através da adaptação de equipamentos já em uso.

A modernidade do setor de “calcário” da RMC vincula-se mais à idade do aparelhamento (equipamento mais antigo resulta em produtividade mais baixa) do que a diferença significativa quanto à agregação tecnológica de novos equipamentos. Isto pode ser observado na planilha previsional de despesas para 2003, de uma mineradora de médio porte (tabela 6) onde prevêm somente 1,83 % sobre as despesas para investimento em bens materiais, sendo que o faturamento anual previsto é de R\$ 9.360.000,00. A fonte dos dados foi omitida a pedido da empresa fornecedora.

Tabela 6 - Cálculo Previsional das despesas de uma mineradora média para o ano de 2003.

ENCARGOS	Previsão em (R\$)	Despesas (%)	% sobre lucro bruto
Total das despesas com impostos ²³	530.517,00	11,31	5,67
Total das Despesas Comerciais	311.800,00	6,65	3,33
Despesas com mão-de-obra	1.096.710,00	23,39	11,72
Despesa com Empreiteiros	240.000,00	5,12	2,56
Despesa com alimentação ²⁴ e Suprimentos	177.243,00	3,78	1,89
Serviço Social	24.680,00	0,53	0,26
Despesas Administrativas/Fazendas	185.190,00	3,95	1,98
Despesas com investimentos em bens materiais.	81.000,00	1,73	0,87
Programa Ambiental (despoeiramento)	250.000,00	5,33	2,67
Outros encargos aproximados ICM e INSS	1.792.260,00	38,22	19,15
TOTAL	4.689.400,00	100,00	50,10
Previsão otimista de faturamento para 2003 (lucro bruto) = R\$ 9.360.000,00			

Obs.: Não estão incluídas despesas com pró-labore e seguros (da empresa e dos funcionários), despesas com maquinários e manutenção de veículos (oficina e combustível) e eletricidade.

O desenvolvimento sócio-econômico de grande parte dos municípios da RMC, principalmente os municípios com baixo IDH, pode ser dirigido pela mineração no processamento de rochas calcárias, desde que baseado em processos tecnologicamente atualizados e adequados às especificidades dos minérios, permitindo, assim, a ampliação, agregação de valor e diversificação na produção a partir de uma política governamental estadual estabelecida. Para isso são necessárias políticas e ações que minimizem o conflito entre o preço da venda do minério e a modernização tecnológica. Por parte dos mineradores há uma defasagem no conhecimento do produto explorado, sua composição química e mineralógica, elevando os custos finais e desgaste de equipamentos, uma vez que não ocorre uma diferenciação prévia do bom ou do mau material.

Não há razões fortemente indutoras de modernização das empresas ofertantes de bens minerais. Afinal, a inovação tecnológica somente se justifica economicamente quando há necessidade de elevar a produtividade visando à elevação da produção corrente e o atendimento de uma demanda crescente, e/ou quando há necessidade de produzir minério de melhor qualidade para novos usos ou novos mercados.

4.3.3 – Concorrência Predatória

Como conseqüência do perfil do setor produtor e a defasagem tecnológica há uma tendência natural a uma concorrência predatória entre os produtores.

²³ INCRA, CEFEN s/ Vendas, PIS / COFINS, FUNRURAL, ALVARÁ, ICMS s/ Compras, ISS, IRPJ, IRRF – Terceiros, Imposto Sind. Patronal, I.P.M.F.

²⁴ Os desembolsos referentes a esta conta foram previstos com base no nº de funcionários e empreiteiros, considerando-se 365 dias úteis no ano. Estas despesas são assim divididas: Refeições -: Nº. de refeições / dia / pessoa =2 Custo Unitário da Refeição (US\$) =2,40
Lanche : Estima-se que apenas 18% do total de pessoas, tomam o lanche da tarde.
Percentual de consumo lanche =18% Custo Unitário da Refeição (US\$) = 0,34

Na ânsia de obter vendas de qualquer forma, para que possam ser saldados compromissos assumidos, as empresas acabam comercializando o minério *in natura* ou beneficiado por um preço reduzido. Isso desencadeia uma concorrência que prejudica o setor de um modo geral, que acaba ficando estagnado.

O sucesso de uma mineradora está diretamente ligado a sua administração, a conduta ética comercial e profissional e principalmente a participação no mercado, seja mantendo, aumentando ou na busca de novos nichos e oportunidades. Para se manter no negócio a concorrência predatória entre as empresas é cada vez maior. Mesmo tendo um produto de alta qualidade para cal e corretivo agrícola, não há meios, por exemplo, de competir com a indústria paulista, que detêm uma estrutura de custos menor, uma tecnologia bem mais avançada e, sobretudo, a capacidade de suportar preços mais baixos para os seus produtos.

Segundo Ruiz (1993) a concorrência em preços e a existência de uma grande quantidade de pequenos produtores que entram e saem do mercado constantemente são alguns dos fatores que permitem caracterizar esse mercado como competitivo. Na RMC as mineradoras, caracterizadas como médias e pequenas empresas, além de não inovarem em tecnologia (insistem na produção da cal virgem em favor da cal hidratada) encontram-se instaladas há anos e passam a se constituir bens das famílias, num processo hereditário e familiar, sem a cogitação de que a geração futura apresente vocação para o setor mineral. Este fato além de ser cultural embarga a competitividade positiva.

4.4 - MERCADO CONSUMIDOR

O Brasil incentiva a mineração por entender que esta atividade contribui para o desenvolvimento sócio-econômico. No entanto, a carga tributária sobre ela incidente ainda é elevada. Este fator age também como inibidor ao consumo.

As ações do governo, apesar de fomentar convênios, baixar as alíquotas (base de cálculo diferenciado), ainda não agem como fator impeditivo a mineração predatória, clandestina e nociva ao meio ambiente.

4.4.1 – Desafio do Mercado na Agricultura

A agricultura moderna deve ser voltada ao desenvolvimento sustentável, criando e mantendo a produtividade do solo a longo prazo. Os sistemas agrícolas, de uma maneira geral, empregados no Brasil, já começam a ser questionados, quando relacionados aos conceitos de sustentabilidade.

O uso, com tecnologia apropriada do “calcário”, protege o ambiente, incrementa a eficiência dos nutrientes e dos fertilizantes, melhora a efetividade de alguns herbicidas e aumenta a produtividade do cultivo. O excesso de acidez é um dos principais obstáculos para a obtenção de altos rendimentos e produtividade dos solos.

Um programa confiável de uso de “calcário” traz benefícios inestimáveis à agricultura, dentre os quais se destaca a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, a redução da toxicidade de alguns elementos minerais, a influência na disponibilidade de nutrientes para a planta e a eliminação de elementos nocivos que destroem as culturas.

Pesquisas agrícolas mostram que os solos paranaenses são em sua maioria muito ácidos e que a correção de sua acidez pela calagem é imprescindível para se obter uma colheita abundante. Em não sendo utilizada a calagem em alguns solos, os rendimentos de algumas culturas são tão baixos que o seu cultivo se torna economicamente inviáveis (Volkweiss *et al* 1995).

Em 2001, o preço médio do “calcário” agrícola no Brasil foi de aproximadamente US\$ 5,60/t, sem considerar o transporte. A Nova Zelândia (US\$10,78/t) e a Austrália (US\$11,5/t) ocupam os primeiros lugares no preço de venda conforme pode ser visualizado na figura 43.

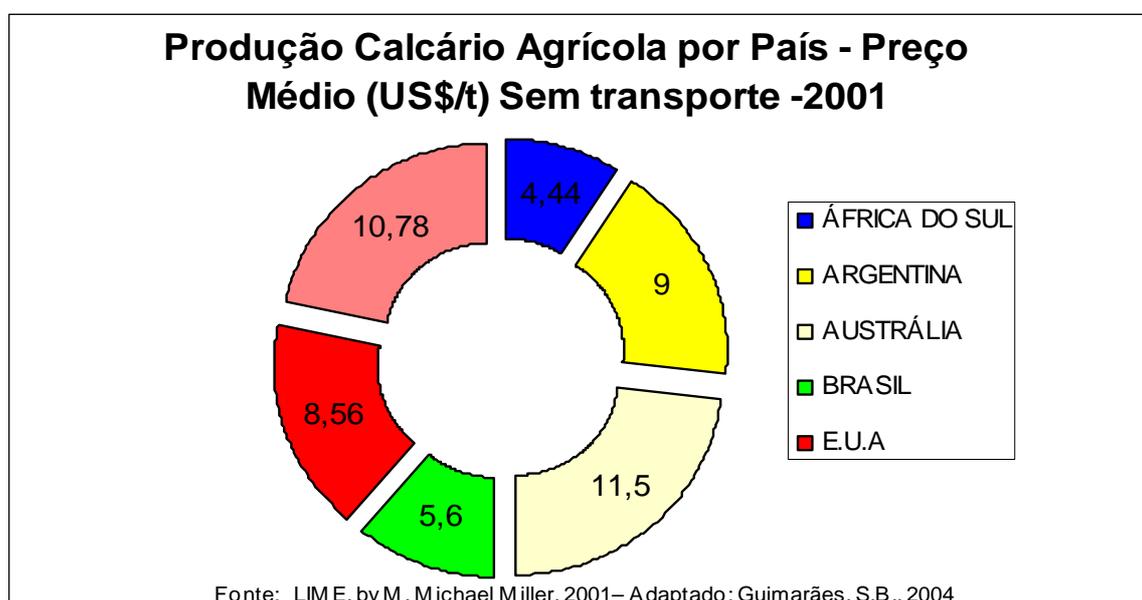


Figura 43 – Gráfico mostrando um comparativo do preço médio em US\$/t do “calcário” agrícola entre os **principais produtores mundiais**.

Avaliando-se o panorama mundial dos principais países produtores de “calcário” agrícola, o Brasil apesar de ser o que ocupa a liderança do mercado é um dos que mais baixo preço tem para a venda (figura 44) e o preço do seu transporte é o mais elevado.

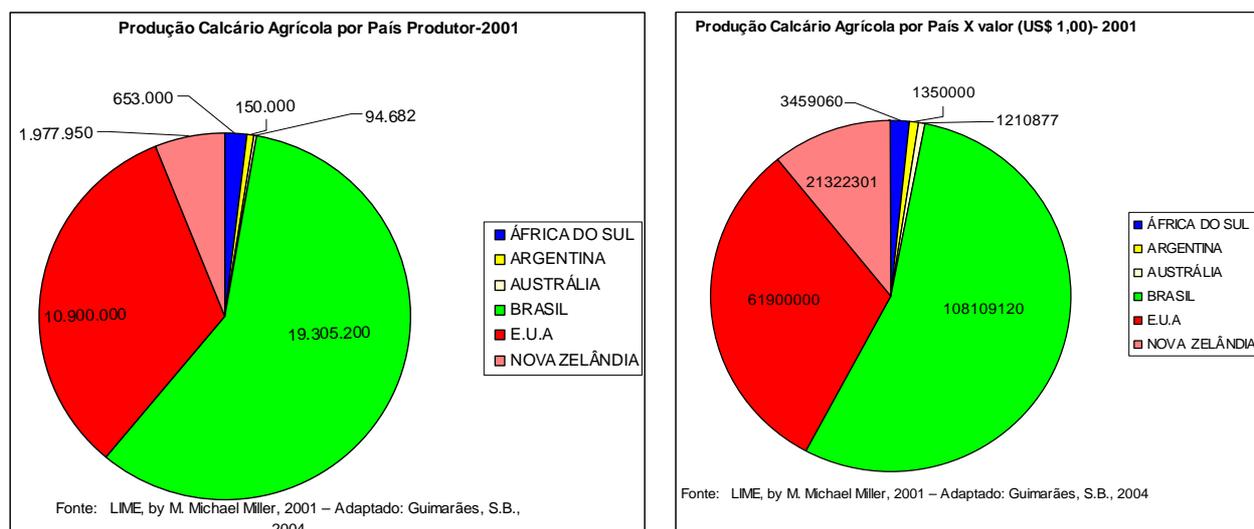


Figura 44 – Dois gráficos de 2001 mostrando: o da esquerda a produção do “calcário” agrícola por país produtor e o da direita – produção de “calcário” agrícola por país x valor arrecadado no ano.

Para a exportação, se for tomado por base o porto de *Rotterdam*, o custo total de transporte, por exemplo, dos Estados Unidos é de US\$ 28,00/t, da Argentina atinge US\$ 43,00/t, o do Brasil é de US\$ 68,00/t, diminuindo a renda do produtor brasileiro e reduzindo a competitividade do setor exportador brasileiro.

O valor do frete é determinado pela distância da região produtora do insumo e da possibilidade de uso de frete de retorno. A maior parte das moageiras não se encontra às margens das rodovias principais que servem de escoamento da produção de grãos na região, dificultando, portanto, o uso do frete de retorno para baratear os custos finais do “calcário”.

Não obstante costuma-se verificar problemas que afetam a industrialização e comercialização do “calcário”, impedindo a melhor difusão do produto entre os agricultores. Esse elenco de problemas pode ser representado principalmente pelos seguintes itens:

- (i) altos custos de produção, que se originam desde a fase de extração da matéria-prima (onde ainda se empregam geralmente processos rudimentares de trabalho), como também na fase de moagem;
- (ii) baixa aplicação de recursos técnicos e financeiros, notadamente no que se refere à estocagem dos produtos;
- (iii) inadequação dos prazos concedidos pelos créditos bancários para aquisição e comercialização de “calcário”;
- (iv) deficiência quanto à difusão no conhecimento da importância das práticas de correção;

4.4.2 – Desafio do Mercado na Construção Civil

Na produção mundial da cal²⁵ para construção civil o Brasil ocupa o sétimo lugar (figura 45) entre os países produtores.

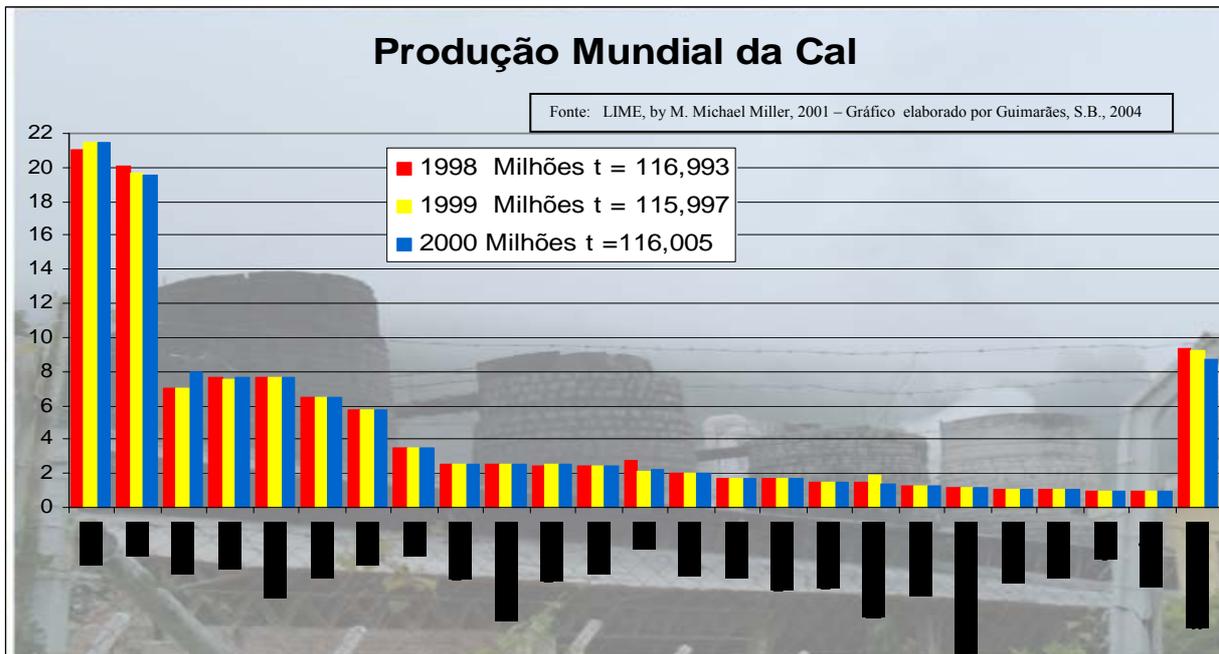


Figura 45 - Produção mundial de cal no final dos anos 90.

No entanto a cal manteve-se sempre com preços bem acima do mercado americano nos últimos anos da década de 90 (figura 46), principalmente tratando-se da cal hidratada (produzida na RMC somente por uma empresa cimenteira – a totalidade das empresas no contexto da Formação Capiru, só produz cal virgem).

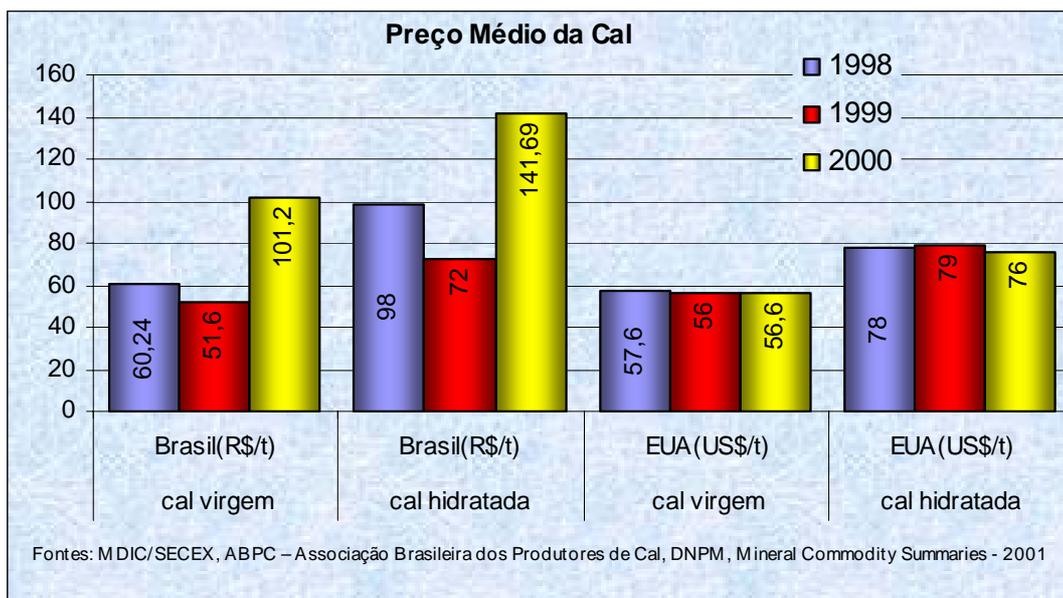


Figura 46 – Comparativo do preço médio de venda da cal entre o Brasil e Estados Unidos (três últimos anos da década de 90).

²⁵ Nessa aplicação o termo cal abrange muitos produtos, tais como: produtos químicos derivados da calcinação de calcários calcíticos e dolomíticos seguidos pela hidratação, quando necessária, isto é: no processo de calcinação a cal (CaO ou CaO.MgO) começa a se formar quando a temperatura de dissociação do calcário ocorre (de 402°C, para o carbonato de magnésio a 898°C para o carbonato de cálcio), Vagt (1997).

A conjugação de dois vetores de acumulação de vantagens competitivas, um relacionado à incorporação de novas técnicas e o outro derivado do recurso a novas formas de organização, explica a capacidade de crescimento diferencial das empresas de médio porte em relação as de pequeno porte produtoras de cal.

É sabido que as pequenas empresas têm, frente às empresas de maior porte, vantagens de maior flexibilidade operacional, mas corre risco de extinção ou incorporação. Nos últimos dez anos, houve uma revolução na organização empresarial das indústrias cimenteiras. A difusão da re-engenharia, a crescente terceirização das atividades não estratégicas e a concepção do modelo de firma em rede, podem ser visto como a maneira das grandes empresas incorporarem as empresas menores. Um estudo sobre tendências de futuro das grandes empresas, que usou o método Delphi - Czinkota *et al* (1997) destaca que “A indústria do cimento será fortemente afetada pelas transformações industriais”. Inovações tecnológicas vão precipitar uma avalanche de novos produtos, como o que já vem ocorrendo na RMC, onde a cal hidratada é produzida também por este segmento. Interações simultâneas com diferentes partes do mundo vão reforçar esforços de pesquisa e desenvolvimento. Uma transferência de conhecimento mais rápida vai permitir a concentração do *know-how* em produtos, divisão do trabalho crescente e proliferação de operações globais. “Mudanças na tecnologia da informação vão permitir produção e entrega mais rápida, levando a uma nova era da administração logística, que será instrumental em possibilitar as firmas serem as primeiras a chegar ao mercado e fortificar suas relações com consumidores.” - Czinkota *et al op cit* (1997). A diversificação para a produção de outros materiais de construção, complementares ao cimento, é uma das estratégias das grandes empresas mundiais.

Uma das vantagens neste tipo de diversificação está na capacitação tecnológica no segmento de materiais de construção que é semelhante à capacitação tecnológica necessária para a produção e distribuição de cimento em muitos aspectos, o que permite a transferência de tecnologia entre segmentos e maior amortização de custos e riscos. De fato, os produtos preferenciais para os quais essas empresas se diversificam são pedra britada, cal etc., onde as características técnicas da produção e distribuição são relativamente semelhantes. A semelhança é visível, por exemplo, nas fases de mineração das matérias-primas e transporte de matérias-primas, materiais auxiliares, semi-acabados e produtos finais. Boa parte do *know how* desenvolvido em um segmento de materiais de construção pode ser usado no outro, diminuindo o custo global da empresa, devido às semelhanças técnicas e de mercado. Os custos de vendas, por exemplo, são bem menores. Uma componente desta vantagem está no fato de que um mesmo vendedor poder oferecer diversos tipos de produtos, rateando o custo de vendas. Outro está na crescente importância da marca, qualidade do produto e dos sistemas de assistência técnica.

Mesmo em mercadorias tidas como homogêneas, como cimento, pedra britada, cal etc., as necessidades dos consumidores, em diversos segmentos do mercado, permitem estratégias de diferenciação do produto entre os ofertantes. Atualmente, dá-se maior importância ao cumprimento de prazos de entrega e ao emprego de sistemas de entrega coordenados (*just-in-time*), qualidade (uma estratégia de competição, em materiais de construção, é entregar o produto com especificações acima do nível mínimo). O conhecimento científico e tecnológico acumulado sobre o uso de materiais de construção é cada vez mais volumoso e especializado.

Na RMC os produtores da cal possuem um aspecto cultural interessante: desde a instalação da exploração de “calcário” para a cal, até os dias de hoje os médios e pequenos empresários só fabricam a cal virgem. O mercado quer a cal hidratada. A indústria cimenteira coloca no mercado a cal hidratada. Tem-se então um impasse: ou o médio e pequeno empresário avançam e investem em tecnologia e pesquisa, ou serão absorvidos pelas grandes empresas cimenteiras.

4.4.3 – Desafio do Mercado para outros Insumos

O maior volume da produção de rochas “calcárias” na RMC é destinado principalmente para a indústria cimenteira seguido para produção de corretivo agrícola, cal e outros usos como indústria química, cerâmica, rações, tintas, vidros, etc. (fig. 47).

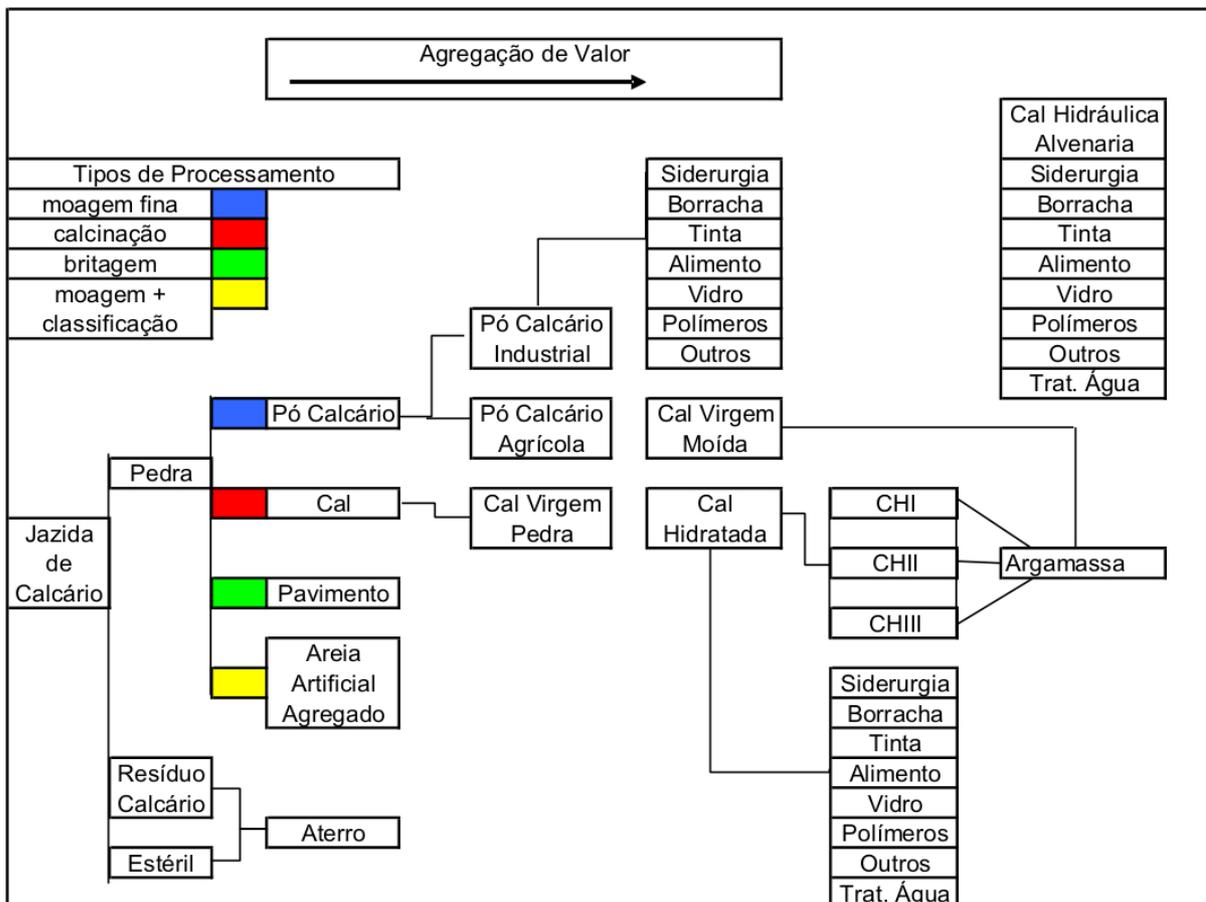


Figura 47 – Gráfico sintetizando as diversas aplicações e tipos de processamento do “calcário”.

Ora, se o “calcário” para corretivo de solo necessita teores de óxidos de cálcio e magnésio no mínimo de 38%, há alternativas para a aplicabilidade em outros insumos.

As múltiplas aplicações das rochas são direcionadas pelas suas características físicas e químicas, tornando assim fundamental a definição das propriedades da rocha para determinar seu potencial de uso nos diferentes segmentos industriais.

A seguir são apresentadas algumas das principais especificações físico-químicas, para diferentes setores da indústria de transformação que utilizam as rochas calcárias dolomíticas em seu processo de produção, com exceção de solo, analisados em itens específicos.

Os pavimentos rígidos ou pavimentos de concreto constituído por rochas “calcárias” alinham-se entre os tipos denominados “nobres”, por sua extraordinária durabilidade e desempenho estrutural. Constituem a tecnologia reconhecidamente mais adequada às vias rodoviárias e urbanas de tráfego intenso e pesado e a certas situações críticas de carregamento e de ambiência, como aeroportos, áreas portuárias, postos de pesagem de veículos, praças de pedágio, frigoríficos e determinados pisos industriais sujeitos à solicitação de veículos especiais, cuja configuração de eixos de rodas foge aos padrões usuais. Feitos de concreto, oriundo de agregados de “calcário”, os pavimentos rígidos têm uma vida útil superior a 20 anos e requerem pouca manutenção. Possuem excelente desempenho estrutural, resistem melhor à abrasão, são menos permeáveis que os pavimentos comuns, não sofrem com os efeitos dos óleos e combustíveis e não se deformam com o calor. Por terem uma coloração mais clara, refletem melhor à luz, aumentando a visibilidade e reduzindo os custos de iluminação. Além disso, apresentam-se como uma solução de menor impacto ambiental, pois se constituem de camadas delgadas e utiliza o cimento portland como aglomerante, o que significa menor consumo energético total.

Agregados de rochas “calcárias” são amplamente utilizados em várias regiões do mundo, principalmente nos setores da construção civil e pavimentação. Muitas vezes a inexistência de outros materiais convencionais, a exemplo de granitos e basaltos, impõe a necessidade do uso sistemático das rochas “calcárias” com o conseqüente desenvolvimento de estudos do comportamento e desempenho destes materiais nos diversos setores da construção e infraestrutura viária. Estudos realizados pela Secretaria de Indústria e Comércio (Junqueira, 1995) para a caracterização dos “calcários” do Distrito Federal, mostram que para a pavimentação, os tipos dolomíticos têm características de resistência melhores que os tipos calcíticos, em função dos baixos teores de cálcio e altos teores de magnésio – $MgO > 12\%$. No aspecto expansibilidade e porosidade os resultados foram igualmente satisfatórios, onde os índices de porosidade apresentaram valores muito baixos, dificultando os processos de alteração das rochas. Os índices

de expansão não apresentaram resultados críticos e, havendo boa impermeabilização da pista, eliminam-se problemas relacionados a esta propriedade (dados em anexo).

O uso intensivo de agregados de rochas calcárias em pavimentos rodoviários no estado do Paraná verifica-se principalmente no município de Colombo.

Foram efetuadas análises preliminares em três amostras de agregados de rochas calcárias provenientes de Almirante Tamandaré (duas amostras de “calcário” dolomítico) e Rio Branco do Sul pelo DER - Departamento de Estradas e Rodagem, para determinação de durabilidade, resistência ao desgaste (abrasão LOS ANGELES) e adesividade, em pavimentos de concreto asfáltico. Além destes, o DER realizou ensaios para determinação de massa específica, massa específica aparente, absorção de água e porosidade aparente comprovando a grande eficiência no comportamento do material para uso como agregado.

Outra aplicabilidade rendosa, porém necessitando de um alto investimento inicial, seria um fomento na extração de dolomita mármores para revestimento na construção civil. Há boas áreas com lavras já iniciadas, estas atualmente encontram-se paralisadas por falta de investimento no setor de rochas ornamentais. Como apenas uma empresa, em todo o Estado extraindo estes mármores o Paraná já figura como o terceiro maior exportador nacional deste bem mineral.

No Paraná, os preços dos materiais rochosos para uso como revestimento têm sido estabelecidos tomando-se como referência a distância para o centro consumidor associado com o nível de aceitação do material. No mercado interno, o reajuste desses preços era feito com base nas mudanças de custos de lavra, transporte e beneficemente impostas pela inflação. Entretanto, para o mercado externo essa atualização baseava-se, unicamente, na variação cambial, haja visto que o mercado internacional não permite oscilações no preço de cada tipo de rocha. Destaca-se que o preço também está relacionado às características do material, determinadas por sua utilização.

Assim, uma chapa de mármore para revestimento com espessura de 3,0 cm tem um preço maior do que aquela com 2,0 cm, sendo que neste caso a diferença no preço está associada à quantidade maior de rocha contida na chapa. Da mesma forma, materiais utilizados em arte funerária apresentam preço diferenciado em relação a outros campos de aplicação, quando trata-se do mesmo material.

Faz-se necessário, ainda, explicitar que o mercado internacional mostra perfis específicos de consumidores, para os quais certos materiais entram temporariamente “na moda”. Isto ocorre mesmo em países tradicionalmente consumidores e exportadores de rochas, verificando-se um aumento momentâneo nas vendas daquele tipo de material, com uma súbita queda, num segundo instante, nos seus níveis de comercialização. É importante frisar que o mercado globalizado

atuou como responsável pela redução dos preços dos materiais, especialmente pela atuação de países como China e Índia, a partir de 1990. Por outro lado, essa queda nos preços favoreceu ao aumento do consumo, tendo o setor alcançado uma parcela maior da população e um maior consumo físico de rochas

4.5 – PARÂMETROS ECONÔMICOS POSITIVOS

A mineração e a comercialização das rochas calcárias na RMC – Formação Capiru apresentou, nas últimas décadas, uma fase importante de desenvolvimento e crescimento, principalmente em função do aumento da demanda do setor produtivo agrícola. Dentre os municípios que compõem a RMC, 10% deles possuem como principal fonte de renda e geração de emprego a mineração, com atividades relacionadas à extração, beneficiamento, transporte e comercialização de rochas calcárias. O próprio comércio local vem a se beneficiar com este tipo de empreendimento. A economia dos municípios de Almirante Tamandaré, Colombo, Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul e Campo Largo gira em torno deste bem mineral.

No cenário nacional o Paraná figura como o terceiro estado onde se encontram as maiores reservas de “calcário” (tabela 7).

Tabela 7 – Reservas de “calcário” no Brasil ano de 2000.

ESTADO	RESERVAS – Em 1.000t		
	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA
1 – Mato Grosso do Sul	14.697.880	8.057.869	7.752.012
2 – Minas Gerais	8.382.769	4.480.626	3.345.360
3 – Paraná	3.674.976	780.679	542.612
4 – São Paulo	2.931.018	1.838.624	522.503
5 – Ceará	2.359.768	1.606.253	1.478.305
6 – Rio Grande do Norte	2.323.653	1.915.133	1.341.936
7 – Rio de Janeiro	2.184.757	689.903	234.158
8 – Bahia	1.793.093	964.875	790.608
9 – Mato Grosso	1.405.502	2.253.191	1.098.458
10 – Goiás	1.257.446	1.836.011	375.084
11 – Paraíba	856.318	400.582	655.247
12 – Espírito Santo	665.856	46.945	100.526
13 – Sergipe	614.275	272.735	174.321
14 – Pará	596.848	326.026	219.921
15 – Maranhão	402.945	18.558	800
16 – Pernambuco	240.186	161.069	128.054
17 – Rondônia	219.880	-	-
18 – Santa Catarina	202.561	85.569	4.154
19 – Distrito Federal	154.076	26.915	36.715
20 – Rio Grande do Sul	153.475	107.382	63.879
21 – Tocantins	121.037	35.217	42.341
22 – Piauí	92.209	77.592	-
23 – Amazonas	80.791	105.432	44.000
24 – Alagoas	48.440	-	-
T O T A L	45.338.722	26.151.969	18.908.653

Fonte: Anuário Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2001

A empresa responsável pela extração, beneficiamento e comercialização do dolomita mármore da Região do Tigre (mármore “Branco Paraná”), como rocha para revestimento na construção civil recebe lugar de destaque como terceira maior exportadora nacional de mármore (Adam, 2005).

4.6 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

Como reflexo da sua condição de principal pólo econômico do estado, com maiores perspectivas de oportunidades econômicas e de geração de empregos, a RMC possui a maior concentração populacional do Paraná, apresentando taxas de crescimento geométrico anual maiores que as do próprio Estado (entre 1990 e 2001 de 3,91% e 1,90% respectivamente para a RMC e para o Estado). Esse crescimento fez-se notar principalmente nos eixos Almirante Tamandaré onde o tecido urbano extrapola os limites da capital em direção aos municípios, com a perda, por parte destes, das singularidades próprias, e o início de sérios problemas urbanos (Busarello, 1997). A ocupação da periferia urbana com a disponibilização de serviços públicos básicos passou a ser um problema de caráter supra-municipal. Somando-se a isto, a maciça propaganda sobre a qualidade de vida na capital paranaense fez com que houvesse maior afluxo de populações carentes e levadas migratórias para a região, acarretando a ocupação de terrenos impróprios (figura 48) e criando pressão ocupacional sobre áreas de proteção ambiental e vocação mineral. Atualmente, apenas 25% da população da RMC possuem rede de esgoto e no máximo 40% da população tem coleta e tratamento do lixo (IPARDES, 2003).

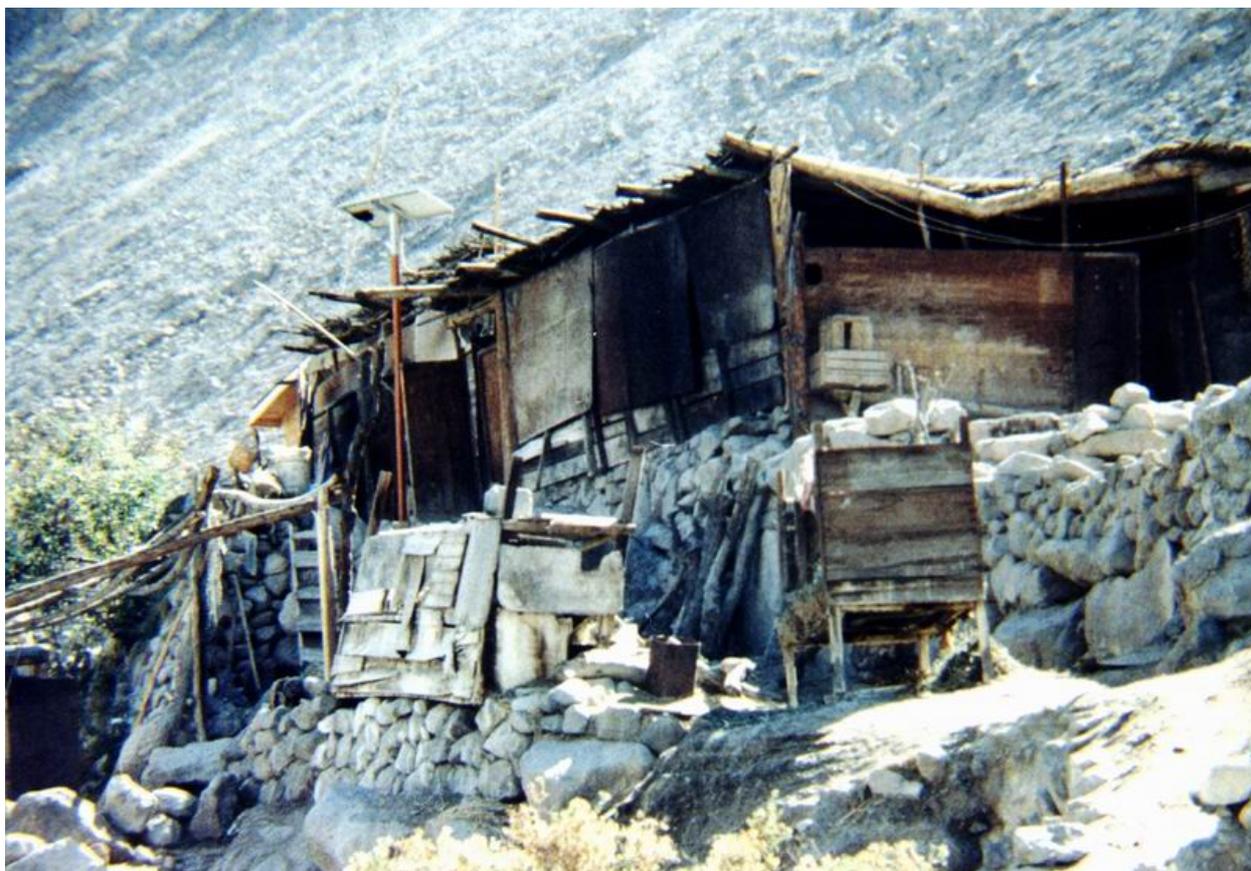


Figura 48 – Fotografia mostrando o problema da invasão rural em busca de novas expectativas de trabalho junto a uma área de mineração. (Capiru dos Dias – Almirante Tamandaré-PR)

A ocupação urbana em áreas de rochas calcárias se dá, invariavelmente, em função da principal atividade econômica inerente ao contexto geológico: a mineração. Esta torna-se assim uma das principais atividades econômicas desenvolvidas nestas regiões, visando atender as demandas de mercado. Feita de maneira intensiva, a mineração sempre convive muito de perto com núcleos urbanos e/ou industriais, onde se processa a transformação do recurso mineral em insumo básico para os setores industriais. Muitas minerações, inicialmente localizadas a distâncias relativamente grandes em relação aos núcleos urbanos, mesmo quando desativadas, são alcançadas pela ocupação urbana acelerada, trazendo uma série de problemas e inconvenientes às populações instaladas nas proximidades.

Nos limites da área mapeada assentam-se três núcleos urbanos, representados pelas sedes dos municípios de Rio Branco do Sul e Itaperussu e pelo Distrito de Tranqueira, pertencente ao município de Almirante Tamandaré. Todos os três estão circundados pela mineração, que se constitui na principal atividade geradora de empregos na região.

Atualmente, devido ao crescimento acelerado da população e a ocupação desordenada, crescem os conflitos relacionados à urbanização/atividades minerais. Muitas áreas próximas a frentes de lavra e pedreiras desativadas tem sido alvo de ocupações irregulares e mesmo em alguns casos tem destinação voltada a loteamentos, via de regra aprovados sem levar em conta as

características do meio físico ou restrições impostas pelas atividades antrópicas. Por outro lado, áreas destinadas à mineração são alcançadas pela urbanização, potencializando as situações de riscos geológicos citadas no capítulo III. Neste contexto ressalta a falta de planejamento urbano e a ausência de planos diretores de mineração, o que propicia uma ocupação caótica dos terrenos, tornando cada vez mais difícil a implantação de medidas preventivas para garantia da atividade econômica vinculada a mineração, a proteção do meio ambiente e do bem estar da população.

5 – O “CALCÁRIO” NA RMC COMO MINÉRIO

5.1 PARÂMETROS GEOLÓGICOS

5.1.1 – Litogeoquímicos e mineralógicos

No total foram analisados 716 resultados geoquímicos, 205 análises petrográficas de rochas com localização geográfica conhecida, correspondendo a uma abrangência bem representativa do Distrito Mineiro Capiru. Cabe aqui salientar que não foram utilizados dados analíticos físicos (ensaios tecnológicos). Isto chegou a interferir de certa maneira na caracterização da aplicabilidade dos litotipos identificados, uma vez que, para certos usos de rochas calcárias dolomíticas, os ensaios físicos são os que servem como padrão (finura - peneiras nº 30 / 200 mesh, plasticidade, retenção de água, incorporação de areia, estabilidade, etc.).

Em termos de resultados, devem-se considerar os seguintes aspectos:

- i. Foram caracterizados macroscopicamente seis litotipos denominados comercialmente como “calcários” considerados básicos no processo de amostragem, quais sejam:
 - a. . metacalcário dolomítico branco, maciço;
 - b. . metacalcário dolomítico cinza a cinza azulado, maciço;
 - c. . metacalcário dolomítico bandado/fitado/rítmico;
 - d. mármore maciço homogêneo branco, rosa e azulado;
 - e. biotita rodocrosita mármore com estrutura gnáissica, e
 - f. meta-margas indiferenciadas
- ii. Nos “calcários” bandados (estrutura primária - plano paralela), a amostragem foi efetuada tanto nas bandas claras como nas escuras, ou eventualmente englobando os dois fácies na mesma amostra;
- iii. de modo geral as análises químicas revelaram grande regularidade e homogeneidade na composição química dos “calcários” do Distrito Capiru, conforme já constatado em trabalhos anteriores abordados nos capítulos precedentes;
- iv. de acordo com os resultados obtidos o teor médio de CaO (óxido de cálcio) é da ordem de 29,73% e o teor médio de MgO (óxido de magnésio) ao redor de 21,63%. A correlação entre RI (resíduos insolúveis), e PF (perda ao fogo), mostrou-se bastante consistente. Com destaque à relação inversa dos teores de CaO e MgO em relação aos teores dos resíduos insolúveis. Estes últimos estão relacionados à presença de quartzo

(SiO₂) que apresentaram teores de resíduos insolúveis superiores à 10%, valor este considerado limite para o uso de rochas calcárias para a produção de cal hidratada, segundo o Programa da Qualidade da Cal Hidratada para a Construção Civil. Nestas amostras os valores de CaO e MgO se mostram abaixo da média geral.

Cabe ressaltar que na escala do presente trabalho (1:100.000), não é possível individualizar no mapa geológico (anexo 1) os referidos litotipos, sendo possível porém caracterizá-los nas pedreiras e frentes de lavra, quando então podem ocorrer próximos.

Pelas características litogeoquímicas pode-se sugerir aplicabilidades do “calcário” analisado na RMC para três fins principais:

- i. Os litotipos “a” e “b” são excelentes para uso como corretivo agrícola por apresentarem teores superiores a 38% de CaO e MgO. Cabe aqui salientar que cautelas devem ser tomadas com aqueles litotipos próximos a zonas de falhamento, uma vez que nas proximidades destas o teor de sílica é mais alto incorrendo na inviabilização do uso, por acarretar desgaste dos equipamentos na ocasião do beneficiamento. Também apresentam indicação para o beneficiamento da cal, desde que igualmente o teor de resíduos insolúveis não ultrapasse os 10%, valor este considerado limite para o uso de rochas calcárias para a produção de cal hidratada²⁶ e da cal virgem, segundo o Programa da Qualidade da Cal Hidratada para a Construção Civil (selo APPC – Associação Paranaense dos Produtores da Cal). Também rações com a função fonte de cálcio e magnésio, empregado principalmente em rações para bovinos e animais de laboratório e empregado como carga na fabricação de tintas e vernizes. Na indústria farmacêutica esta rocha pode ser empregada como veículo e principalmente fonte de magnésio e na indústria cerâmica o “calcário” é matéria prima fundamental na produção de revestimento poroso por mono-queima. Seu percentual na composição da massa cerâmica, bem como sua granulometria, influencia diretamente nas características do produto acabado. A caracterização tecnológica do “calcário” é de suma importância para o desenvolvimento da indústria fina e requer estudos bastante detalhados sobre a granulometria e o quimismo do minério.
- ii. As rochas do tipo “c” e “f”, embora apresentem química favorável à utilização do “calcário” como corretivo para agricultura, mostram-se pouco aproveitável para este fim, pois apresenta um alto índice de insolúveis. Desta forma, a aplicação mais ponderada deste litotipo seria na transformação para agregados e futura utilização em pavimentação rígida ou de concreto hidráulico onde se procura rochas com baixos teores de cálcio e

²⁶ É importante destacar que a cal hidratada pode ser classificada em três tipos: CH I, CH II e CH III. Todos os tipos têm que ser submetidos aos mesmos ensaios, mas as exigências de resultados melhores para a cal CH I são maiores do que para a CH II, que exigem mais do que para a CH III. Isto significa que se o consumidor quiser uma cal mais “pura” ele deve adquirir uma CH I, já que para ser definida desta maneira, seus resultados obedecem a limites acima dos exigidos para a CH III. O tipo CH II seria o meio termo.

altos teores de magnésio $MgO > 12\%$. Não se recomenda no uso em revestimento betuminoso de rodovias, por ser polível no transcurso das solicitações de tráfego (Frazão, 2002). Recomendam-se aqui os ensaios tecnológicos de porosidade, abrasão e expansibilidade. Os demais elementos analisados (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , MnO , P_2O_5 e TiO_2) em algumas amostras provenientes do Projeto Calcário (Mineropar, 2001), mostraram valores pouco expressivos e relação direta de proporcionalidade entre os elementos químicos, havendo a necessidade de estudos complementares para indicação de usos industriais dentro das especificações exigidas. Elementos como Cr_2O_3 , V_2O_5 , NiO e Na_2O , apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método analítico ($< 0,01\%$) e $As (< 1ppm)$, à exceção da amostra CD - 28 com valores de 6 ppm de As . Em termos de chumbo (Pb), merece destaque a amostra CD - 28, que apresentou teores da ordem de 1.267 ppm, o que pode eventualmente inviabilizar o “calcário” para certos usos industriais, à exemplo do uso em rações. Outras amostras apresentaram valores acima de 20 ppm de Pb , igualmente nocivas para este fim (CD - 09C, CD - 18, CD - 20 CD - 22, CD - 27e CD - 58). Não foram analisadas as rochas caracterizadas como meta-margas. As amostras analisadas referentes aos metacalcários dolomíticos branco, cinza/cinza azulado e bandados mostraram, de modo geral, grande homogeneidade na composição mineralógica tendo os carbonatos como constituintes principais, com predomínio absoluto de dolomita sobre a siderita e a calcita, variedade de mineral carbonático rico em ferro (Fe). O quartzo constitui-se em mineral secundário na grande maioria das amostras, com exceção da CD - 32, onde passa a ser o mineral predominante. Como constituintes menores, denominados "traço", aparecem a hornblenda, muscovita, tremolita/talco (?), biotita e pirita.

- iii. Estudando-se a mineralogia²⁷, os litotipos “d” caracterizados por uma estrutura maciça e textura granoblástica a porfiroblástica, com a ausência de estruturas singenéticas, de coloração uniforme branca, azul-claro e rosa-claro logo se percebe uma provável aplicação para rochas de revestimento polidas para construção civil. Salienta-se aqui uma probabilidade, porque os aspectos tectono-estruturais encontram-se intimamente ligados a exploração destes litotipos, uma vez que a lavra fica inviabilizada se ocorrerem espaçamento entre fraturas, inferior a 2m, o que não permite a exploração da rocha em chapas. Neste caso o material poderia ser aproveitado para revestimento de pisos e também com calçamentos (*petit pavê*).

²⁷ As principais características que foram atentamente observadas na mineralogia do material rochoso de interesse na construção civil foram: (i) O estado de alteração (influi na sua durabilidade e nas propriedades físicas e mecânicas); (ii) a presença de minerais deletérios ou nocivos que possam provocar reações com as substâncias presentes no cimento Portland (quando a rocha é utilizada para agregado para concreto) e apresentar alterações por reações com substâncias na atmosfera e de uso doméstico (quando a rocha é usada para revestimento), e (iii) propriedades físico-químicas dependentes da composição mineralógica que interagem com propriedades de ligantes betuminosos, quando a rocha é usada como agregado em pavimentação.

Já a mineralogia do tipo biotita rodocrosita mármore com estrutura de bandamento, que confere a rocha cores distintas de preto e rocha em bandas não uniformes (centimétricas) poderia ter excelente aplicabilidade como rocha de revestimento rústico de paredes e pisos. O fator ornamental estaria evidenciado pela exploração em “lascas”.

De modo geral as amostras analisadas mostram estado microfissural incipiente a moderado, com presença de fraturas milimétricas e submilimétricas preenchidas por carbonatos ou quartzo. Este grau de fraturamento incipiente pode favorecer um possível aproveitamento das rochas calcárias como agregados. Esta situação só poderá ser confirmada com a realização de ensaios tecnológicos específicos envolvendo volumes maiores de material.

Na aplicação dos “calcários” dolomíticos na concretagem é importante estar atento à reação álcali-carbonato. Ocorre quando cimentos de alto teor em álcalis entram em contato com agregados de rochas calcárias contendo dolomita. À medida que o teor de dolomita cresce, as reações expansivas aumentam, e quando calcita e dolomita encontram-se em proporções iguais, as reações conduzem às maiores expansões (Frazão, 2002). Parece que “calcários” com teores de dolomita entre 40 e 60 % são os mais perigosos

5.1.2 – Tectono-estruturais

As informações tectono-estruturais são extremamente necessárias antes de se iniciar os empreendimentos para exploração principalmente junto a zonas de cisalhamentos e cavalgamentos. Próximo a estas estruturas características litogeoquímicas e mineralógicas serão afetados, pois a tectônica deformadora imposta à rocha é responsável pela desidratação e descarbonatação. O metamorfismo dos “calcários” dolomíticos é um processo de descarbonatação, mas a situação é complicada pela presença de água. As reações inicialmente envolvem hidratação e descarbonatação e, posteriormente, conforme as fases hidratadas são eliminadas, com o aumento da temperatura, desidratação e descarbonatação (Turner, 1981). Nas amostras das regiões, localizadas próximo à falhamentos, a presença de dolomita junto ao quartzo, indica um enriquecimento em quartzo original, onde a alta sílica disponível não foi parcialmente consumida nas reações iniciais de descarbonatação (formação de tremolita).

O plano de deformação S_n está presente somente nos afloramentos da Formação Capiru onde o metamorfismo foi mais intenso e a tectônica deformadora atuante. Nos meta-dolomitos a estrutura reliquiar sedimentar (S_0) é mais facilmente recuperável observando-se tanto estruturas singenéticas químicas, fisico-químicas, físicas, quanto biogênicas.

As áreas preferenciais de “calcário” para a utilização como rochas de revestimento na construção civil, e que sejam passíveis de polimento estão onde se observam os dolomita

mármore. Este fato ocorre em núcleo junto à falha de cavalgamento Queimadinho na porção noroeste da Formação Capiru próximo ao limite que esta formação faz com o Complexo Setuva (Adam, 2005). Neste núcleo somente o S_1 é evidente e o litotipo ali presente é decorrente de uma tectônica de *nappes*. Outra localidade semelhante é a Região de Capiru dos Dias e Campina dos Pintos, onde dolomita mármore se posicionam junto à Zona de Cisalhamento Setuva, (esta zona é uma continuidade na Zona de Cisalhamento Queimadinho).

Em certos litotipos um dos fatores impeditivos para a exploração e utilização ornamental caracterizados como dolomita mármore é o fato de que, para se tornar viável a exploração o espaçamento entre fraturas deverá ser maior que 180 cm e mostrar-se homogêneo.

Nos litotipos meta-dolomitos, que apresentam estruturas singenéticas biogênicas e onde o espaçamento de fraturas seja superior a 180 cm (como é o caso dos meta-dolomitos da Região de Morro Grande) poder-se-ia vislumbrar uma tentativa de extração para uso ornamental com polimento e comercializado como “rocha exótica”.

5.1.3 – Favorabilidade de áreas para mineração

O Distrito Mineiro Capiru tem nas regiões de Morro Azul e Morro Grande os mais importantes pólos de mineração de rochas calcárias para a produção de cal e corretivo de solo no Estado do Paraná. As rochas metacarbonáticas destes dois pólos constituem a matéria-prima dessa indústria e têm como principal característica a grande constância e homogeneidade na composição química dos seus “calcários”, fato comprovado pelos inúmeros ensaios e análises químicas existentes.

Se por um lado a qualidade das rochas calcárias do Distrito tem propiciado o desenvolvimento das atividades de mineração na região, muitas vezes isentando os empreendedores de investimentos na fase de prospecção e pesquisa mineral, por outro não permite que se utilize unicamente o critério geológico para viabilizar economicamente a implantação de empreendimentos. É necessário se levar em conta outras variáveis determinantes como as sócio econômicas e ambientais. Além do que na avaliação geológica são necessários estudos aprofundados da mineralogia, da litogeoquímica, tecto-estruturais e ensaios tecnológicos, isto porque a Formação Capiru do Grupo Açungui sofreu importantes fases de deformação durante o Ciclo Brasileiro dando características pontuais distintas aos litotipos examinados.

5.1.4 – Aspectos Geomorfológicos

Através da análise dos dados gerados e correlação espacial feita através da visualização por sobreposição (de mapas de *landforms* e mapa geológico, nota-se claramente a influência do arcabouço geológico sobre a paisagem).

A segmentação relativa aos sistemas de terreno, como visto no capítulo 2 balizou o Sistema 1 como referente à bacia dos rios Açungui e Ribeira e o Sistema 2 enquadrando a bacia hidrográfica do Iguaçu. Descendo um nível hierárquico abaixo, a segmentação em unidades de terreno apresentou-se análoga à maior divisão geológica encontrada na bacia dos rios Açungui e Ribeira. Esta condiz com a diferença litotípica representada nesta unidade por filitos mais e menos arenosos, nas porções oeste e leste da área respectivamente e balizada pelas falhas do STL. Para a divisão dos elementos de superfície, dentro de cada unidade de terreno, a maior influência geológica notada foi a das grandes estruturas tectônicas. Nas duas unidades percebem-se elementos de terreno semelhantes, tais como fundos de vales alongados e cristas alongadas e estreitas. Estas feições apresentam relação direta com intrusões básicas Mesozóicas (NW) e falhamentos presentes na área (NE).

Dentro, ainda, do aspecto da segmentação da área em *landforms*, há uma discussão quanto à aplicação da nomenclatura. Aventou-se a possibilidade de aplicar aos sistemas o termo unidades, visto que na definição conceitual de sistemas, apesar do resultado muitas vezes indicar substratos rochosos diferentes, este aspecto não é uma premissa para sua caracterização. Seria então, conceitualmente correto agrupar os dois sistemas em um só, pois a caracterização de sistemas não é necessariamente vinculada ao litotipo subjacente, mas sim a critérios morfológicos seletivos.

As informações do meio físico são úteis para o planejamento e caracterização dos lugares apropriados para a lavra. Se no Sistema 1 (bacia hidrográfica do Iguaçu) a declividade é pouco acentuada, isto desfavorece a mineração. Já no Sistema 2 onde há altos topográficos e um relevo entalhado e enérgico. Nele a hidrografia dissecou os litotipos filíticos e quartzíticos, inclusive pela proximidade do rio Ribeira ao Oceano Atlântico, facilitando a lavra, principalmente no que concerne a exposição dos “calcários” no vales.

5.2 – PARÂMETROS AMBIENTAIS

Apesar de toda a importância que tem este segmento da indústria mineral para o desenvolvimento do Estado do Paraná, do ponto de vista geológico, conhecem-se pouco sobre as áreas preferenciais de ocorrência das feições cársticas, principalmente de cavernas, poljes,

sumidouros, grutas e dolinas. Verifica-se a ocorrência dessas feições em determinadas superfícies do relevo (*landforms*), em cotas de aproximadamente 900 m na região do divisor de águas entre as bacias dos rios Ribeira e Iguaçu, e de 500 m mais para o interior do vale do rio Ribeira.

A ação antrópica e vetorização urbana, avançando em áreas com vocação mineral, além de aumentar os riscos da deflagração de acidentes geológicos em áreas de carste (abatimentos de terreno) e falta de preservação do patrimônio espeleológico, também contribuem para a poluição de aquíferos. No Sistema 2 (bacia Iguaçu) este impasse é bem marcante, pois além de ser uma região com índice demográfico grande, é onde estão localizadas as fontes e os aquíferos que abastecem a RMC.

O que mais dificulta a lavra justamente são as feições cársticas, principalmente as grutas e cavernas, que ao serem observadas inviabilizam o progresso da exploração. No Sistema Geomorfológico 1 são necessários métodos geofísicos capazes de anteciparem uma previsão de onde ocorrerão estas feições, porém são muito dispendiosos. O estudo geológico pode mostrar as zonas de entrada do sistema cárstico com a aerofointerpretação delimitando áreas onde se observam as dolinas e os poljes (figura 49).

5.3 – PARÂMETROS SÓCIO-ECONÔMICOS

A Formação Capiru constitui área de intensa atividade mineira, sendo alvo de inúmeros processos minerários protocolados junto ao DNPM, incluindo regimes de licenciamento ou autorização/concessão de lavra para o aproveitamento das rochas calcárias para cal e corretivo de solo, conforme a legislação mineral vigente. De acordo com as resoluções do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), regidas pela Lei nº 6.567 de 24 de setembro de 1978, fica determinado que o aproveitamento das rochas calcárias na construção civil ou no emprego como corretivo de solos na agricultura, pode ser feito pelo Regime de Licenciamento ou Autorização/Concessão, adstrito à área máxima de cinquenta (50) hectares, por área solicitada. No caso do Licenciamento, o proprietário do solo tem preferência praticamente exclusiva para o seu aproveitamento. Além dele, somente pessoas ou empresas por ele expressamente autorizadas podem efetuar esse aproveitamento, ou seja, existe mais este encargo a ser pago ao superficiário, quando a empresa não detém a propriedade da área.

A mineração está sufocada por falta de investimento no setor. Seu lucro produtivo é muito baixo e a tecnologia deixa de ser alvo de empreendimento incorrendo num desestímulo ao aumento da produção.

A tendência é a sobrevivência de empresas mais estruturadas e com maior escala de produção. Embora nem sempre a maior empresa sobreviva e sim aquelas que são mais organizadas, com melhor gestão, menores custos, atuante no mercado e com boa produtividade. Uma alternativa para melhoria desses empreendimentos é agregar mais valor ao seu produto final, enobrecendo suas características ou a busca de outras aplicações da sua matéria prima.

Assim é possível afirmar a importância do desenvolvimento tecnológico no setor mineral do “calcário” para a sobrevivência das empresas, principalmente, porque sendo a indústria da construção civil e da agricultura demandante de substâncias que, caracteristicamente possuem baixo preço, a busca por uma maior qualidade do produto é essencial para a conquista do mercado, e a agregação de maior valor.

A estimativa é de que produtos oriundos da mineração para este fim fiquem 30% mais caros com o aumento no custo de produção. O entusiasmo que a agricultura até então vem tendo passará nos próximos anos por uma fase de cautela. De abril de 2003 para o mesmo mês em 2004 a inflação foi 5% enquanto os insumos foram reajustados em até 30% (FIEP, 2004). O custo de produção vai ficar 20% superior para a próxima safra, isto afetará diretamente os produtores de soja e os preços dos agroprodutos baixarão. Se não forem tomadas providências teremos problemas de *déficit* para esta e outras culturas.

As empresas vendedoras de insumos minerários para “calcário” agrícola estão vendo os preços aumentando de forma exagerada. O minério que chegava ao produtor por R\$ 7,0 em 2000 passou para R\$ 15,44 no ano passado (Seab/Deral, 2004). Em 2004, com o preço reduzido do minério, os vendedores mantiveram suas tabelas em patamares altos. Outro efeito negativo da falta de controle do comando sobre o custo dos corretivos de solo é a perda de produtividade. O minerador é sempre o mais prejudicado. Sem uma política de controle de preços é obrigado a explorar e não tem crédito para financiar gastos, precisa se desfazer de máquinas ou de frentes de lavra. Há ainda os que não podem fazer isso e improvisam negligenciando as boas práticas ambientais e de comércio, tais como abandonando pilhas de rejeitos, “afogando” minas inativas, etc..

5.4 – INTER-RELAÇÃO DOS PARÂMETROS PARA A DEFINIÇÃO DE MINÉRIO

Deve-se ressaltar o caráter sistêmico e global da avaliação, visando não somente favorecer e otimizar o processo prospectivo na região, como também fornecer subsídios para implantação de programas de uso e ocupação do solo e planos diretores, entre outros.

A análise da favorabilidade dessas áreas foi consolidada com a elaboração do mapa temático (figura 50) onde áreas potenciais para a mineração de rochas calcárias como minério são ressaltadas.

Neste mapa foram utilizados e ampliados parte das informações disponibilizadas pela Mineropar (2001), que demarcou todas as áreas com ocupação já consolidada (urbana e/ou mineral), área de disposição de rejeito de lavra, de unidades de preservação ambiental, de carste encoberta, de fundo de vale, as com declividades inferiores a 10%, as vulneráveis à poluição de aquíferos subterrâneos, além daquelas onde afloram os litotipos (filitos, quartzitos e diabásios). As demais áreas, dentro dos limites do Distrito Capiru, foram consideradas favoráveis e/ou com maior potencial para a exploração mineral tradicional do “calcário”. As unidades delimitadas pela Mineropar (*op cit*), bem como os critérios para sua delimitação e condicionantes associadas modificadas neste trabalho foram apresentadas no capítulo III.

Figura 49 – Mapa da Formação Capiro onde estão demarcadas, por aero-fotointerpretação, as dolinas, os poljes, as fontes e o vetor com o curso das águas subterrâneas.

Figura 50 – Mapa de favorabilidade onde áreas potenciais para a mineração de rochas calcárias como minério são ressaltadas.

6 – PRINCÍPIOS PARA RECONHECIMENTO DE UM MINÉRIO DE “CALCÁRIO” NA RMC – ARGUMENTAÇÕES

Neste capítulo discute-se a legitimidade da hipótese inicial, levantada no início deste trabalho: *...no Distrito Mineiro Capiru RMC, só deve ser considerado minério de “calcário” o material que possa ser destinado à elaboração de produtos com maior valor agregado, além do corretivo agrícola e cal e que, também, este material seja passível de exploração com maior economicidade dentro das normas de sustentabilidade.*

Esta validação será realizada com base nos resultados obtidos nos estudos realizados através dos parâmetros geológicos, ambientais e sócio-econômicos e o resultado interrelacional entre esses frente ao conhecimento anterior com as respectivas recomendações para o futuro.

6.1 - CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL MINEIRO DA FORMAÇÃO CAPIRU

Até o presente, trabalhos realizados em parte da Formação Capiru na RMC (PDM, 2004, Mineropar, 1997, CPRM, 1998) apresentaram resultados referentes à favorabilidade de áreas para mineração para “calcário” (figura 50) ou o potencial metalogenético da RMC. Neste trabalho o enfoque foi o de avaliar a Formação Capiru, no escopo da RMC, estabelecendo ferramentas para analisar, onde pudesse ser aplicado, este modelo caracterizando as regiões potenciais de “calcário” como minério.

A Formação analisada, pelo seu litotipo meta-dolomítico característico, principalmente nas regiões de Morro Azul e Morro Grande, constitui-se num dos mais importantes pólos de mineração de rochas calcárias para a produção de cal e corretivo de solo no Estado do Paraná. As rochas que constituem a matéria prima dessa indústria, regionalmente, têm como principal característica a grande constância e homogeneidade na composição química dos seus “calcários”, fato comprovado pelos inúmeros ensaios e análises químicas apresentados. Se por um lado a qualidade das rochas tem propiciado o desenvolvimento das atividades mineiras na região, por outro, como foi verificado, não permite que se utilize unicamente este critério para viabilizar economicamente a implantação de empreendimentos na avaliação da potencialidade ou favorabilidade de áreas para a mineração como “minério”. O modelo de avaliação potencial, leva em conta outros fatores determinantes, entre os quais os relacionados aos aspectos geológicos, sócio-econômicos e ambientais.

Figura 51–Mapa de áreas potenciais para a mineração de rochas calcárias, apresentado pela Mineropar, 1997 em parte da Formação Capiru.

Deve-se ressaltar também o caráter sistêmico e global da avaliação, visando não somente favorecer e otimizar o processo prospectivo do “calcário” como minério na RMC, mas também fornecer subsídios para implantação de um modelo que possa ser aplicado a outras regiões metropolitanas com características semelhantes.

Um dos objetivos propostos neste trabalho foi o de estender estes dados de favorabilidade para toda a região abrangida pela Formação Capiru. Para tanto demarcaram-se todas as áreas com ocupação já consolidada (urbana e/ou mineral), através de fotos aéreas dos anos 60 e dos anos 90. Também foram alvo a disposição de rejeito de lavra, as unidades de preservação ambiental, o carste encoberto, áreas de fundo de vale (com declividades inferiores a 10%), áreas vulneráveis à poluição de aquíferos subterrâneos, além daquelas onde afloram outros litotipos (filitos, quartzitos e diabásios). As demais áreas, dentro daquele limite foram consideradas favoráveis e/ou com maior potencial para a exploração mineral. A dimensão ambiental está ligada à legislação mineira e ambiental, além de considerar os riscos da deflagração de acidentes geológicos em áreas de carste (abatimentos de terreno), poluição de aquíferos e preservação do patrimônio espeleológico.

Cabe delimitar dentro destes espaços, o que realmente está englobado no conceito de minério, ou seja, o que realmente pode ser explorável na atualidade com economicidade, levando-se em conta os problemas estruturais do setor do “calcário” (figura 52).

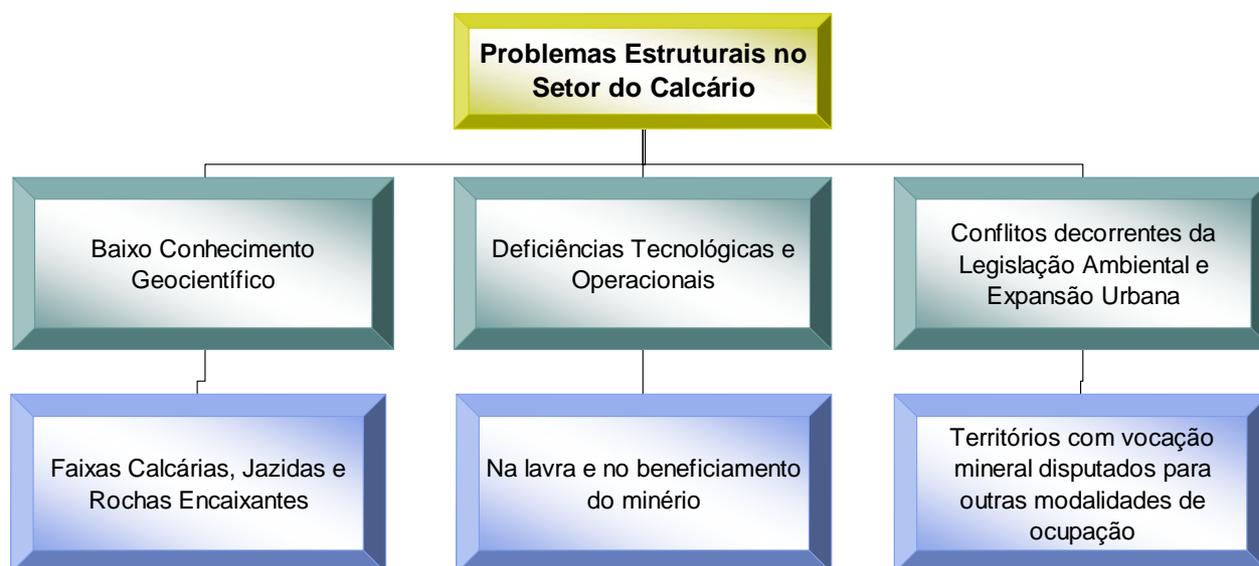


Figura 52 - Organograma mostrando os problemas estruturais no Setor de “calcário”

6.2 - *ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA A MINERAÇÃO DE CALCÁRIO NA RMC*

A elaboração de uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para a Mineração de “calcário” na RMC é um dos temas relevantes para uma política geológica, sócio-econômica e ambiental futura. Diante das informações contidas neste trabalho será aqui estabelecida uma estratégia em torno de quatro grandes domínios: (i) garantir o desenvolvimento minero - industrial equilibrado na RMC; (ii) melhorar a qualidade do ambiente; (iii) produção e consumo sustentáveis, e (iv) seguir na direção a uma sociedade solidária e do conhecimento. A partir desta pesquisa e da consulta a literatura pertinente chegou-se a elaboração de “grandes Linhas de Orientação” para o desenvolvimento do setor.

- i. Primeira Linha de Orientação: Promover a utilização mais eficiente dos recursos naturais. Como ações prioritárias, destacam-se: (a) proceder a uma utilização eco-eficiente dos recursos minerais e dos materiais, dissociando o crescimento econômico da intensidade do uso dos recursos; (b) valorizar estrategicamente o minério, através do seu planejamento e gestão integrados, reforçando o papel e a função de planejamento integrado e da co-responsabilização dos atores; (c) promover a gestão integrada do solo, da bacia do rio Iguaçu integrando os aspectos de evolução da sua formação, do seu uso, ordenamento, degradação e contaminação; (d) promover o planejamento e gestão integrada da mineração de “calcário”, compatibilizando os aspectos de proteção, de produção e de comercialização, em articulação com as atividades agrícolas e, (e) aproveitamento dos recursos geológicos no que diz respeito ao ordenamento do território, e fomentando a utilização das melhores práticas na gestão e na recuperação ambiental.
- ii. Segunda Linha de Orientação: Promover política de ordenamento de território sustentável com ações enfatiza-se: (a) promover um ordenamento do território equilibrado, orientado para a dinamização econômica, social e cultural, tendo como base critérios de eficiência e eficácia da gestão do espaço, com base na preservação dos recursos naturais e da biodiversidade; (b) promover o ordenamento e qualificação dos sistemas urbanos como elementos fundamentais de estruturação do território e de articulação funcional da RMC, num quadro de promoção de relações dinâmicas entre as zonas urbanas e rurais, bem como re-equacionar as questões das acessibilidades e mobilidades numa perspectiva de sustentabilidade, e; (c) contrariar a expansão urbana, contabilizando as externalidades econômicas e ambientais daí resultantes.
- iii. Terceira Linha de Orientação: Proteger e valorizar o patrimônio natural e paisagístico além da biodiversidade. Com ações ressalta-se: (a) desenvolver uma política integrada e

- intersetorial para a conservação da natureza e da paisagem, conferindo caráter prioritário aos investimentos nas áreas designadas para a conservação da natureza, privilegiando o apoio às iniciativas econômicas geradoras de emprego visando à fixação das populações rurais, tendo em conta o seu papel decisivo na gestão sustentável dos recursos naturais;
- (b) desenvolver uma política de habitação sustentável assente em três vetores, a durabilidade, a coesão social e a eficiência ecológica.
- iv. Quarta Linha de Orientação: Melhorar os níveis de atendimento. As ações prioritárias contemplarão: (a) garantir o controle e a promoção da qualidade das águas fluviais; (b) uma abordagem estruturada do tratamento de efluentes líquidos apoiada em soluções municipais, intermunicipais ou multimunicipais, através de planos de recuperação, gestão, monitorização e manutenção generalizada de equipamentos, construção de novos equipamentos e sistemas integrados; (c) no domínio dos resíduos, especial prioridade deverá ser dada às ações de prevenção (diminuição do volume de resíduos e do seu grau de periculosidade), seguida da reutilização, reciclagem e, finalmente, a eliminação segura do ponto de vista da saúde humana e do ambiente e, (d) assumir o ciclo de produção – comércio – consumo - pós-consumo.
- v. Quinta Linha de Orientação: A qualidade do ambiente numa perspectiva transversal e integrada. Para isso é necessário: (a) impulsionar o controle melhorar a qualidade do ambiente da poluição atmosférica, numa perspectiva de gestão do ambiente urbano e rural; (b) reforço das estratégias de reutilização e redução de consumos de materiais, recursos naturais e energia; (c) prevenir e minimizar a exposição da população a níveis de ruído inaceitáveis, consolidando a monitorização e controle do ruído e, (d) generalizar a aplicação, de forma equitativa e proporcional, do Princípio do Poluidor-Pagador em articulação com o Princípio do Utilizador-Pagador, internalizando os custos ambientais nas estruturas dos custos de produção dos bens.
- vi. Sexta Linha de Orientação: Promover a integração do ambiente nas políticas setoriais – para isso é preciso dissociar o crescimento económico da utilização dos recursos e dos impactos ambientais através de: (a) a criação de mais riqueza pelas empresas, através da adoção e incentivo a novos modelos de produção, e o estímulo e prêmio a iniciativas voluntárias, no sentido de uma política da empresa para a sustentabilidade e a eco-eficiência; (b) no setor da sazonalidade assegurar uma gestão racional e equilibrada dos recursos genéticos, do minério, do solo e da água, numa perspectiva de equidade intergeracional, valorizando as externalidades ambientais positivas da multiplicidade de funções; (c) assumir a importância do comércio como fator estruturante do território, devendo ser integrado no planeamento urbano como fator de revitalização de centros

históricos e de aglomerados urbanos em meio rural; (d) no setor dos transportes, diminuir os impactos ambientais e as externalidades econômicas, visando fomentar o uso de modos de transporte mais sustentáveis, incentivando a intermodalidade do sistema de transportes, no contexto do ordenamento da translação do bem mineral, através da consagração legal de novas vias férreas e implantação de silos; (e) deve ainda maximizar-se a utilização dos modos de transporte ferroviário e rodoviário de curta distância, em alternativa ao transporte rodoviário de longa distância; (f) no setor industrial, fomentar a implementação de sistemas de gestão para a sustentabilidade, incluindo, por exemplo, a adoção de instrumentos de natureza voluntária (série ISO, selo APPC, etc.), integrando os princípios da qualidade, segurança, ambiente e responsabilidade social da empresa e, (g) implementação do estímulo de boas práticas no âmbito da responsabilidade social das empresas, contemplando investimentos social e ambientalmente responsáveis.

- vii. Sétima Linha de Orientação: Estabelecer parcerias estratégicas visando a modernização das atividades econômicas, sociais e das organizações. Nesse caso é necessário: (a) promover um equilíbrio entre as medidas de natureza estritamente legislativa e as iniciativas de natureza voluntária, devendo estas ser promovidas e incentivadas (através de instrumentos de discriminação positiva), como garantia de uma atuação social, ética e ambientalmente responsável, por parte das instituições, das empresas mineradoras e da sociedade civil.
- viii. Oitava Linha de Orientação: Promover o emprego, a educação, o acesso à cultura, a investigação, a cooperação tecnológica e a qualificação profissional reforçando capacidades e visando a competitividade da população. Para tanto se faz necessário: (a) considerar a educação como um processo contínuo de aquisição de competências e potencializador de uma cidadania ativa, reforçando o desenvolvimento da educação pré-escolar e da educação básica, visando uma efetiva compreensão da importância da mineração; (b) promover a formação e qualificação profissional - mediante adequada reorientação dos recursos do sistema educativo e formativo - para atingir os déficits de competências e qualificações dos ativos e ativos empregados. Hoje estes profissionais carecem de formação qualificada, de atualização ou de aperfeiçoamento de reciclagem ou mesmo de reconversão, considerando que cada cidadão poderá adquirir e desenvolver, com flexibilidade, a sua formação, tendo subjacentes os desafios e exigências das atuais empresas de mineração, e; (c) promover a cultura científica e técnica da população em geral, e reforçar a formação e a investigação científica e tecnológica da mineração de “calcário”, com elevado sentido de responsabilidade social, sensibilidade cultural e respeito pelos princípios de um desenvolvimento sustentável e equilibrado.

- ix. Décima Linha de Orientação: Sistematizar a avaliação e a análise – monitorando a sistemática do progresso por recurso a indicadores. Para tal será preciso: (a) promover a adoção e a revisão periódica de um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, sistematizando um esforço de monitoração e de recolha e tratamento de informação estatística e consubstanciando a elaboração periódica de uma Avaliação da Estratégia de Desenvolvimento Sustentável. A eficácia de tal sistema pressupõe uma articulação estreita entre os atores intervenientes, criando um quadro que permita a comparabilidade e a troca de informação.

6.3 - IMPLEMENTAÇÃO DE LAVRA DE “MINÉRIO”

Para a implementação de uma lavra deverão ser levadas em conta as seguintes condicionantes:

6.3.1 – Geológicas e Econômicas

- (i) identificação de oportunidade para introdução dos litotipos adequados;
- (ii) análise dos resultados obtidos focalizando os dados levantados e a apreciação técnica dos consultores com respeito à introdução do minério estudado, frente a critérios técnicos específicos como: (a) vantagens técnicas e de custo do bem mineral; (b) panorama de uso do bem mineral pelos clientes potenciais; (c) estratégia de fornecimento e utilização, e (d) consumo atual e projeção futura com a avaliação abrangente do cenário de qualidade do cliente, considerando todas as variáveis do moderno gerenciamento da qualidade.

6.3.2 – Ambientais

- (i) estudos de recuperação de áreas degradadas;
- (ii) planejamento de lavra visando recomposição posterior da área;
- (iii) apoio no contato com os órgãos de controle para definir planos de recuperação/recomposição ou outras necessidades ambientais definidas como necessárias e para obter o licenciamento (prévio, instalação, operação) ou sua renovação;
- (iv) seleção e treinamento da equipe nas técnicas de gestão ambiental preservacionista e desenvolvimento sustentado; pesquisa de linhas de crédito oficiais para implementação de atividades de preservação do meio ambiente e para a satisfatória gestão ambiental.

6.3.3 – Sócio-Econômicas

- (i) disponibilidade de mão-de-obra;
- (ii) acessos ao empreendimento para vazão da produção;
- (iii) análise prévia da rocha que melhor se ajuste ao perfil desejado para as características técnicas dos produtos finais;
- (iv) estudo dos processos de beneficiamento para atingir suas melhores propriedades durante o processo de industrialização;
- (v) estudo detalhado das características técnicas dos produtos finais frente às especificações nacionais e internacionais de qualidade, e
- (vi) análise de alternativas, considerando os seguintes cenários: estratégia de utilização; custos associados; características *versus* especificações e, benefícios e ganhos marginais

6.4 – VISÃO DO FUTURO

Ao mesmo tempo em que o setor de “calcário” destinado à produção de corretivo agrícola trabalha em “*break even*”²⁸ oprimindo uma economia positiva para o setor agromineral, o setor da cal e de rochas ornamentais apresentam uma evolução ascendente.

O mercado de mármore para rocha de revestimento no Estado do Paraná apresenta um comportamento atípico em relação ao mercado nacional. Ressalta-se, que nos últimos cinco anos, tem sido observada uma relativa concentração da atividade produtora de rochas ornamentais e de revestimento em uma só empresa. Outras frentes de lavra encontram-se paralisadas temporariamente por motivos de falta de capital para investimento na exploração. As empresas com lavras tecnologicamente mais modernas e com canais de comercialização consolidados têm aumentado a sua produção e participação no setor, enquanto empresas menores e com tecnologia inferior têm encerrado as suas atividades.

Em verdade, esse fenômeno pode ser interpretado como decorrência, principalmente, do processo de oligopolização do setor de comercialização em âmbito internacional, associado à afirmação e à aceitação mercadológica do material que é ofertado. Percebe-se que, com a expansão do mercado internacional, e em decorrência da melhoria tecnológica e da estrutura produtiva das empresas produtoras nacionais, as quais passaram a garantir quantidade e uniformidade nos padrões e cumprimento de prazos de entrega, tem havido uma tendência à

²⁸ TEOR CRÍTICO- teor a partir do qual um empreendimento passa a gerar lucro ou prejuízo. Teores em que se pagam todos os custos, mas sem lucro.

multipolarização do setor, com a formação de novos grupos compradores, a partir da dissidência dos primeiros. A consolidação dessa tendência não necessariamente levará o mercado a perder a sua característica de mercado oligopolista.

No mercado do mármore no Brasil, podem ser identificadas duas formas de competição entre produtores. Uma é estabelecida entre produtores internos, os quais desenvolvem entre si uma concorrência de certa forma suicida, de tal sorte que um novo material, ao ser descoberto, provoca uma avalanche de interessados em produzi-lo, estimulando o estabelecimento de preços cada vez menores e dificultando, dessa maneira, que tal material permaneça no mercado por muito tempo e de forma estável. O outro nível de concorrência é aquele com os grandes produtores externos que, teoricamente, por estarem mais organizados, tornam-se competitivos pela forma de comercialização adotada, aproveitando o espaço deixado pela concorrência interna que não concentra esforços no controle de nichos e fatias internacionais, tornando-se vulneráveis aos concorrentes chineses, indianos e italianos.

6.5 - VISÃO DE CONJUNTO OU DE TODA A CADEIA PRODUTIVA

Em cada cadeia produtiva estão envolvidos tantos mercados quantas são as transações de produtos intermediários e finais. No caso das rochas calcárias da RMC há mercados de insumos agrícolas, construção civil, além da indústria de transformação, de produto bruto, de produto beneficiado ou industrializado, de produtos intermediários e de produto final.

É preciso saber quem são os vendedores e os compradores no mercado de cada produto, e quais são as características desse mercado: competitivo ou não, com alto grau de integração vertical ou não, com grande participação de produção por encomenda ou não. Esses aspectos estruturais são relevantes, pois determinam o comportamento dos agentes econômicos e suas condições de operação e seus poderes de barganha.

Em que pese à relevância para o setor mineral a superação dos obstáculos estruturais citados não deve se basear em ações isoladas. A modernização e fomento de segmento industrial tão expressivo e estratégico para o desenvolvimento integrado do estado requerem uma mobilização plena de sindicatos, órgãos da administração pública, universidades e centros de pesquisa. Não só politicamente, mas também por ações físicas construtivas, articuladas, contínuas e duradouras. Deve-se buscar uma permanente sintonia com os mercados, constantemente agregando novas tecnologias aos procedimentos e produtos. Na RMC, a consolidação da atividade de exploração de “calcário” em patamares mais elevados passa por uma mudança de paradigmas em todas as áreas da cadeia produtiva. Os atuais objetivos (corretivo de solo e cal) devem ser ampliados e alcançar outros segmentos da indústria de

transformação. O setor produtivo de “calcário” agrícola no Estado do Paraná vem sofrendo como, todos os outros, transformações nos últimos anos, ocasionado por fatores como queda do oligopólio dos preços, novos entrantes, competitividade e globalização. Como decorrência destes fatores, estas empresas começaram a sentir a necessidade de buscar melhorias, procurando novas ferramentas de gestão empresarial para os seus negócios, a fim de se manterem eficientes e competitivas no mercado.

7 – O “CALCÁRIO” COMO MINÉRIO NA RMC – CONCLUSÕES

Na RMC (Formação Capiru) só deve ser considerado minério de “calcário”, o material que possa ser destinado também à elaboração de produtos com maior valor agregado, que não só o corretivo agrícola e cal para a construção civil e que, este elemento seja passível de exploração.

Se na RMC (Formação Capiru) a área total, excetuando-se a Formação Setuva, é de 1.002,355 km² e que 249,746 km² (24,92%) correspondem a litotipos “calcários” explotáveis. E, ao mensurarmos as áreas exploráveis constatamos que 63% dela, ou seja, 157,339 km² são materiais apropriados somente para a utilização como corretivo agrícola e cal para a construção civil. Concluimos que na RMC (Formação Capiru) somente 92 km² (equivalente a 3,68% do total de “calcário”) pode ser explorável para fins mais nobres, tais como rações, tintas e vernizes, perfumaria, produtos farmacêuticos e rochas para revestimento (figura 52).

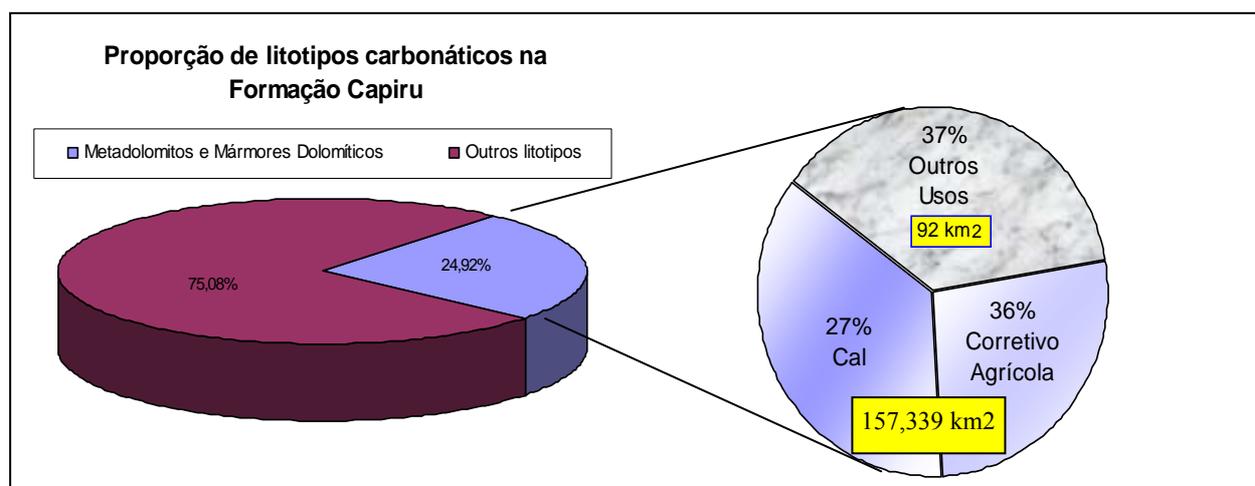


Figura 53 – Gráfico sintetizando a porcentagem dos litotipos carbonáticos em relação com sua aplicabilidade.

Ao afiançarmos que o “calcário” utilizado como agromineral não é “minério” estamos levando em consideração todo estudo deste trabalho. Desta forma relembramos que um mineral pode voltar a ser minério desde que passe a ser economicamente aproveitável. Este ponto de vista para a região estudada e para a finalidade a que se aplica, não apresenta perspectivas positivas a curto e médio prazo pelas razões a seguir expostas.

Alto gasto com transporte do minério e pedágios incidentes, concorrência predatória entre as pequenas e médias mineradoras, aliados a defasagem tecnológica e ambiental, que agem como um gargalo para o setor, são as grandes razões em que afirmamos: na RMC o “calcário”

empregado para corretivo agrícola, atualmente, não pode ser mais considerado “minério”, pois não apresenta lucros satisfatórios aos seus empreendedores.

Esta é a resposta à premissa inicial que afirma: “*o setor mineiro-industrial encontra-se enfraquecido, (com baixa produção) levando a uma defasagem tecnológica e ambiental*”. Falta incentivo e informação para a necessidade de aumentar a demanda de insumos de “calcário” para correção de solo!

As reservas existentes para outros usos (92 km²), que não o corretivo e a cal, estão em parte sendo aproveitadas na construção civil como mármore de revestimento. Existe uma grande fatia no mercado ainda por ser explorada e aplicada para outros usos mais nobres. Não devemos deixar de discorrer que novos estudos tecnológicos devem ser apurados para outros aproveitamentos do agromineral.

Hoje a parte do “calcário” empregado para corretivo agrícola, e que não é considerado “minério,” tem 27% do bem mineral aplicado na produção da cal e de agregados, isto ainda com economicidade. Esta é uma variável geológica e econômica de grande peso e diminui para 36% o “calcário” que realmente não é “minério”.

7.1 – DIMENSÃO INSTITUCIONAL DA MINERAÇÃO

O trabalho realizado procurou transpor os objetivos buscados nos tradicionais trabalhos de geologia econômica, onde a descoberta de bens minerais e a avaliação do potencial dos depósitos constituem os principais propósitos.

A realidade que cerca hoje, não somente esta tradicional região produtora de cal e corretivo de solos, como também outras regiões semelhantes, revela um contexto onde diversas atividades e formas de ocupação do solo disputam o mesmo espaço, gerando uma série de conflitos que fogem ao controle do planejamento, desafiando e questionando as legislações vigentes em nosso país. Especialmente em áreas de rochas calcárias, com significativa produção mineral, os conflitos se manifestam nas regiões com potenciais de usos diversificados, disputadas pelas atividades de mineração, ocupação urbana, exploração de aquíferos subterrâneos (carste), preservação de patrimônio espeleológico (grutas e cavernas) e mesmo agricultura. Estas atividades, quando desenvolvidas de forma desordenada ou acelerada, potencializam a degradação ambiental, trazendo prejuízos irreparáveis ao meio ambiente.

De acordo com a presente avaliação, a Formação Capiru na RMC mostra potencialidade para a exploração de rochas calcárias, com áreas favoráveis para a exploração de “calcário” agrícola. O grande desenvolvimento da atividade de mineração voltada à produção de cal e corretivo de solo na região, tem se dado, principalmente, em função da qualidade das rochas

calcárias que, em termos regionais, mostram grande homogeneidade de composição química, satisfazendo plenamente as especificações de mercado, principalmente para o uso na forma de corretivo agrícola e cal.

Além disso, a falta do conhecimento geológico detalhado em nível de depósito mineral e frente de lavra limitam a aplicação das rochas calcárias para outras finalidades mais nobres que poderiam agregar valor ao bem mineral.

Neste sentido reafirmamos que o objetivo maior do trabalho foi estabelecer indicadores geológicos, ambientais e sócio-econômicos na delimitação de áreas consideradas potencial para a mineração de rochas calcárias como “minério”. Não se pretende com isso impor ou restringir qualquer tipo de atividade, mas sim fornecer subsídios para um planejamento racional e sustentado, trazendo melhores condições para o desenvolvimento da atividade mineral, que tem sido ao longo das décadas o principal agente de desenvolvimento econômico na região.

7.2 – POLÍTICA PARA A MINERAÇÃO

Por mais que o provimento puro e simples de instrumentos, tais como crédito, assistência técnica e outros, possa, em muitos casos e, sobretudo junto a pequenos produtores, estes provimentos não surtirão os efeitos esperados, a menos que integrem uma bem concebida estratégia. Para tanto se faz às recomendações a seguir.

7.3 - RECOMENDAÇÕES

É fundamental ampliar e fortalecer o espírito associativo entre os produtores para que possam prosperar na defesa de seus interesses.

Com o objetivo de solucionar o problema dos altos custos do transporte do “calcário” utilizado para corretivo agrícola, buscando alternativas ao transporte tanto rodoviário como o ferroviário, o governo do Estado poderia instituir um programa de terminais de “calcário”, cujos objetivos seria a redução do custo final do produto através de armazenamento e a redução dos custos do frete. Formar-se-iam cooperativas regionais que ficariam responsáveis pela administração destes terminais em parceria com a Secretaria de Agricultura e Abastecimento, as Prefeituras locais, a Companhia Paranaense de Eletricidade (COPEL) e o Departamento de Estradas e Rodagem (DER) no caso de terminais rodoviários. A sazonalidade, tanto no consumo como nas vendas de “calcário”, poderia ser contornada com a antecipação das compras pelos agricultores na época de menor comercialização possibilitando a distribuição mais racional e a redução no custo final do produto, porém, estando condicionado pela disponibilidade de recursos financeiros que viabilizassem as compras antecipadas de “calcário”. A formação de uma empresa

comercial que teria como objetivo a comercialização da produção de “calcário” de suas empresas associadas realizando uma política de vendas, principalmente reduzindo custos e eliminando a necessidade de cada uma dessas empresas terem um gerenciamento de vendas e evitando a concorrência predatória entre as grandes e pequenas empresas.

Para aumentar o consumo e incentivar a produção defende-se a cobrança de uma porcentagem sobre a utilização do “calcário”, por exemplo: (i) para estimular o investimento em pesquisa de materiais substitutivos²⁹; (ii) para combater o desperdício; (iii) para a redução do consumo; (iv) a confecção de normas mais rígidas para os empreendedores do ramo de extração³⁰.

O minerador deve abandonar a visão imediatista que busca com seu empreendimento obter lucro máximo em tempo mínimo, pois as conseqüências podem ser negativas, seja para a sociedade ou para o meio ambiente e até mesmo para seu próprio empreendimento, se for considerado a longo prazo. Para a prosperidade do setor é indiscutível a necessidade de ampliação e atualização do conhecimento, através da promoção de estudos geológicos e do mercado de “calcário” por especialistas. Os empresários precisam melhor conhecer o setor para que suas decisões de planejamento e de investimentos sejam acertadas; assim como também são necessários estudos que viabilizem a modernização das fábricas e do processo produtivo.

Atender aos interesses difusos envolvidos na questão ambiental parece ser o grande desafio. Este, além de ser recente, tem que enfrentar questões novas que ainda não tinham sido abordadas pelo direito tradicional. A simplificação da legislação ambiental, a fim de se obter eficiência normativa, é uma questão que está inserida na busca do desenvolvimento sustentável. Se esta não for simples e clara, serve como complicador para as atividades econômicas da mineração de “calcário”, estimulando a ilegalidade e a corrupção. Por outro lado, ratifica-se a idéia de Pereira (2003) em que o minerador deve também levar em conta a preservação ambiental antes, durante e depois da vida útil do empreendimento (Planejamento Estratégico).

Trabalhos de pesquisa como este despertam para uma nova realidade. Não só para as relações entre organismos das diferentes esferas de governo como, também, para as relações entre segmentos públicos, sindicais e privados. É de se esperar, além da postura classista e reivindicatória, também uma postura proativa, fomentadora, incentivadora, participativa, enfim, uma postura de criar e satisfazer mineradores e agricultores. Desta forma, buscou-se comprovar a necessidade do estabelecimento de políticas de longo prazo que levem à modernização do setor, capazes de nortear programas para o médio prazo e projetos e ações para o curto prazo.

Para a regulamentação do setor mineral é imprescindível se faça:

²⁹ Precisamos aprender a substituí-la, inteirando-se das novas tecnologias já existentes no mercado.

³⁰ Tais como a exigência de garantias financeiras para a exploração, da mesma ordem dos custos de reparação ou mitigação dos danos ambientais.

- i. Haja um acompanhamento às tendências do mercado global. Atuar em sinergia com profissionais e empresas no desenvolvimento de projetos que utilizem tecnologias inovadoras.
- ii. Agrupar a cadeia produtiva e técnica, dando apoio à manufatura de novos produtos à base do agromineral e alavancar crescimento tecnológico e econômico dos mineradores. Ter o foco do empresário na busca do melhor desempenho do seu negócio.
- iii. Enfatize-se a necessidade da utilização de forma correta na aplicação de “calcário” no solo permitindo a maximização dos efeitos do corretivo agrícola e, por conseguinte, aumento substancial da capacidade produtiva da terra.
- iv. Reparar a malha rodoviária na RMC, que se encontra, de forma geral, em estado inadequado (por falta de investimentos sistemáticos no setor) para suportar a demanda que lhe é imposta para a movimentação da crescente produção.
- v. Ter em mente que o sucesso comercial de uma companhia de mineração depende da combinação adequada da existência de uma pesquisa geológica bem feita e em escala compatível (antes de se investir em equipamento de extração e processamento de “calcário”, o industrial deve ter certeza da qualidade e quantidade da rocha calcária que ele planeja extrair e processar). Uma pesquisa cuidadosa e metódica é um fator de segurança, pois pode remover muitas especulações. É necessário um planejamento da gestão desde o início da pesquisa geológica, durante todo o ciclo de vida do empreendimento e também na sua desativação.
- vi. As análises ambientais deverão ser realizadas sob o ângulo da utilização racional das jazidas, da implantação de tecnologias adequadas e modernas, do regime de trabalho, do controle das operações e da contribuição da empresa ao processo de desenvolvimento.
- vii. Finalmente é interessante transcrever um trecho do trabalho escrito há 27 anos atrás, ainda muito pertinente:

“...as atividades de mineração para lavra de “calcários” e meta-dolomitos destinados a fins de interesse social ou de política governamental - como correção de acidez do solo, poluição ambiental e regularização do pH de lagos e lagoas – onde os preços oferecidos ao minerador para a compra de seus minérios são marginais, devem merecer por parte do Poder Público o seu apoio, refletido em favores tributários, de tarifas privilegiadas, financiamento de estoques, empréstimos bancários para equipamentos e outros incentivos. Incentivo, também, deve ser dado à pesquisa de depósitos de “calcários” e meta-dolomitos de alta pureza em regiões de influência de indústrias carentes de cal química especial, através de mapeamento, estudos e análises, das instituições oficiais, que permitem a localização de ocorrências com tais atributos e o despertar do interesse do minerador nacional”, Guimarães – 1978.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM, E.R., 2002 – Análise dos Insolúveis nas Rochas Calcárias da Faixa Itaiacoca – Pr. V Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra - UFPR, Curitiba - PR.
- ADAM, E.R., 2003 – *O Calcário como Minério: Critérios e Parâmetros Exploratórios em Uma Região Metropolitana*. VI Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra - UFPR, Curitiba - PR.
- ADAM, E. R., GUIMARÃES, S. B., KERSTING, J., 2004 - *Tigre Village - Pr (Brazil) dolomite marble: general geological surface study, characterization and definition of potential areas for ornamental marble quarrying*. Canadian Journal of Earth Sciences Department of Earth and Atmospheric Sciences University of Alberta. Edmonton AB T6G 2E3 Canada. Subject:04-000114
- ADAM, E. R., 2005 - *Os mármore da Região do Tigre-Pr: Características Geológicas e Tecnológicas*. Dissertação de Mestrado em Geol. Explor. SCT – UFPR, 177 p.
- ALVES, F.R., KIHARA, Y., CANDIA, M.A.F. 1976. *Os mármore dolomíticos do Vale do Rio dos Marmelos*. In: Cong. Bras. Geol., 29, Belo Horizonte, 1976. Resumo de Trabalhos. Belo Horizonte: SBG.
- ALTHOFF, F. J. 1989 – *Geologia Estrutural da Antiforma do Setuva – PR*. Belém: UFPA, 147 p. Dissertação de Mestrado.
- APLs, 2004– *Arranjos Produtivos Locais- Desenvolvimento Tecnológico e Produtivo do Setor da Cal e do Corretivo Agrícola*. SINDICAL, SINDEMCA, TECPAR, MINEROPAR S.A., IEL, Curitiba, em desenvolvimento.
- APPC, 2002 - *Programa de Coleta e Monitoramento da Cal Paranaense para Adequação e Certificação dentro das Normas ABNT*. Assoc. Paranaense dos Produtores da Cal, Almirante Tamandaré-PR, 1v.
- BAHNIUK, A.M., 2003 - *Controles Geológicos Responsáveis pelas Feições Cársticas em Grutas: Gruta de Bacaetava – 11º EVINCI – Evento de Iniciação Científica BANPESQ/THALLES 2000007050 –UFPR-* 1v.
- BAHNIUK, A.M., 2004 - *Aplicação de Modelo Digital do Terreno em Cartografia Geológica. Estudo de Caso: Folha Rio Branco do Sul-PR. – 12º EVINCI – Evento de Iniciação Científica BANPESQ/THALLES 2000007050 –UFPR-* 1v.

- BAHNIUK, A.M., Rebelo, A.M.A., REIS NETO, J.M., 2004 – *Controles geológicos e Geomorfológicos da Gruta de Bacaetava, Região Metropolitana de Curitiba*. XLII Cong. Bras. de Geolog. – Araxá – MG- S14:p.213
- BIGARELLA, J. J. - 1953 - *Estudos Preliminares na Série Açungui III – Rochas Calcárias da Faixa Central e sua Classificação* – Arquivos de Biologia e Tecnologia, v. VIII, art. 21, p. 473-502 – Inst. Biol. e Pesq. Tecn. Curitiba-PR
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. – 1956 – *Estudos Preliminares na Série Açungui. V – Estruturas Organógenas nos Meta-dolomitos da Formação Capirú (PR)*. v. 6-7. p. 317-322. Curitiba.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. – 1958a – *Estudos Preliminares na Série Açungui. VIII – A Formação Votuverava*. Bol. Geol. v. 2. 6 p. Curitiba.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. – 1959 – *Planta Geológica de Partes dos Municípios de Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo*. Univ. do Paraná. Inst. Geol. Ined.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. - 1965 - *Considerações a Respeito dos Terraços Fluviais, Rampas de Colúvio e Varzas*. Bol. Paran. Geogr. 16-17. p. 153-197. Inst. Geol. UFPR.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; PINTO, V.M. – 1967 – *Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subseqüentes da Porção Oriental do Estado do Paraná*. Bol. Paran. Geoc. v. 23-25. 347 p. Curitiba.
- BARRETO, M.L., 2001 - *Ensaio sobre a Sustentabilidade da Mineração no Brasil*. CETEM/MCT, Rio de Janeiro; 130 p.
- BONACIM, E., 1996 – *Dinâmica do Sistema Hidrogeológico Cárstico na Área de Tranqueira – Região Metropolitana de Curitiba*. Dissertação de Mestrado – Curitiba, UFPR
- BORGES, L. F., MARTINEZ, J. E. A. – 2001 – *Mineração e Desenvolvimento Sustentável – A visão do Brasil*. In: Ensaio sobre a Sustentabilidade da Mineração no Brasil- Barreto, M. L., 2001. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 130 p.
- BUSARELLO, O., 1997 – *Informativo sobre a Região Metropolitana de Curitiba*. Fundação Pedroso Horta, Curitiba, 45p.
- CAMPANHA, G. A. da C., 1991 – *Tectônica Proterozóica no alto e médio Vale do Ribeira, estados de São Paulo e Paraná*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 296p
- CHANG, Tao Chiang , 1975. *The Salt Industry of China, 1664-1911: A Study in Historical Geography* (Ph.D. Dissertation). Advisor: John Street. Call number: Hawn/AC1/H3/no. 759.

- CPRM, 1976 - COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. Relatório integrado dos projetos: carvão no extremo norte de Santa Catarina, prospecção de carvão no Paraná, fase 2, e carvão no Estado de São Paulo. São Paulo: CPRM. Relatório (Interno).
- CPRM, 1997 - PIMA/PR- *Programa de Avaliação Geológico-Econômica dos Insumos Minerais para Agricultura no Paraná*. CPRM- Comp. de Pesq. de Rec. Minerais, São Paulo, 1v. mapa 1:100.000.
- CPRM, 1998 – *Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Folha SG.22-X-D-1*. CPRM- Comp. de Pesq. de Rec. Minerais, São Paulo, 1v. Relat. 79 p. Mapa esc 1:100.000.
- CZINKOTA, M.R. AND RONKAINEN I.A., 1997 - *Global Marketing*. Philadelphia: Fort Worth Dryden Press, 2nd Ed., 826 p.
- DERBY, O. – 1878 – *Geologia da Região Diamantífera da Província do Paraná no Brasil*. Arch. Mus. Nac. v. 3. p. 89-96. Rio de Janeiro.
- DIMICAL, 2001 – *Distritos Mineiros de Calcário* - UFPR – Universidade Federal do Paraná, CNPq e PADCT nº 62.00.32/01-4, 250 p.
- DNPM. 2001. *Sumário Mineral*. Período 1990-2000. Brasília-DF.
- DNPM. 2002. *Sumário Mineral*. Período 1991-2001. Brasília-DF.
- DROOP G. T. R. & I. Y. AL-FILALI, 1996 - *Interaction of aqueous fluids with calcareous metasediments during high-T, low-P regional metamorphism in the Qadda area, southern Arabian Shield* - Journal of Metamorphic Geology, v. 14, Issue 5 p. 613.
- EBERT, H.; BROCHINI, M.F.; MARINI, O.J. - 1971 - *Observação sobre os Gnaisses da Formação Setuva, Estado do Paraná*. In: Cong. Bras. Geol. 25. São Paulo. 1971. Bol. Esp. São Paulo. SBG. 1971. n.k. p. 185-186.
- ESRI. 2003 - *Geography Matters. ESRI White Papers*. ESRI Press: EUA, , 16 p. ESRI. Using ArcView GIS. Environmental Systems Research Institute. ESRI Press: EUA, 2004, 350 p.
- FAIRBRIDGE, R.W. – 1967 – *The Dolomite Question, in Regional Aspects of Carbonate Deposition*. In: MARINI – *Geologia da Folha de Rio Branco do Sul (PR)*.
- FAIRCHILD, T.R. – 1977 – *Conophyton of Other Stromatolites From the Upper Pre-Cambrian Açungui Group Near Itapeva, SP., Brasil*. 1º Simp. Reg. Soc. Bras. Geol. São Paulo.
- FAIRCHILD, T.R. – 1982 – *New Stromatolites from the Upper Pre-Cambrian Açungui Group Eastern Paraná, Brasil, and their Potential Startigraphic*. Bol. Inst. Geoc. USP. São Paulo. v. 13. p. 43-134.

- FASSBINDER, E., 1996 - *A unidade Água Clara no contexto do Grupo Açungui: um modelo transpressivo de colisão oblíqua no Neoproterozóico paranaense*. Inst. De Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 207p
- FERREIRA, J. B., 1995 – *Dicionário de Geociências*. Armazém de Idéias- Belo Horizonte- 2ª. Ed. 533p.
- FERREIRA, C.R.R.P.T. & VEGRO, C.L.R. 2001. *CALCÁRIO AGRÍCOLA: perspectivas de aumento nas vendas à citricultura em 2001*. Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo
- FIEP, 2004 – *Catálogo Industrial – Sumário Executivo*. -Federação das Indústrias do Estado do Paraná –, Curitiba, 711 p. - <http://www.fiepr.com.br/>- em 05/06/2004.
- FIORI, A. P.; CAMARGO, E.C.; MONASTIER, M.S.; LIMA, R.E. – 1984 – *Lineamentos Tectônicos e Possíveis Mineralizações Associadas no Pré-Cambriano Paranaense*. Texto Final. Curitiba, Convênio UFPR/MINEROPAR, 2v., v.I.
- FIORI, A.P. - 1985 - *As Falhas da Lancinha e do Morro Agudo e Estruturas Secundárias Associadas*. In: Simp. Sul Bras. 2. Florianópolis. 1985. An. Florianópolis. SBG. p. 146-158.
- ^aFIORI, A.P.; REIS NETO, J.M.; LIMA, R.E.; MONASTIER, M.S.; VEIGA, R.A.; CAMARGO, E.C.; NADALIN, R.J.; TREIN, E.; FUMAGALLI, C.E.; GOMES, D.L.; SALAMUNI, E.; FASSBINDER, E.; GOIS, J.R. – 1985 – *Estudos Geológicos Integrados do Pré-Cambriano Paranaense*. Convênio UFPR/MINEROPAR. v. 2. Curitiba. Inédito.
- ^bFIORI, A.P., FASSBINDER, E. - 1985 - *As Falhas da Lancinha e do Morro Agudo e Estruturas Secundárias Associadas*. In: Simp. Sul Bras. 2. Florianópolis. 1985. An. Florianópolis. SBG. p. 146-158.
- FIORI, A.P., FASSBINDER, E. 1987 - *Compartimentação do Grupo Açungui a Norte de Curitiba*. ATAS do III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Curitiba, V.1: 183-196.
- FIORI, A.P., 1990 - – *Tectônica e Estratigrafia do Grupo Açungui a Norte de Curitiba*. São Paulo. 261p. Ilust.
- FIORI, A.P. – 1992 – *Tectônica e Estratigrafia do Grupo Açungui – PR*. Boletim IG-USP, Série Científica, 23:55-74.
- FIORI, A.P., 1994 - *Evolução geológica da bacia Açungui*. Boletim Paranaense de Geologia, 42: 1-27
- FRAZÃO, E. B., 2002 – *Tecnologia de Rochas na Construção Civil*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. São Paulo, 132 p.

- FUCK, R. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E.; MURATORI, A. – 1971 – *Geologia do Leste Paranaense*. An. XXV Cong. Bras. Geol. p. 122-130. São Paulo.
- GALLINA, F., REIS NETO, J.M., SALAMUNI, E., LEMOS, J.M.S., S. B., 2003 – *Análise do Potencial Exploratório e Caracterização Geológica-estrutural das Rochas da Região da Mina rio Bonito – Campo Largo Paraná*. VI Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra-UFPR, Curitiba - PR.
- ^aGALLINA, F., REIS NETO, J.M., SALAMUNI, E., LEMOS, J.M.S., 2004 – *Vetores de Variação de MGO nos Mármorees da Mina Rio Bonito e sua Exploração para Cimento*. XLII Cong. Bras. de Geolog. – Araxá – MG- S13:p.465
- ^bGALLINA, F., REIS NETO, J.M., SALAMUNI, E., LEMOS, J.M.S., S. B., 2004 – *Vetores de Variação de MGO nos Mármorees da Mina Rio Bonito e sua Exploração para Cimento*. VII Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra-UFPR, Curitiba - PR.
- GEODFREY, A. E.; CLEAVES, E. T. 1991 - *Landscape Analysis : theoretical considerations and practical needs*. Environmental Geology & Water Sciences, New York, v. 17, n. 2, p. 141 - 155, ago.
- GUIMARÃES, J. E.P– 1978 - *Usos e Mercado do Calcário Dolomítico*. Associação Brasileira de Produtores de Cal, Calcários e Meta-dolomitos no Brasil, São Paulo, artigos v. 3
- GUIMARÃES, S. B.; ROSTIROLLA, S. P.; REIS NETO, J. M., 1999 - *Variação de insolúveis na Região de Areias - Município de Almirante Tamandaré-PR*. In: VII Simpósio Regional de Geologia e III Simpósio do Mercosul, Foz do Iguaçu. Simp. Reg. de Geologia e do Mercosul. Curitiba-PR: SBG - Núcleo PR, 1999. v.1. p.479.
- GUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J. M.; SIQUEIRA, R. B. L., 2000 - *Análise Faciológica e Ambiente de Sedimentação como Ferramentas de Exploração dos Metacalcários da Região de Capivara-Almirante Tamandaré-PR*. In: III Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra - UFPR, 2000, Curitiba - PR. Geologia Exploratória.
- GUIMARÃES, S. B., 2000 – *Os meta-dolomitos da Região de Morro Azul-PR: Características geológicas do minério explotado*. Dissertação de Mestrado em Geol. Explor. SCT – UFPR, 210 p.
- ^aGUIMARÃES, S. B.; SIQUEIRA, R. B. L.; REIS NETO, J. M., 2001 - *Caracterização dos Estromatólitos na Formação Capiru (Proterozóico) nas regiões de Morro Azul e Morro Grande, leste do Estado do Paraná*. Boletim Paranaense de Geociências n° 51 – Curitiba-Pr. 13-27 p.
- ^bGUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J.M., 2001 - *Formação Capiru - Gr. Açungui: Fatores determinantes para exploração do minério metacalcário na Região Metropolitana de*

- Curitiba -PR. In: IV Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra - UFPR, Curitiba - PR. Geologia Exploratória
- ^cGUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J. M.; SIQUEIRA, R. B. L., 2001 - *Variação Química Estratigráfica de Meta-dolomitos da Região de Morro Azul (RMA) – PR como ferramenta para a Exploração*. VIII Congresso Brasileiro de Geoquímica – I Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul – Curitiba –PR.
- ^aGUIMARÃES, S. B.; REIS NETO J.M.; REBELO A.M.A., 2002 - *Formação Capiru - Grupo Açungui: modelo geológico sistêmico para exploração de metacalcários na Região Metropolitana de Curitiba -PR*. In: Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra -UFPR, Curitiba - PR. Geologia Exploratória
- ^bGUIMARÃES, S. B.; REBELO A.M.A. ;REIS NETO, JM ; MACHIAVELLI, A., 2002 – *O Ambiente de Sedimentação como Fator Determinante da Qualidade do Minério: Rochas Calcárias da Região de Morro Azul*.- IX Semana de Geografia da UEPG – IV Jornada Científica de Geografia – Universidade Estadual de Ponta Grossa – Departamento de Geociências. p. 91 – Ponta Grossa – PR
- ^cGUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J. M , REBELO, A.M.A., 2002 -.*Controle Estratigráfico da Exploração de Rochas Metadolomíticas: Fm. Capiru – Gr. Açungui* – Simpósio de Rochas Ornamentais e Minerais Industriais do XLI Congresso Brasileiro de Geologia – I, João Pessoa –PB.
- ^dGUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J. M , REBELO, A.M.A., 2002 -.*Critérios Determinantes para a Exploração dos Meta-dolomitos da Formação Capiru na Região de Morro Azul, Região Metropolitana de Curitiba* – Simpósio de Rochas Ornamentais e Minerais Industriais do XLI Congresso Brasileiro de Geologia – I , João Pessoa –PB.
- ^aGUIMARÃES, S.B., REBELO, A.M.A, REIS NETO, J.M. 2003– *Conflito entre Sustentabilidade e Globalização: implicações na Mineração de Calcário na Região Metropolitana de Curitiba-PR*. Boletim Paranaense de Geociências n° 51, Curitiba-PR.
- ^bGUIMARÃES, S. B., 2003 – *O Calcário como Minério: Critérios e Parâmetros Exploratórios em Uma Região Metropolitana*. VI Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra-UFPR, Curitiba - PR.
- ^aGUIMARÃES, S. B., REBELO, A.M.A., REIS NETO, J. M., ADAM. E. R., 2004 – *Adequabilidade do Conceito de Minério de Calcário em Regiões Metropolitanas Crescentes: o Caso da Região de Curitiba-Pr*. XLII Cong. Bras. de Geolog. – Araxá – MG- S31: p.934p.

- ^bGUIMARÃES, S. B., 2004 – *Formação Capiru-Gr.Açungui: modelo geológico sistêmico para exploração do minério metacalcário e mármore na Região Metropolitana de Curitiba*. VII Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra-UFPR, Curitiba - PR.
- IAPSM, 2004 - *Informativo Anual sobre a Produção de Substâncias Mineraias no Paraná*. Mineropar S. A. e Celepar. Curitiba, 1v.
- IPARDES, 2003 – *Diagnóstico Social e Econômico – Sumário Executivo* – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, Curitiba, 29 p.
- JUNQUEIRA, F. F.- 1995- *Caracterização dos Calcários do Distrito Federal e Avaliação de seu Potencial para a Pavimentação*. In: 29a Reunião Anual de Pavimentação, RAPv, 1995, Cuiabá - MT. Anais da 29a. RAPv, 1995.
- KAEFER, L. Q.; SILVA, A. A. G. P.; PINTO, G.G.; BORÇATO, J.; CORREIA, F.X.; BARBOSA, A.S.; MACHADO, R.G.; MOTA, T.; VICENTE, S.; ANDRADE, L.C.; GALO, O.; FREIRE, P.A.; SOUZA, B.; CANDIDO, M. F.; MARTINELLI, O. J.R.; PINTO, N.J.; SILVA, G.M., 1991 – *Projeto Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Curitiba – Potencial Mineral de Não Metálicos*. São Paulo: CPRM/DNPM, 2v. mapas 1:50.000.
- LEIGHTON, H.W. & PENDEXTER, C. 1962. *Carbonates rocks types*. In: HAMM. W.E. (ed.) *Classification of carbonate rocks: a symposium*. American Association of Petroleum Geologists. P. 62 - 84 (memoir 1).
- LISBOA, C., Bonacim, E. 1995 – In: *Projeto Calcário Distrito Mineiro Capiru- Mineropar S.A.*, Curitiba, 123p.
- LOLLO, J.A. – 1996 - *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 253 p.
- MARINI, O.J.; TREIN, E.; FUCK, R.A. - 1967 - *O Grupo Açungui no Estado do Paraná*. In: BIGARELLA, SALAMUNI & PINTO - *Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná*. Bol. Paran. Geoc. p. 23-25, 307-324. Curitiba.
- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; TREIN, E. - 1967 - *Intrusivas Básicas Jurássico-Cretáceo do Primeiro Planalto do Paraná*. In: BIGARELLA, SALAMUNI & PINTO - *Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná*. Bol. Paran. Geoc. p. 23-25, 307-324. Curitiba.
- MARINI, O.J.; BOSIO, N.J. - 1969 - *Estromatólitos Algáceos em Meta-dolomitos do Grupo Açungui*. Ciência e Cultura. 21, v. 2. p. 219-220. Curitiba.

- MARINI, O.J. - 1970 – *Geologia da Folha de Rio Branco do Sul – PR*. Tese da Fac Filos. Cien. e Letras, Rio Claro – SP, inédito, 190 p.
- MILLER, M. M. 2001- *Lime*, U.S. Geological Survey Minerals Yearbook – USGS- USA
- MINEROPAR, 1986 – *Estudo do Mercado Produtor do Calcário*. Mineropar S.A. - SEIC/PR, Curitiba, 1 v.
- MINEROPAR, 1995 – *Aspectos Industriais e econômicos das empresas produtoras de calcário*. Mineropar S.A.- SEIC, Curitiba, 1 v.
- MINEROPAR, 1997 - *Estudos Detalhados sobre Áreas Seleccionadas, Direcionado a Mineradores e Administradores Regionais com Informação Básica Necessária à Modernização da Indústria do Calcário Paranaense*. Mineropar S.A e CIM-Centro de Inform. Min. do Est. do PR, Curitiba, 2v.
- MINEROPAR. 1998. *Boletim Estatístico da Produção Mineral*. Período 1990 a 1998. Curitiba.
- MINEROPAR, 2001 - *Boletim Estatístico da Produção Mineral*. Mineropar S.A., Curitiba, 72 p.
- MINEROPAR, 2001 – *Programa de Desenvolvimento da Indústria Mineral Paranaense. Projeto calcário-Distrito mineiro Capiru*, Curitiba, 2v.
- MORETO, A. L. R., 2004 – *Caracterização do Filito Branco da Região de Itapeva-SP, visando a Utilização Industrial deste Mineral*. VII Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra-UFPR, Curitiba - PR.
- NORTH, D. C., 1990 - *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press, 276 p.
- NORTH, D. C., 1993 - *The ultimate sources of economic growth*. In: SZIRMAI, A., VARNAK, B., PILAT, D. (Org.). Explaining economic growth. Essays in Honour of Angus Maddison. North Holland, 197 p.
- OLIVEIRA, E.P. - 1927 - *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Paraná - Escala 1:1.000.000*. Serv. Geol. Miner. do Brasil. Mon. VI. Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, E.P.; LEONARDOS, O.H. - 1943 - *Geologia do Brasil*. Min. Agric. Serv. Didático. v. 2. p.782 p. Rio de Janeiro.
- PDIMP, 2001 - *Programa de Desenvolvimento da Indústria Mineral do Paraná – Projeto Calcário – Distrito Mineiro Capiru*. Mineropar S. A., SEICT – Sec. De Est. Da Ind. Com. e Turismo. Curitiba, 114p.
- PDM, 2004 – *Programa de Desenvolvimento de Mineração na Região Metropolitana de Curitiba*. Mineropar S.A., SEIM - Sec de Est da Ind, Com e Assuntos para o Mercosul-DNPM-COMEC- Curitiba, 3 v.
- POPP, J.H.; ANGULO, R.; BIGARELLA, J.J. - 1979 - *Geologia*. In: BIGARELLA, PASSOS, POPP, ANGULO - Recursos Minerais. Folha Ouro Fino. COMEC. p. 22-26. Curitiba.

- PEREIRA, C. de M. & CAVALCANTI, R. N., 2003 - Calcário Agrícola – Caracterização da produção e consumo em São Paulo, Revista Brasil Mineral, Ano XIX – No 212, Dezembro/Janeiro 2003.
- PETTIJOHN, F.J. – 1949 – *Sedimentary rocks*. XV, 526 p. Harper & Brothers Publishers. New York.
- PETTIJOHN, F.J. - 1975 - *Rocas Sedimentarias*. 4ª Edição. Ed. Univer. de Buenos Aires. Eudeba Manuales. 731 p. Buenos Aires.
- PRODECAL, 1997 - *Programa de desenvolvimento da indústria do calcário e da cal no Estado do Paraná* - Câmara Setorial Mineral do Estado do Paraná, Minerais do Paraná S.A., Sindicato da Indústria de Extração de Mármore, Calcários e Pedreiras do Paraná, Sindicato das Indústrias de Cal do Paraná e SEBRAE/PR, Curitiba, 30 p.
- PROSOLO, 1998 - *Programa de Incentivo ao Uso de Corretivos de Solos*. Resolução 2959 - FAEP - Federação da Agricultura do Estado do Paraná, www.faep.com.br/meiorural/creditorural/programa3.htm em 20/03/2004
- ^aREBELO A.M.A.; GUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, JM; - MACHIAVELLI, A., 2002 – *Relações Espaciais e Temporais entre Superfícies Geomorfológicas e Feições Cársticas no Primeiro Planalto Paranaense* - IX Semana de Geografia da UEPG – IV Jornada Científica de Geografia – UEPG – Departamento de Geociências. pág. 93 – P.Grossa – PR.
- ^bREBELO, A.M.A, REIS NETO, J. M e GUIMARÃES, S. B., 2002 - *Controle controles Geomorfológicos na Gênese das Cavernas em Calcários na Bacia Açungui-Ribeira – Estado do Paraná* – Sessão Temática: Pedologia e Geomorfologia – XLI Cong. Brás. de Geol. – J. Pessoa –PB.
- REBELO, A.M.A., GUIMARÃES, S. B., REIS NETO, J. M., 2003 - *A exploração mineral e o desenvolvimento paranaense: o setor de calcário na região Metropolitana de Curitiba*. Bol. Paranaense de Geociências, nº 53, Ed. UFPR, p. 13-26.
- REBELO, A.M.A., REIS NETO, J. M., GUIMARÃES, S. B., 2004 – *Importância Estratégica e Entraves na Modernização da Exploração de na Região Metropolitana de Curitiba*. XLII Cong. Bras. de Geolog. – Araxá – MG- S4:212p.
- REIS NETO, J. M., SIQUEIRA, R.B.L., GUIMARÃES, S. B., REBELO, A.M.A., 2002 – *A Declividade como Critério Empírico de Exploração de Rochas Metadolomíticas da Formação Capiru na Região Metropolitana de Curitiba* – Simpósio de Rochas Ornamentais e Minerais Industriais do XLI Congresso Brasileiro de Geologia – I , João Pessoa –PB.

- ROSSI, T. B., 2002 - *Aplicação de Modelo Digital do Terreno em Cartografia Geológica. Estudo de Caso: Folha Rio Branco do Sul-PR.* – 10º EVINCI – Evento de Iniciação Científica BANPESQ/THALLES 2000007050 –UFPR- 1v.
- RUIZ, M.S. -1993- *O setor mineral paulista: síntese da organização industrial e mercado.* Cadernos IG/UNICAMP, Capinas, v3, n1, p. 3-15.
- SEAB/DERAL, 2004 - SEAB – *Boletim do Sistema de Informação do Mercado Agrícola - Produtos Agropecuários.* Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. DERAL – Departamento de Economia Rural. Curitiba, <http://celepar6.pr.gov.br/seab/sima/sima.idc> em 23/05/2004
- SACHS, I., 1993 – *Estratégias de transição para o século XXI.* In: Desenvolvimento Sustentável. BURSZTYN, M.. Ed. Brasiliense, Brasília, 213 p.
- SALAMUNI, R.; B IGARELLA,J.J. - 1967. *Some palaeogeographic features of the Brazilian Devonian.* Boletim Paranaense de Geociências, 21/22: 133-151.
- SCHÖLL, W.U.; LOPES, O.F.; SILVA, A.C.G.A.; PROZZI, C.R. - 1980 - *Geologia do Pré-Cambriano da Região do Anticlinal do Setuva (Município de Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul - PR).* An. XXXI Cong. Bras. Geol. v.5. p. 3003-3012. Camboriú.
- SENADO FEDERAL, 2004 - *Discursos dos Senadores, Legislação Federal, Matérias em Tramitação.* www.senado.gov.br/sf/ - em 15 de janeiro de 2004.
- SEVERINO, J., 2002 – *Calcário-Recurso Mineral na Sustentabilidade Agropecuária e Melhoria dos Recursos Hídricos.* FUNPAR/DNPM, Curitiba, 2v.
- SIQUEIRA, R. B. L, 2001 - *Metacalcários da Região de Morro Grande -Município de Colombo-PR.* Dissert. de Mestrado em Geol. Explor. SCT – UFPR, 205 p.
- ^aSIQUEIRA, R. B. L; GUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J. M., 2001 – *Mármore Dolomíticos da Região de Morro Grande-PR.* In: IV Seminário de Ensino e pesquisa do Setor de Ciências da Terra - UFPR, 2000,Curitiba-PR.Geologia Exploratória
- ^bSIQUEIRA, R. B. L., GUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J. M., 2001 - *Aplicação da Técnica de Colorimetria Seletiva para Determinação do Quimismo de Rochas Calcárias.* VIII Cong. Bras. de Geoq. – I Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul – Curitiba –PR.
- SKIPPEN, G.B. – 1974 – *An experimental Model for low pressure Metamorphin of siliceous dolomitic marble.* Am. Journ. Scien. 224:487-509.
- SIROTHEAU, G.J.,BARRETO, M.L., 1998 *Abordagem participativa na Gestão de Recursos Mine rais.* CETEM/MCT, Rio de Janeiro; 215 p.
- SOARES, P.C., REIS NETO, J.M. – 1987 – *Seqüências Tectono-sedimentares e Tectônica Deformadora no Centro-oeste do Escudo Paranaense.* In: Simp. Sul-Bras. Geol. 3. Curitiba. 1987. Atas Curitiba. SBG. v.2, p.743-771.

- THEODOROVICZ, A. M. G.; CANTARINO, S. C.; SILVA, P. C. S., 1994 - *Áreas naturais sob a proteção na Região Metropolitana de Curitiba*. São Paulo, 16p., mapa esc. 1:250.000.
- TURNER, F.J., WILLIAMS, H., GILBERT, C.M. 1970 - *Petrografia*. São Paulo: Polígono. 445p.
- TURNER, F.J. - 1981 - *Metamorphic Petrology Mineralogical and Fields Aspects*. Mc Grow Hill Book Company. New York. 403 p.
- VAGT, V. - 1997. *Lime*. Minerals and Metals Sector, Natural Resources Canada, Canadian Minerals Yearbook, 1997
- VAGT, O. - 2002 - *Stone*. In Mineral and Metal Commodity Review, Canadian Minerals Yearbook. Website: www.nrcan.gc.ca/mms/cmy/pref_e.htm
- VEIGA, A.T.C.; SALOMÃO, E.P. - 1980 - *A Formação São Sebastião e sua Importância Econômica*. An. XXXI Cong. Bras. Geol. v. 2. p. 826-831. Camboriú.
- VOLKWEISS, S. J., BOHNEN, H., TEDESCO, M. J., 1995 - *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de solos, Boletim Técnico n 1,95p
- WILLIAMS, H., TURNER, F.J., GILBERT, C.M. - 1970 - *Petrografia*. São Paulo - Ed. Polígono, 445 p.
- WINKLER, H.G.F. - 1976 - *Petrogênese das Rochas Metamórficas*. 4ª Edição. Porto Alegre. Co-edições UFRGS. 254 p.
- ZIMERMANN, C.R., 2002 - *Evolução Geomorfológica no Controle das Dissoluções Cársticas na Bacia Açungui/Ribeira: Aplicação como Instrumento de Exploração Sustentável de Rochas Calcárias*. V Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra-UFPR, Curitiba - PR.
- ZIMERMANN, C.R., 2003 - *Bacia Açungui / Ribeira - Paraná: Superfícies de Relevo e Dissoluções cársticas*. VI Seminário Ensino e Pesquisa do Setor de Ciências da Terra-UFPR, Curitiba - PR.
- ZIMERMANN, C.R., 2004 - *Exploração Sustentável de Rochas Calcárias através do Controle Morfoestrutural das Dissoluções Cársticas na Bacia Açungui/Ribeira* - Pr. Dissertação de Mestrado em Geol. Explor. SCT - UFPR, 210 p.
- ^aZIMERMANN, C.R., MANTOVANI, L.E., REBELO, A.M.A., REIS NETO, J.M., 2004 - *Superfícies de Relevo e Dissoluções cársticas na Bacia Açungui / Ribeira - Paraná*. XLII Cong. Bras. de Geolog. - Araxá - MG- S14-383p.
- ^bZIMERMANN, C.R., REBELO, A.M.A., MANTOVANI, L.E., REIS NETO, J.M., 2004 - *Superfícies de relevo e dissoluções cársticas na bacia Açungui / Ribeira - Paraná*. Bol. Paranaense de Geociências, Curitiba, submetido, Ed. UFPR.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)