

**MINERAIS DO PARANÁ S.A. - MINEROPAR**

**RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA**

**PROCESSO : DNPM 94/828.176**

**VOLUME 1 - TEXTOS**

**Gil F. Piekarz  
Gilmar Paiva Lima**

**Curitiba  
Agosto 1999**

**MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR**

**RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA**

**PROCESSO: DNPM 94/826.176**

**Gil F. Piekarz  
Gilmar Paiva Lima**

**Curitiba,  
Agosto 1999**

M  
553.411  
P. B. J. M.  
V. 1

MINEROPAR BIBLIOTECA

MINEROPAR BIBLIOTECA

MINEROPAR BIBLIOTECA

Registro n. 1496



Biblioteca/Mineropar

MINEROPAR  
BIBLIOTECA  
n. 1496 Oct 09-99

## **IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO**

**Número do Processo: DNPM 94/826.176**

**Número do Alvará de Pesquisa: 70 de 18/fev/1997**

**Substância mineral requerida e pesquisada: ouro**



## **IDENTIFICAÇÃO DO TITULAR**

**Nome: Minerais do Paraná S.A – MINEROPAR**

**Endereço: Rua Constantino Marochi, 800 – Curitiba-PR**

**Técnico responsável: Geól. Gil F. Piekarz**

**Número da carteira do CREA: 8218-D**



## **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

**Denominação do imóvel: Colônia Conceição**

**Distrito: Castro**

**Município: Castro**

**Sigla da Unidade da Federação: PR**

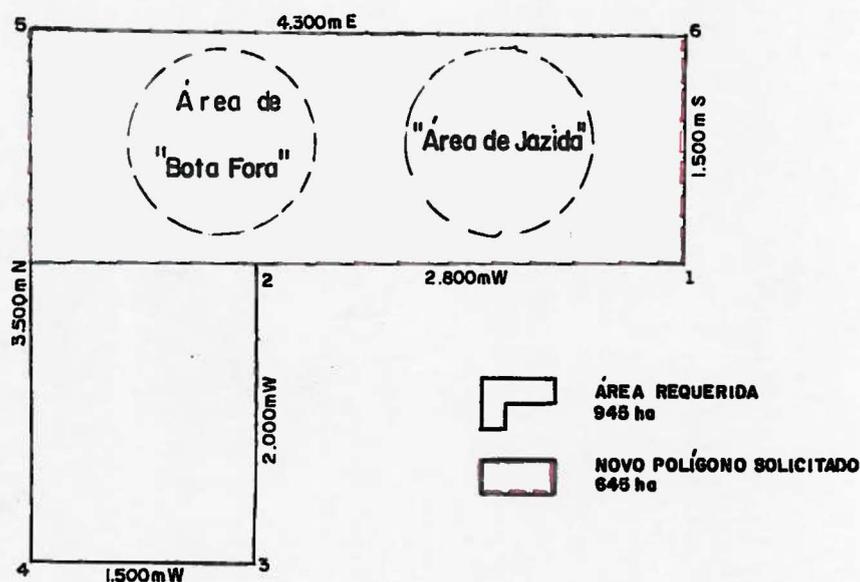
*P*

## NOVO MEMORIAL DESCRITIVO DA ÁREA REDUZIDA AOS LIMITES DA JAZIDA

Após os trabalhos de pesquisa na área do respectivo alvará, sugere-se a redução do mesmo, conforme a descrição do polígono abaixo (fig a):

Vértice 1 do Polígono escolhido a 1.160m no rumo verdadeiro S85E do ponto de amarração (PA) - confluência do Arroio Timbézinho com o Arroio Taboão com coordenadas geográficas latitude: 24°49'42,6''S e longitude 50°02'08,5''W. Os demais pontos do polígono escolhido como se segue:

Vértice 2 do polígono escolhido a 1.500m norte do vértice 1,  
Vértice 3 do polígono escolhido a 4.300m oeste do vértice 2,  
Vértice 4 do polígono escolhido a 1.500m sul do vértice3,  
Vértice 1 do polígono escolhido a 4.300m leste do vértice 4.



P

# SUMÁRIO

<b>1. GENERALIDADES</b> .....	01
<b>1.1 Introdução</b> .....	01
1.1.1 Apresentação .....	01
1.1.2 Informação sobre a substância pesquisada .....	02
<b>1.2 Fisiografia</b> .....	02
1.2.1 Morfologia .....	02
1.2.2 Hidrografia .....	02
1.2.3 Clima .....	02
1.2.4 Vegetação .....	02
<b>1.3 Infra-estrutura</b> .....	03
1.3.1 Localização, vias de acesso e escoamento .....	03
1.3.2 Infra-estrutura básica .....	03
<b>1.4 Conhecimentos regionais</b> .....	03
1.4.1 Generalidades .....	03
1.4.2 Tectônica e estrutura da área .....	05
<b>2. METODOLOGIA DE TRABALHO</b> .....	05
<b>2.1 Metodologia de trabalho da primeira fase de pesquisa</b> .....	06
2.1.1 Metodologia de trabalho aplicada ao mapeamento geológico na escala 1:25.000. ....	06
2.1.2 Metodologia de trabalho aplicada a prospecção geoquímica de semidetalle	07
2.1.3 Dados físicos de produção .....	12
<b>2.2 Metodologia de trabalho da segunda fase de pesquisa</b> .....	13
<b>2.3 Metodologia de trabalho da terceira fase de pesquisa</b> .....	13
2.3.1 Trabalhos de topografia .....	13
2.3.2 Amostragem de solos e mapa geoquímico de solos .....	14
2.3.3 Mapeamento geológico .....	14
2.3.4 Sondagens .....	14
2.3.5 Cubagem de minério aurífero .....	15
2.3.6 Ensaios tecnológicos/beneficiamento .....	15
<b>3 RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	15
<b>3.1 Resultados obtidos da primeira fase de pesquisa</b> .....	15
3.1.1 Mapeamento geológico na escala 1:25.000 .....	15
3.1.2 Prospecção geoquímica de semidetalle .....	24



<b>3.2 Resultados obtidos da Segunda fase de pesquisa.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Resultados obtidos da terceira fase de pesquisa.....</b>	<b>27</b>
3.3.1 Geoquímica de solos.....	27
3.3.2 Mapeamento geológico de detalhe.....	28
3.3.3 Sondagens.....	30
3.3.4 Modelo de mineralização.....	30
<b>4. CÁLCULO DE RESERVAS.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Reserva medida.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Reserva indicada.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Reserva inferida.....</b>	<b>35</b>
<b>4.4 Resumo da estimativa de reservas.....</b>	<b>37</b>
<b>5. ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO.....</b>	<b>37</b>
<b>5.1 Objetivos.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Metodologia.....</b>	<b>38</b>
<b>5.3 Resultados Obtidos.....</b>	<b>38</b>
<b>5.4 Análise dos resultados.....</b>	<b>38</b>
<b>6. ANÁLISE PRELIMINAR DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....</b>	<b>39</b>
<b>6.1 Parâmetros utilizados.....</b>	<b>39</b>
<b>6.2 Análise econômica.....</b>	<b>40</b>
6.2.1 Investimentos iniciais.....	40
6.2.2 Receita.....	40
6.2.3 Custos operacionais.....	41
6.2.4 Análise de viabilidade.....	41
<b>6.3 Conclusões.....</b>	<b>41</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

4

## FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Localização da Área Trabalhada.....	03
Tabela 1 - Estratigrafia do Grupo Castro.....	04
Tabela 2 - Sumário estatístico das Populações Geoquímicas.....	08
Tabela 3 - Matrizes de Correlação para os Elementos Analisados.....	10
Tabela 4 - Dados Físicos de Produção.....	12
Tabela 5 - Modelos Exploratórios Aplicáveis as Molassas do Paraná.....	25



## ANEXOS

- Anexo 1 – Mapa geológico 1:25.000 da primeira fase de pesquisa
- Anexo 2 – Mapas geoquímicos de semi detalhe da primeira fase de pesquisa
- Anexo 3 – Mapa de anomalias de sedimento de corrente da primeira fase de pesquisa
- Anexo 4 – Mapa de anomalias de concentrados de bateia da primeira fase de pesquisa
- Anexo 5 – Mapa de localização das estações de amostragem da prospecção geoquímica da primeira fase de pesquisa.
- Anexo 6 – Boletins Analíticos da prospecção geoquímica da primeira fase de pesquisa.
- Anexo 7 – Mapa de localização das amostras coletadas para contagem de pintas de ouro da segunda fase de pesquisa.
- Anexo 8 – Mapa de integração dos resultados obtidos da segunda fase de pesquisa.
- Anexo 9 – Resultados analíticos da contagem de pintas de ouro da segunda fase de pesquisa.
- Anexo 10 – Resultados analíticos de ouro em rocha.
- Anexo 11 – Mapa geológico de detalhe da terceira fase de pesquisa.
- Anexo 12 – Mapa geoquímico de solos da terceira fase de pesquisa.
- Anexo 13 – Boletins analíticos da prospecção geoquímica de solos da terceira fase de pesquisa.
- Anexo 14 – Perfis geológicos transversais à mineralização aurífera.
- Anexo 15 – Perfis de sondagem.
- Anexo 16 – Resultados analíticos dos testemunhos de sondagem.
- Anexo 17 – Termo de convênio de cooperação técnica entre MINEROPAR e DOCEGEO.
- Anexo 18 – Mapa de localização dos perfis e furos de sondagem.
- Anexo 19 – Perfis de avaliação de reservas
- Anexo 20 – Análises químicas de ouro dos testes de beneficiamento
- Anexo 21 – Estudos petrográficos

# 1. GENERALIDADES

## 1.1 Introdução

### 1.1.1 Apresentação

O presente relatório final de pesquisa refere-se a uma área requerida para pesquisa de ouro em rochas vulcânicas cambro-ordovicianas do Grupo Castro.

Os trabalhos de pesquisa iniciaram através de uma pesquisa de âmbito regional em uma área total de 230 Km<sup>2</sup> em rochas do Grupo Castro, com a finalidade de descobrir depósitos polimetálicos, incluindo o ouro. Este trabalho constou basicamente de mapeamento geológico na escala 1:25.000 e prospecção geoquímica de sedimento de corrente e concentrados de bateia na mesma área. Deste trabalho resultaram a elaboração de modelos geológicos, relacionados ao vulcanismo, para diversos metais e de anomalias geoquímicas consistentes a serem investigadas em maior detalhe. Já nesta etapa ficou clara a possibilidade de mineralizações auríferas do tipo epitermal, associadas ao vulcanismo, mais especificamente relacionadas a centros vulcânicos.

De posse dos modelos elaborados, selecionou-se algumas anomalias a serem investigadas em maior detalhe, com destaque a uma anomalia de ouro em concentrado de bateia associada a um centro vulcânico de riolitos maciços. Sobre a área desta anomalia, anomalia nº3, realizou-se prospecção geoquímica de detalhe em concentrados de bateia para a caracterização da existência de pintas de ouro em drenagem que viessem a dar suporte quantitativo a uma possível mineralização de ouro. Os resultados foram positivos e já na campanha de investigação geológica desta anomalia foram encontradas rochas silicosas, provenientes de alteração hidrotermal relacionada a centro vulcânico, cujas análises químicas acusaram a presença de ouro a nível de minério.

Encontrada a mineralização aurífera, este alvo, com aproximadamente 1 Km<sup>2</sup>, foi priorizado para pesquisa de detalhe a fim de comprovar a existência de um depósito de ouro economicamente viável. Estes trabalhos de pesquisa se deram através do mapeamento geológico de detalhe, prospecção geoquímica de solos em detalhe, sondagens rotoperkusivas e testes tecnológicos/beneficiamento da mineralização.

Ao final os trabalhos de pesquisa mostraram a existência de uma jazida de ouro, com um volume total 1,622 milhões de m<sup>3</sup> de minério com teor médio de 0,43 ppm, resultando em 1.742Kg de ouro para um teor de corte de 0,20ppm, como se comprovará ao longo deste relatório.

Os trabalhos da 3º fase de pesquisa, mapeamento geológico de detalhe, prospecção geoquímica de solos e sondagens foram realizadas pela DOCEGEO – Rio Doce Geologia e Mineração. Os dados foram negociados com a MINEROPAR, tendo em vista o Termo de Convênio que celebram entre si estas duas empresas (anexo 16).

### **1.1.2 – Informação sobre a substância pesquisada**

A substância mineral requerida e pesquisada foi o ouro. Na demanda nacional deste metal, distinguem-se dois segmentos básicos: o industrial, constituído pelas indústrias de joalheria, eletrônica, odontologia e outros fins industriais decorativos; e o destinado para o entesouramento, constituído pelas compras oficiais governamentais e pelo setor privado, ambos com fins de investimento.

A maior consumidora do mercado físico é a indústria joalheira, que nesta década, respondeu por aproximadamente 87% do consumo da quantidade de metal. Seguem-se em importância a indústria eletrônica, a de produtos odontológicos e outras indústrias como a química, têxtil, produtos de decoração, etc.

## **1.2 Fisiografia**

### **1.2.1 Morfologia**

Segundo Fuck (1969) esta região está inserida no Primeiro Planalto Paranaense, entre a Serra do Mar e as escarpas da Bacia do Paraná. Este planalto apresenta-se com cotas entre 950 e 1350m, com colinas suaves e muito arrasado. Na região trabalhada, o Grupo Castro mostra um relevo ondulado com desníveis de até 200m. Geralmente as partes mais altas, formando morros, são sustentadas por centros de vulcanismo riolítico – Domos Riolíticas. As rochas sedimentares e os ignimbritos, extensamente representados, formam as regiões mais aplainadas.

### **1.2.2 Hidrografia**

A região trabalhada, bem como toda a área de abrangência do Grupo Castro, pertencem a bacia do Rio Iapó, afluente do Rio Tibagi. A rede de drenagem é controlada pelas estruturas geológicas, especialmente o sistema de fraturas e falhas NE e pelo sistema NW, onde se encaixam os diques de diabásio mesozóicos. Localmente aparecerem drenagens radiais centrífugas relacionadas a centros vulcânicos.

### **1.2.3 Clima**

O clima da região é mesotérmico, brando, superúmido e sem seca (Lopes Jr., 1979). A temperatura média oscila entre 14°C e 18°C, enquanto a média do mês mais quente varia entre 20°C a 22°C. A pluviosidade média anual é da ordem de 1.414 mm, com intensificação das chuvas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

### **1.2.4 Vegetação**

Sobre as litologias vulcano-sedimentares do Grupo Castro ocorre uma intensa devastação antrópica das matas naturais, descaracterizando totalmente a vegetação original. De acordo com Maack (1968) esta região faz parte das matas de araucária que se constitui

uma parte especial da mata pluvial-subtropical, cujo desenvolvimento se realciona intimamente com a altitude, ou seja a partir dos 500m de altitude.

### **1.3 Infra-Estrutura**

#### **1.3.1 Localização/vias de acesso e escoamento**

Este alvará situa-se entre 2km e 12km a SSW da cidade de Castro, Município e Comarca de Castro, na porção oriental da Folha SG-22-D-IV, escala 1:100:000, editada em 1964 pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército (fig 1).

O acesso, a partir de Curitiba, é feito inicialmente pela BR-277 e BR-376, ambas de pista dupla, até Ponta Grossa num percurso de 110 km. Desta cidade toma-se a PR-151, pavimentada, de pista dupla, que conduz à cidade de Castro, distante 40km de Ponta Grossa. A área situa-se aproximadamente 4 km antes de Castro. Da PR-151 ramificam-se inúmeras estradas municipais e vicinais que adentram a área, geralmente em bom estado de conservação.

O escoamento nesta região é facilitado pois a área situa-se a menos de 4 Km de rodovia asfaltada dupla PR-151, que liga Castro a Ponta Grossa.

#### **1.3.2 Infra-estrutura básica**

O município de Castro, ao qual pertence integralmente esta área, representa um dos núcleos industriais e agrícolas mais importantes do Estado do Paraná. Desta forma conta com excelente infraestrutura de apoio, principalmente no que diz respeito ao acesso e à energia disponível. Estão situadas neste município duas importantes cooperativas de laticínios, Castrolanda e Batavo. A área em questão situa-se aproximadamente a 2 km da PR-151, asfaltada, e a 4 km SW de Castro, e é servida de energia elétrica e por estradas macadamizadas em bom estado de conservação.

O abastecimento de água, a ser utilizado para o consumo e para o tratamento do minério, é satisfatório e abundante, haja vista a existência de córregos que drenam a região mineralizada. Salienta-se que no local não ocorrem alagamentos, devido ao relevo ondulado, facilitando inclusive a futura construção de represas para o tratamento da água de mina.

SATISFATORIO

### **1.4 Conhecimentos regionais**

#### **1.4.1 Generalidades**

A ocorrência de riolitos e arcósios foi registrada pela primeira vez na região de Castro e Pirai do Sul por Derby (1878), enquanto a sua posição estratigráfica intermediária ao Grupo Açungui e à Formação Furnas foi sugerida por Woodworth (1916). Este mesmo

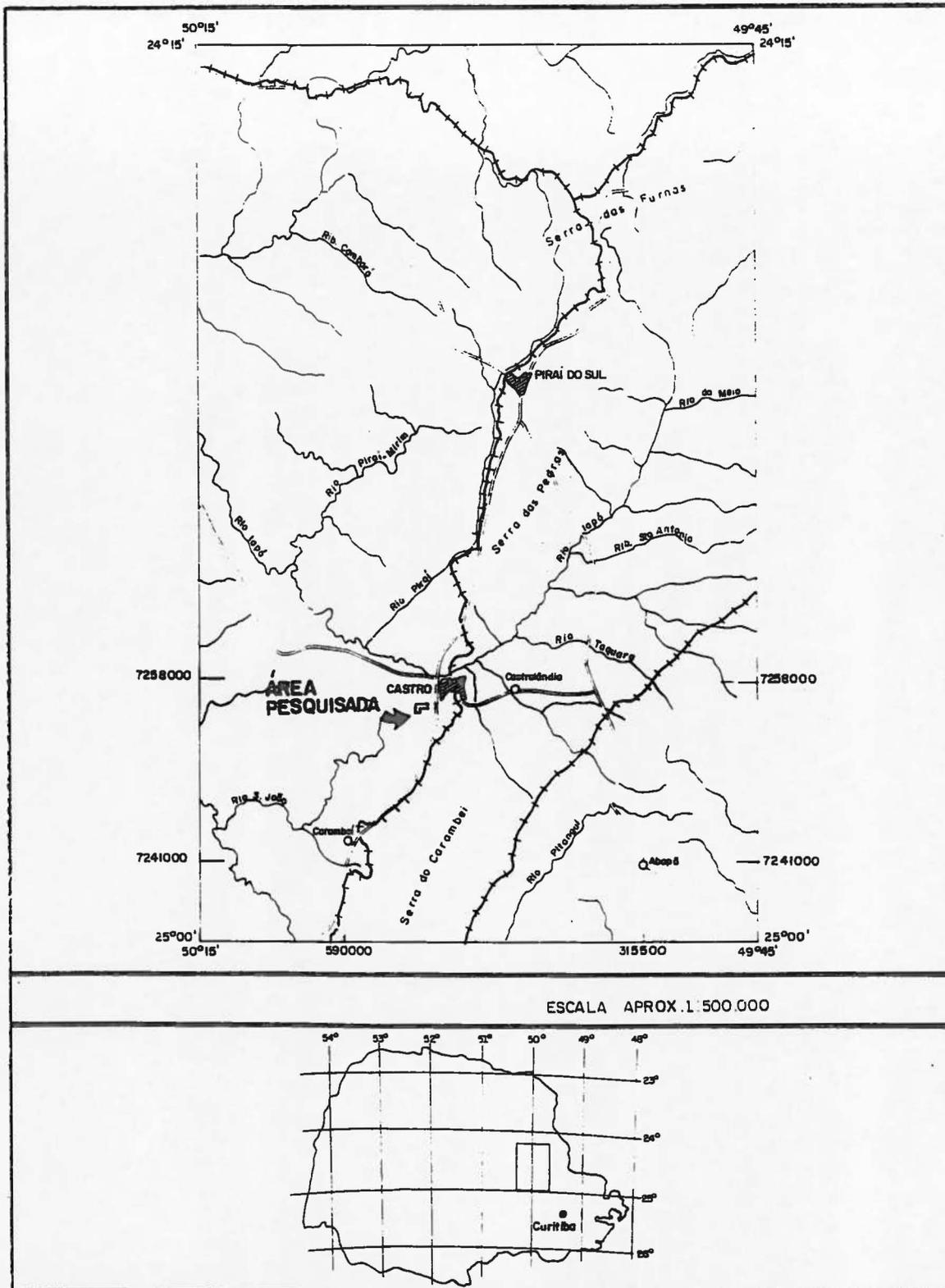


Fig 01 Localização da área trabalhada

autor descreveu, ainda, ocorrências de folhelhos e conglomerados dentro da mesma unidade. Posteriormente, Oliveira (1927, 1936) correlacionou os arenitos arcósiolos da Serra de Sant'Ana com os metassedimentos da então denominada Série Açungui e realizou um estudo petrográfico dos riolitos de Castro. Em trabalhos semelhantes, Leinz (1936) identificou três variedades petrográficas de riolitos, na mesma região.

A análise estratigráfica desta unidade recebeu a contribuição de Maack (1947), ao determinar a posição da Formação Iapó, intermediária ao Grupo Castro e à Formação Furnas. A primeira interpretação global desta estratigrafia foi feita, entretanto, por Coutinho (1955), com base na hipótese da diferenciação de um magma básico. Os riolitos representariam os produtos finais desta diferenciação, enquanto os arcósios seriam contemporâneos à formação das rochas gabróides. A assimilação destes sedimentos pelo magma básico seria responsável pela formação das lavas riolíticas.

Gomes (inédito), em análises de testemunhos de sondagens da Petrobrás, no Paraná e em Santa Catarina, registrou uma extensão regional importante para uma formação pré-Furnas, por ele correlacionada à Formação Iapó. Esta correlação foi posteriormente questionada por Trein e Fuck (1967) ao definirem o Grupo Castro. O trabalho da Comissão da Carta Geológica do Paraná foi o primeiro mapeamento global desta unidade, em escala de semidetalhe, e permitiu aos seus autores estabelecer uma analogia entre os testemunhos da Petrobrás e o Grupo Castro.

O presente mapeamento limitou-se a pequena porção da área total de ocorrência do Grupo Castro, restrita quase exclusivamente à fase vulcânica ácida da sequência. Adota-se, por isto, a interpretação de Trein e Fuck (op. cit.), que é abaixo reproduzida, com adaptação (tab 1).

IDADE	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	SUBDIVISÃO (SEQUÊNCIAS)	LITOLÓGIAS
Devoniano	Formação Furnas		Arenitos
Ordoviciano/ Siluriano	Grupo Castro	Vulcânica Intermediária	Andesitos, arenitos, conglomerados, lamitos
		Vulcânica Ácida Superior	Riolitos, tufos e sedimentos como acima
		Sedimentar	Arcósios, siltitos, lamitos, conglomerados
		Vulcânica Ácida Inferior	Idem à Seq. Vulcânica Ácida Superior
Pré-Cambriano	Grupo Açungui Cunhapuranga		Metassedimentos Granito

Tab. 1 – Estratigrafia do Grupo Castro, adaptada de Trein e Fuck (1967)

## 1.4.2 Tectônica e geocronologia do Grupo Castro

A caracterização do grupo Castro como sequência molássica associada ao final do ciclo brasileiro, remonta aos trabalhos de Trein e Fuck (op. Cit.). Dentro do esquema evolutivo de Dewey e Bird (1970) para as bacias oceânicas, em concordância com a teoria da tectônica de placas, o domínio de formação das molassas corresponderia a um tafrogeossinclíneo estruturado por fossas e muralhas. O regime tectônico imperante em tal domínio da crosta continental, já em estágio de cratonização, envolve movimentos essencialmente verticais, com reduzida compressão tangencial, de modo que os dobramentos são suaves, quando existentes, e a deformação limita-se quase exclusivamente aos falhamentos de gravidade.

A idade pré-devoniana do Grupo Castro é reconhecida desde Woodworth (op.cit), que estabeleceu a sua posição estratigráfica entre a Formação Furnas e o Grupo Açungui. O mapeamento de Trein e Fuck (op.cit.) confirmou a interpretação pioneira de Woodworth e foi, por sua vez, confirmada pela datação geocronológica de Cordoni (1974). Determinações feitas em três amostras de riolitos, pelo método Rb-Sr, acusaram uma isócrona de 425 +/- 15 milhões de anos, o que coloca o Grupo Castro no Ordoviciano Superior - Siluriano Inferior.

A correlação entre as diversas coberturas molássicas do sul do país tem sido feita por vários autores (Trein e Fuck, op. cit.; Daitx e Carvalho, 1980). As semelhanças litológicas e estruturais justificam tal correlação, mas existem importantes diferenças que devem ser consideradas. Interessa a análise desta questão, pois ela se relaciona diretamente com a validade de aplicação de modelos metalogenéticos às nossas sequências, construídos a partir dos depósitos conhecidos no Rio Grande do Sul, particularmente a Mina Camaquã e a Jazida Santa Maria.

Analogias existem, realmente, entre as diferentes sequências pós-orogênicas do Sul do País, principalmente em relação ao ambiente tectônico geral, à assembléia vulcano-sedimentar como um todo, à diferenciação das lavas e aos ambientes de sedimentação. Todos os dados indicam que a Formação Maricá, Grupo Bom Jardim, Grupo Camaquã, Grupo Itajaí, Formação Campo Alegre, Formação Guaratubinha, Formação Camarinha e Grupo Castro constituem unidades preservadas da fase pós-orogênica do Ciclo Brasileiro.

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

Os trabalhos de pesquisa foram realizados em 3 (três) fases. A primeira fase foi de avaliação regional, envolvendo aproximadamente 40% do Grupo Castro, onde foi realizado mapeamento geológico na escala 1:25.000 e prospecção geoquímica de sedimentos ativos de drenagem.

A segunda fase restringiu-se a avaliação geoquímica para ouro em alvos pré determinados na primeira fase, através de geoquímica de sedimentos ativos de drenagem e reconhecimento geológico. A terceira fase foi de pesquisa de detalhe para ouro em alvo

descoberto na fase 2, envolvendo prospecção geoquímica de solos, mapeamento geológico de detalhe, sondagens, cubagem do minério e ensaios tecnológicos da mineralização.

## **2.1 Metodologia de trabalho da primeira fase de pesquisa**

Esta etapa envolveu o mapeamento geológico, em escala 1:25.000 em 230 Km<sup>2</sup> do Grupo Castro (anexos 1 e 2); e de Prospecção Geoquímica de Semidetalhe na mesma área (anexos 3, 4, 5 e 6).

### **2.1.1 Metodologia de trabalho aplicada ao mapeamento geológico na escala 1:25.000**

Para a consecução dos objetivos propostos e a satisfação dos requisitos normais de um mapeamento desta escala, adotou-se o critério de executar este trabalho através de uma rede de caminhamentos por estradas e drenagens, de modo a permitir a maior integração possível dos dados obtidos nos afloramentos isolados. Esta malha de perfis geológicos foi progressivamente adensada, a partir das estradas principais, até a execução de caminhamentos ao longo das linhas de drenagem ou encostas.

Precedendo os trabalhos de campo foi realizada fotointerpretação geológica sobre fotomosaicos na escala 1:100.000 e aerofotos nas escalas 1:70.000 e 1:25.000. Esta combinação de escalas permitiu o aprimoramento da análise estrutural macroscópica, que obedeceu a seguinte sequência:

1º) Análise de lineamentos tectônicos regionais sobre fotomosaicos, na escala de 1:100.000.

2º) Análise de lineamentos tectônicos intraformacionais sobre aerofotos, com estereoscopia, na escala de 1:70.000.

3º) Análise estrutural de afloramentos, durante o mapeamento geológico, na escala de 1:25.000.

4º) Estabelecimento de correlações entre estruturas meso e macroscópicas, por fotointerpretação, na escala de 1:25.000.

Os estudos petrográficos de laboratório foram executados em lâminas delgadas, confeccionadas no TECPAR. A petrografia foi realizada no Laboratório de Petrografia da MINEROPAR, sob a responsabilidade da geóloga Rosa Maria de Souza.

As bases cartográficas utilizadas neste mapeamento foram confeccionadas a partir de fotointerpretação e montagem de folhas de 5' x 5', com controle através de pontos de referência existentes na folha topográfica do Serviço Geológico do Ministério do Exército, em escala de 1:100.000, edição de 1964.

## **2.1.2 Metodologia de trabalho aplicada a prospecção geoquímica de semi detalhe**

### **2.1.2.1. Técnicas de amostragem**

As estações geoquímicas foram planejadas a partir de bases planialtimétricas, escala 1:25.000, compiladas de aerofotos obtidas pelo ITC, em 1980, na mesma escala.

A densidade média para sedimentos de corrente é de 01 amostra para cada 0,25 km<sup>2</sup>, totalizando 892 estações planejadas, das quais 822 foram coletadas. As 70 restantes não o foram por dificuldades criadas pelos proprietários das áreas.

O material amostrado, sedimentos ativos de corrente, foi coletado com as mãos em vários pontos da drenagem em uma distância linear de 15 m lineares (amostragem composicional).

Os dados inerentes ao sítio da amostragem (ph, composição granulométrica, velocidade da água, profundidade, data, etc), foram obtidos e transcritos para a "Ficha Geoquímica de Campo". O material coletado é identificado e acondicionado em embalagem de pano com o intuito de apressar a secagem e manter as condições aeróbicas do seu meio original.

A amostragem por concentrados de bateia foi realizada concomitantemente com os sedimentos ativos de drenagem. O material amostrado foi preferencialmente o cascalho grosseiro depositado nas partes de maior gradiente hidráulico. O volume de material original foi de 15 litros, medidos em vasilhame plástico. Das 67 amostras planejadas, coletaram-se 62, ficando 5 não amostradas por motivos diversos. Estas 67 amostras planejadas correspondem a uma densidade média de 01 amostra para 3,43 km<sup>2</sup>.

### **2.1.2.2 - Técnicas Analíticas**

As análises dos sedimentos de corrente e concentrados de bateia foram efetuados nos Laboratórios do TECPAR e GEOSOL.

#### **A - Sedimentos de corrente (TECPAR)**

- análise de fração menor do que malha 80 (<80 mesh)
- dosagem para sete elementos Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, por espectrofotometria de absorção atômica após abertura com Água Régia, a quente, 3:1.
- dosagem para 5 elementos - Cu, Pb, Zn, Ni e Co por espectrofotometria de absorção atômica, após abertura por EDTA 0,25%, a frio, nas amostras consideradas anômalas.

#### **B - Concentrados de bateia (TECPAR)**

- análise da fração total após pulverização até malha menor que 200 # (<200 mesh).
- dosagem para Au por espectrofotometria de absorção atômica após abertura com Água Régia, a quente 3:1 (Au) e Ácido Nítrico, a quente, para Ag.

### 2.1.2.3. Técnicas de Interpretação

#### A - Sedimentos de corrente

As amostras, para efeito de tratamento estatístico, foram agrupadas em 05 (cinco) populações, assim relacionadas.

POPULAÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS
I - Rochas Graníticas	62
II - Grupo Castro (parcial)	419
III - Tufos Cineríticos	217
IV - Rochas Sedimentares	37
V - Formação Furnas	87

Cada população foi listada e submetida a tratamento estatístico. Os cálculos por elementos envolvem a média aritmética e o desvio padrão; calculou-se também os índices de correlação para cada par de variável. Foi realizado também cálculo matricial dentro de cada população para a análise dos elementos correlacionáveis.

Após o cálculo estatístico simples, iniciou-se a confecção das histogramas por elemento/população; na etapa seguinte confeccionou-se os gráficos de distribuição em papel log-probabilidade, segundo o método de Sinclair, J.A. (1976). No caso da curva de distribuição configurar-se como normal, optou-se por gráfico de probabilidade aritmética.

Tab 2 - Sumário estatístico das populações I, II, III, IV e V; X - média aritmética, S - desvio padrão, Xg - média geométrica, Sg - desvio geométrico. Distribuição Bimodal.

Nº62	SUMÁRIO ESTATÍSTICO								PERCENTIS		
	X	S	X+S	X+2S	Xg	Xg+Sg	Xg+2Sg	Limi ar	90	95	97
Cu	16	11	27	38	12	22	39	39	26	33	35
Pb	41	58	99	157	31	50	79	79	57	69	77
Zn	61	35	96	131	-	-	-	66	47	54	58
Ni	11	6	17	23	-	-	-	16	13	15	17
Co	16	10	26	36	12	24	40	36	29	39	46
As	2.51	3.25	5.76	9.01	1.15	3.7	11	10	5	9	11
Fe	25700	15290	40990	56280	23000	41000	74000	58000	50000	60000	70000
Mn	343	377	720	1097	230	600	1500	1500	800	1100	1400

SUMÁRIO ESTATÍSTICO									PERCENTIS		
POPULAÇÃO II											
Nº419	X	S	X +S	X+2S	Xg	Xg+Sg	Xg+2Sg	Límiar	90	95	97
Cu	26	26	52	78	17	43	105	105	56	87	97
Pb	33	14	47	61	29	46	70	70	52	63	69
Zn	90	66	156	222	-	-	-	240	140	171	191
Ni	17	10	27	37	13	25	45	45	30	38	44
Co	22	17	39	56	17	35	67	67	43	56	65
As	11.08	13.15	24.23	37.28	-	-	-	68	24	39	44
Fe	36000	30000	66000	96000	44000	58500	120000	100000	72000	94000	110000
Mn	983	2439	3422	5862	500	1300	5200	5200	2200	3500	4700

SUMÁRIO ESTATÍSTICO									PERCENTIS		
POPULAÇÃO III											
Nº217	X	S	X +S	X+2S	Xg	Xg+Sg	Xg+2Sg	Límiar	90	95	97
Cu	30	29	59	88	22	48	102	98	60	81	99
Pb	28	13	41	54	25	36	62	62	45	55	61
Zn	91	62	153	215	77	125	250	250	170	211	241
Ni	19	15	34	49	14	25	60	55	36	48	56
Co	22	14	36	50	17	30	66	62	42	55	65
As	9.4	18.6	28	46.6	-	-	-	20	12	15	17
Fe	34360	22030	56390	78420	-	-	-	69000	50500	58000	62000
Mn	693	690	1383	2073	450	1250	3250	3250	1650	2350	3000

SUMÁRIO ESTATÍSTICO									PERCENTIS		
POPULAÇÃO IV											
Nº37	X	S	X +S	X+2S	Xg	Xg+Sg	Xg+2Sg	Límiar	90	95	97
Cu	21	10	31	41	-	-	-	36	-	-	-
Pb	32	11	43	54	-	-	-	47	-	-	-
Zn	55	25	80	105	-	-	-	96	-	-	-
Ni	16	5	21	26	-	-	-	24	-	-	-
Co	18	13	31	44	-	-	-	76	-	-	-
As	7.7	7.63	14.9	22.5	-	-	-	20	-	-	-
Fe	37254	26000	89254	115254	-	-	-	6500	-	-	-
Mn	416	587	1003	1590	-	-	-	1650	-	-	-

SUMÁRIO ESTATÍSTICO									PERCENTIS		
POPULAÇÃO V											
Nº87	X	S	X +S	X+2S	Xg	Xg+Sg	Xg+2Sg	Límiar	90	95	97
Cu	44	46	90	136	30	74	180	132	100	141	171
Pb	18	13	31	44	-	-	-	35	26	32	35
Zn	54	41	95	136	42	86	175	140	108	141	171
Ni	12	9	21	30	9	18	35	32	22	29	34
Co	14	21	35	56	8	21	55	55	28	41	52
As	5.5	6.3	11.9	18.3	4	8.5	23	19	12	18	23
Fe	22920	25390	48310	73700	15000	42000	110000	96050	55000	80000	100000
Mn	235	460	695	1155	100	360	1700	1700	580	1000	1500

**Tab. 3 Matrizes de correlação para todos os elementos analisados**

	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	As	Fe	Mn	pH
Cu	1,0	0,11	0,43	0,67	0,25	0,47	0,49	0,08	-0,29
Pb		1,0	0,20	0,25	0,19	0,05	0,20	0,25	-0,01
Zn			1,0	0,48	0,34	-0,13	-0,24	0,50	0,00
Ni				1,0	0,60	0,50	0,60	0,10	-0,10
Co					1,0	0,37	0,66	0,57	0,07
As						1,0	0,49	0,02	-0,21
Fe							1,0	0,41	0,07
Mn								1,0	0,23
pH									1,0

*Tab 3a – Matriz de correlação para os elementos analisados, sedimentos de corrente, população I (Rochas Graníticas).*

	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	As	Fe	Mn	pH
Cu	1,0	0,01	0,42	0,38	0,45	-0,14	0,35	0,18	0,60
Pb		1,0	0,02	0,45	-0,01	0,16	-0,01	-0,14	0,08
Zn			1,0	0,56	0,41	-0,11	0,14	0,52	0,02
Ni				1,0	0,25	0,07	0,65	0,51	0,24
Co					1,0	0,02	0,72	0,71	0,05
As						1,0	0,03	0,03	-0,12
Fe							1,0	0,53	0,18
Mn								1,0	0,25
pH									1,0

*Tab 3b – Matriz de correlação para os elementos analisados, sedimentos de corrente, população II (Grupo Castro).*

	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	As	Fe	Mn	pH
Cu	1,0	0,04	0,01	0,11	0,21	0,19	0,02	0,29	0,26
Pb		1,0	0,43	-0,01	0,33	0,15	-0,08	0,28	-0,09
Zn			1,0	0,00	0,05	0,02	0,66	0,61	-0,13
Ni				1,0	0,81	0,04	0,74	0,58	-0,08
Co					1,0	0,00	0,80	0,71	0,26
As						1,0	-0,02	0,09	0,07
Fe							1,0	0,47	0,29
Mn								1,0	0,31
pH									1,0

*Tab 3c – Matriz de correlação para os elementos analisados, sedimentos de corrente, população III (Tufos Cineríticos).*

	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	As	Fe	Mn	pH
Cu	1,0	0,23	0,39	0,57	0,17	0,23	0,22	0,00	0,09
Pb		1,0	0,30	0,20	-0,02	0,23	0,25	-0,03	0,40
Zn			1,0	0,70	0,28	0,17	0,46	0,16	0,44
Ni				1,0	0,76	0,51	0,59	0,60	0,38
Co					1,0	0,56	0,69	0,89	0,51
As						1,0	0,73	0,42	0,26
Fe							1,0	0,48	0,53
Mn								1,0	0,54
pH									1,0

*Tab 3d – Matriz de correlação para os elementos analisados, sedimentos de corrente, população IV (Rochas Sedimentares).*

	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	As	Fe	Mn	pH
Cu	1,0	0,16	0,82	0,74	0,65	0,19	0,55	0,67	0,18
Pb		1,0	0,02	0,38	0,33	0,01	0,03	0,12	0,09
Zn			1,0	0,61	0,62	0,10	0,58	0,73	0,38
Ni				1,0	0,40	0,22	0,68	0,63	0,38
Co					1,0	0,31	0,75	0,80	0,21
As						1,0	0,29	-0,03	0,2
Fe							1,0	0,70	0,37
Mn								1,0	-0,09
pH									1,0

Tab 3e – Matriz de correlação para os elementos analisados, sedimentos de corrente, população V (Formação Furnas).

Para auxiliar a determinação e configuração dos “trends” anômalos utilizou-se faixas de percentis que foram definidos através das curvas de distribuição de frequência acumulada, determinando as faixas : Percentil 90 – 95 3ª ordem, Percentil 95 – 97 2ª ordem, Percentil 97 1ª ordem. A Partir destes parâmetros , delimitou-se as zonas anômalas em função das bacias de captação abrangidas pelas estações geoquímicas.

Após a listagem das amostras anômalas, as consideradas como de 1ª ordem foram submetidas a abertura por ácido fraco (EDTA), dosando-se para Cu, Pb, Zn, Ni e Co. esta técnica permite definir as taxas de extratibilidade, obtidas através da razão metal parcial EDTA/metal total (Água Régia), que são utilizadas para auxiliar a interpretação geoquímica na tentativa de identificação das fontes causadoras de anomalias, sejam elas filiadas à (s) ocorrência(s) mineral(is) e/ou ambiental(is).

As prioridades e potencialidades foram definidas analisando-se os seguintes parâmetros: contraste em relação à média aritmética, associação química, extratibilidade, geologia, expressão geoquímica, ambiente secundário, presença de Fe e/ou Mn, etc.

#### B - Concentrados de Bateia

Em consequência do baixo número de amostras coletadas (62) não se realizou qualquer tratamento estatístico, optando-se pela definição de anomalias para valores absolutos situados acima do limite de sensibilidade dos métodos utilizados; estes limites foram de 0,5ppm para Ag e 0,05 ppm para Au.

Os contornos das zonas delimitadas foram feitos em função das áreas de cada bacia ou conjunto de bacias anômalas.

O procedimento utilizado para a avaliação das prioridades e potencialidades foram semelhantes aos utilizados para sedimentos de corrente, onde baseou-se nos seguintes parâmetros: contraste em relação à sensibilidade do método, associação geoquímica, expressão geoquímica, ambiente geológico, etc.

### *C - Apresentação dos Resultados*

Os dados geoquímicos são apresentados em mapas na escala 1:25.000, conforme as especificações:

c1 – Mapas de localização das estações de amostragem para sedimentos de corrente e concentrados de bateia, 03 (três) quadriculas (Anexo 5).

c2 – Mapa de anomalias para sedimentos de corrente e mapa de anomalias para concentrados de bateia. Ambos integram as 03 (três) quadriculas (Anexos 3 e 4).

#### **2.1.3 Os dados Físicos de Produção**

A tabela 04, abaixo, resume os dados físicos de produção do Projeto Castro, que foi desenvolvido nesta primeira fase.

Fotointerpretação geológica (1:70.000) .....	960 km <sup>2</sup>
Fotointerpretação geológica (1:25.000) .....	230 km <sup>2</sup>
Mapeamento Geológico (1:25.000) .....	230 km <sup>2</sup>
Pontos de controles marcados .....	811 unidades
Densidade média de controle .....	3,5 pt/km <sup>2</sup>
Dias de campo (1 geólogo) .....	85 dias
Produção média de mapeamento .....	2,6 km <sup>2</sup> /dia
Amostras de rochas coletadas .....	265 unidades
Densidade média de amostragem .....	1,50 am/ km <sup>2</sup>
Amostras de sedimentos de corrente .....	822 unidades
Amostras de concentrado de bateia.....	62
Análises químicas.....	9.989 unidades
Lâminas petrográficas descritas .....	58 unidades
Bases cartográficas confeccionadas .....	3 unidades
Relatórios apresentados .....	2 unidades

## **2.2 Metodologia de trabalho da segunda Fase de Pesquisa**

Tendo por base os modelos exploratórios e as anomalias auríferas detectadas na fase 1, foram selecionados os alvos 13 A (sedimento de corrente) e 3 (concentrado de bateia) para serem avaliados em maior detalhe (anexos 7,8,9 e 10). Optou-se, nesta fase, pela Prospeção Geoquímica de Semidetalhe, em sedimentos ativos de drenagem, acompanhadas pelo reconhecimento geológico. O método escolhido foi a contagem de pintas de ouro em 20 (vinte) litros de material coletado no leito do rio obedecendo-se a mesma sistemática da primeira fase. Nas drenagens escolhidas as amostras foram coletadas numa distância linear de 15 metros, obtendo-se amostras composta (anexo 7).

Estas amostras foram enviadas ao laboratório da MINEROPAR para a contagem de pintas de ouro em lupa binocular, após os processos de deslamagem e concentração do material por meio gravimétrico (bicas).

Deste modo, foram coletadas 91 amostras, sendo 42 amostras situadas dentro deste alvará em questão (anexo 7). A definição das anomalias baseou-se em números absolutos de ouro, especialmente pela presença ou ausência do metal. Concomitante a amostragem procedeu-se o reconhecimento geológico, procurando-se indícios litológicos e estruturais indicativos de mineralizações auríferas. Foi exatamente esta combinação, presença de pintas de ouro em drenagem, somada a características litológicas de determinado ambiente potencial para mineralizações auríferas que levaram ao selecionamento de uma área restrita dentro do alvará para trabalhos de detalhe (anexo 8), executados na 3ª fase de pesquisa, que levaram ao dimensionamento de uma reserva de ouro economicamente explotável.

## **2.3 Metodologia de trabalho da terceira fase de pesquisa**

Esta fase de pesquisa foi realizada diretamente sobre o alvo aurífero descoberto na fase anterior e envolveu basicamente a geoquímica de solos de detalhe em malha e trabalhos de sondagem rotoperçussiva, acompanhado de mapeamento geológico e litoquímica de detalhe, cálculos de cubagem do minério e os ensaios de beneficiamento da mineralização.

### **2.3.1. Trabalhos de topografia**

Inicialmente foi aberto o perímetro controlado do alvará em questão, totalizando 15.600m. Após este serviço foi implantada uma malha de 1,21 Km<sup>2</sup> sobre a ocorrência aurífera encontrada, tendo a linha base uma distância total de 1.100 m e transversais a cada 100m, totalizando 9.450 m de linhas abertas. Sobre esta malha foi realizado levantamento planialtimétrico, obtendo-se curvas de nível a cada 2 m (mapa 8). Todos os serviços de pesquisa – mapeamento geológico, amostragem de solos e furos de sondagem foram locados e controlados por esta malha topográfica.

### **2.3.2 Amostragem de solos e mapa geoquímico de solos**

As amostras de solos foram coletadas ao longo das linhas transversais da malha implantada (mapa 9), a cada 20m. Foi coletado 1 litro do horizonte B do solo, a uma profundidade média de 30cm. Estas amostras foram analisadas nos laboratórios da Companhia Vale do Rio Doce – CVRD (Anexo 12) para análise química de ouro pelo método “fire assay” em fração menor que 80#. Foram coletadas e analisadas um total de 117 amostras, configurando uma malha geoquímica 200mx10m. Os resultados analíticos de ouro foram tratados por métodos estatísticos simples, obtenção da média e desvio geométrico e determinação dos tipos de populações geoquímicas presentes. Para estes cálculos foi utilizado o programa P-plot, desenvolvido pela Universidade da Colúmbia Britânica. Para a confecção do mapa geoquímico foi utilizado o método de Sinclair (1974), a partir da determinação dos tipos de populações geoquímicas presentes, através do gráfico de probabilidade. Deste modo foram obtidas duas populações geoquímicas com uma zona de mistura entre ambas. A primeira população (A) está entre os valores <3ppb a 8,24ppb com média geométrica em 4,001 ppb. A população (B) compõe os valores acima de 20,97 ppb com média geométrica em 71,64 ppb. A zona de mistura geoquímica entre as duas populações (A+B) ficou entre 8,24ppb e 20,97ppb.

Para a confecção do Mapa Geoquímico foram escolhidos os seguintes valores:

Anomalia de 4 ordem: >20,97ppb

Anomalia de 3 ordem: >71,64ppb (média geométrica da população B)

Anomalia de 3 ordem: >209,12ppb (média geométrica da População B vezes o 1 desvio geométrico)

Anomalia de 1 ordem: >610,43 (média da População B vezes 2 desvios geométricos)

### **2.3.3 Mapeamento geológico**

Foi realizado caminhamento sobre a malha implantada anotando-se todos os tipos litológicos e estruturas observadas. Deste modo foi obtido mapa geológico na escala 1.5.000, com a perfeita delimitação em superfície da faixa mineralizada a ouro (anexo 11). Através da superposição deste controle geológico de superfície e dos furos de sondagem foram construídos perfis transversais a mineralização aurífera(anexo 14), obtendo-se deste modo, o perfeito controle da mineralização aurífera.

### **2.3.4 Sondagens (Anexos 15 e 16)**

As sondagens (anexo 15), realizados pela Geosol, foram do tipo rotoperkusivas com recuperação do material fragmentado em calha. Os furos tiveram profundidades entre 20 e 70 metros, sempre cuidando para atravessar toda a zona mineralizada com boa margem de segurança. De cada furo de sondagem foram obtidas, sistematicamente, amostras a intervalos de 1 (um) metro para análise química de ouro, totalizando 882 amostras coletadas e analisadas para ouro (anexo 16).

### **2.3.5 Cubagem do minério aurífero (Anexo 18 e 19)**

Para determinação das reservas e teores do minério, foram utilizadas as informações provenientes dos 20 furos de sondagem e o método de cubagem foi por blocos, dimensionados a partir da meia distância entre os perfis de sondagem.

### **2.3.6 Ensaio tecnológicos/beneficiamento**

Os ensaios tecnológicos foram realizados nos laboratórios da MINEROPAR e LAKEFIELD-GEOSOL LTDA, obedecendo as seguintes etapas:

1. Coleta de 100 Kg de minério no campo (amostra composta),
2. Cominuição do material coletado e homogeneização no laboratório da MINEROPAR,
3. Quarteamento, separação de 4 (quatro) alíquotas de 400g, e uma amostra de 10Kg. Trabalhos efetuados no laboratório da MINEROPAR.
4. Análise química para ouro e prata nas alíquotas para confirmação da presença e teor de ouro (anexo 20),
5. Ensaio de beneficiamento na amostra de 10 Kg, como se segue (anexo 19):  
O ensaio consiste na cominuição da amostra a 10 mesh, sendo que o material passante é submetido a cianetação durante 24 horas. É feito o controle do Ph a cada 4 horas, sendo o mesmo mantido a 11. O cianeto residual é determinado para verificar se houve cianeto suficiente durante todo o período de lixiviação. São obtidos os resultados de ouro na amostra cabeça (amostra inicial), no resíduo sólido após a lixiviação e na solução lixiviada.

## **3. RESULTADOS OBTIDOS**

### **3.1 – Resultados Obtidos da Primeira Fase de Pesquisa**

#### **3.1.1 – Mapeamento geológico 1:25.000 (anexos 1 e 2) em 230 Km<sup>2</sup>**

O Grupo Castro está representado na área pesquisada a nível de semi-detilhe, essencialmente por tufo e lavas riolíticas com raras intercalações de lavas andesíticas e porções isoladas de sedimentos clásticos finos, principalmente lamitos. A sua descrição obedecerá à ordem de conveniência prática, uma vez que suas relações estratigráficas não estão esclarecidas, iniciando-se pelos centros de vulcanismo e concluindo-se com as rochas sedimentares associadas.

### 3.1.1.1 – Litologias

#### Riolito Maciço

Foram identificados, na região mapeada, seis centros de vulcanismo ácido, representados por domos endógenos de riolito maciço. Estes domos afloram com extensões individuais de aproximadamente 0,25 a 2,0 km<sup>2</sup>. Suas formas em planta são circulares a ovaladas, podendo ser facilmente visíveis em fotos aéreas (como o que aflora no extremo SE da Quadricula 12) ou dificilmente delimitáveis através de controle no terreno (como os dois menores no extremo S da Quadricula 13).

Os contatos destas rochas com os tufos circundantes raramente foram observados, mas onde afloram eles mostram feições de hidrotermalismo, principalmente zonas centimétricas de caulinição. Estas zonas têm espessuras irregulares e variáveis, estendendo-se para dentro dos tufos encaixantes através de fraturas centimétricas a decimétricas, grosseiramente normais aos contatos. Isto pode ser observado ao longo do contato W do domo mapeado na Estação Tronco, o maior da área em questão. A verdadeira origem desta caulinição não foi estabelecida, se realmente hidrotermal ou supergênica sobre outros produtos da atividade vulcânica.

Em afloramento, os riolitos de domo caracterizam-se por seu aspecto invariavelmente maciço. De coloração rósea, ora mais esbranquiçada ora mais escura. Estas rochas tem textura cristalina, equigranular a porfírica, não tendo sido descrita nenhuma de suas amostras com matriz afanítica ou vítrea. Os fenocristais de quartzo hialino, arredondados a bipiramidais, de 1 a 3 mm de diâmetro, às vezes de feldspato alcalino subédrico, aparecem imersos em matriz de granulação fina com os mesmos minerais e alguns máficos não identificados à lupa. Nos domos da estação tronco e Arroio do Diogo, foram observadas finas disseminações de especularita na matriz dos riolitos.

Em lâmina delgada, estas rochas mostram-se holocristalinas, hipautomórficas e porfíricas, sempre isotropas e felsíticas. Os fenocristais de quartzo e ortoclásio aparecem imersos em matriz microcristalina de quartzo, ortoclásio e/ou sanidina, algum plagioclásio ácido, epidoto, zirconita e rara fluorita. Fina poeira de opacos recobre tanto os fenocristais quanto a matriz. O ortoclásio é geralmente pertitzado, enquanto os fenocristais de quartzo são lípidos e de contornos nítidos. A fluorita foi observada numa única amostra, sob a forma de inclusões no quartzo.

#### Ignimbritos

As rochas mais extensamente representadas na área mapeada são os denominados riolitos fluidais. Eles corespondem a cerca de 50% de todas as litologias aflorantes. Esta abundância geográfica, aliada a uma certa homogeneidade lateral, sob o ponto-de-vista petrográfico, sugeriram desde o início do mapeamento que dificilmente estas rochas corresponderiam a fluxos de lava, como a denominação tradicional indica. No vulcanismo ácido, os derrames de lava são raros, espessos e de pequena extensão, devido à alta viscosidade da lava riolítica. Um fluxo de riolito raramente excede os limites do sopé do cone que o origina, como bem o descrevem Rittmam (1963), Saavedra e Ruiz (1974) e outros. O vulcanismo ácido caracteriza-se, isto sim, por erupções altamente explosivas, que geram extensos e espessos depósitos de cinzas e lapilli, bombas e blocos menos

abundantemente, os quais chegam a cobrir completamente as irregularidades do relevo e a formar verdadeiros pediplanos vulcanogênicos.

Em sequências vulcânicas antigas, principalmente pré-mesozóicas, a estratificação destes depósitos pode transformar-se, por compactação, em aparente estrutura fluidal. Algumas evidências de campo e microscópio permite, no entanto, distinguir tal estrutura, dita pseudo-fluidal, da realmente gerada por fluxo ígneo. A mais importante, ou visível, é a descontinuidade das bandas, que são lentes estiradas, com dimensões milimétricas a centimétricas, frequentemente preenchidas por quartzo recristalizado. Fragmentos de riolito pumíceo são também característicos, embora a compactação dos depósitos mais antigos possa obliterar completamente a sua porosidade original. Outra feição típica é a soldagem dos fragmentos, que indica o estado ígneo do material durante a deposição. A compactação posterior também é responsável pela deformação dos fragmentos de rocha e das espículas de vidro.

A natureza vítrea dos ignimbritos é diagnóstico, da mesma forma, pois estas rochas derivam de explosões de massas vítreas e porosas, por vesiculação progressiva e erupção explosiva. Fenocristais e fragmentos de rochas estranhas ao vulcanismo ácido são igualmente comuns, com feições de compactação diferencial e giro de cristais. Feições de desvitrificação e liberação de fluídos aprisionados durante a deposição dos ignimbritos, completam a lista. Entre estas, estão as litófises e os axiólitos de tridimita e/ou cristobalita. As suas formas ovaladas, estiradas ou esferoidais são típicas, com dimensões milimétricas a centimétricas.

O reconhecimento destas feições petrográficas, nos ignimbritos paleozóicos, é dificultada pelos efeitos diagenéticos e metamórficos posteriores. Na área de Castro, acrescenta-se a tais limitações a frequente e generalizada alteração supergênica, que impregna as rochas ácidas com fina disseminação de óxidos de ferro. Nestas condições, raras lâminas puderam ser descritas com o necessário detalhe.

De qualquer forma, todas as características acima relacionadas podem ser observadas, com maior ou menor facilidade e abundância, nas lâminas dos até então denominados riolitos fluidais. O bandeamento descontínuo é onipresente e empresta às rochas um caráter de estrutura lenticular, em vez de fluidal típica. Estas lentes, que são geralmente onduladas ou subparalelas, mostram-se preenchidas por quartzo cristalino, límpido e indeformado, de limites planos. Da mesma forma, outras lentes mostram efeitos de desvitrificação através de estruturas axiolíticas e formam verdadeiras litófises. As espículas de vidro, em forma de Y achatado, foram identificadas dificilmente em duas lâminas, podendo tratar-se de meros interstícios de fragmentos piroclásticos preenchidos por vidro. Numa destas lâminas, uma espícula aparece totalmente preservada e nítida, isolada na matriz desvitrificada e mantendo sua forma de Y encurvado.

Em função destes dados de campo e laboratório, identificamos os denominados riolitos fluidais de Castro como coberturas ignimbriticas. O conceito de ignimbrito aqui adotado, no entanto não se restringe aos depósitos derivados de nuvens ardentes descendentes. (Rittmann, op.cit), mas abrange também os depósitos formados por nuvens ascendentes e transbordantes. Os tufos derivados de nuvens ardentes descendentes (dirigidas e de alta energia) representam fácies específicos de uma sequência mais extensa, cujo estudo em áreas tão antigas é praticamente impossível.

Nos afloramentos, os ignimbritos caracterizam-se por formarem lajes nas quais a estrutura pseudo-fluidal origina, por erosão diferencial, degraus e ressaltos centimétricos, bastante regulares e localmente ondulados. Esta ondulação foi interpretada como sendo

primária, originada pelo próprio fluxo, sem conotação tectônica. Os fenocristais de feldspato potássico e quartzo, euédricos a arredondados são abundantes, constituindo de 15 a 25% da rocha. Os feldspatos são comumente zonados, com núcleos mais cinzentos e as bordas de cor rósea. Vesículas irregulares são também comuns, milimétricas e submilimétricas, irregularmente disseminadas e representando até 10% da rocha, nas porções mais porosas.

Os basculamentos tectônicos na área impõem a estas rochas atitudes muito variadas, com direções que variam, de bloco para bloco, desde N-S até E-W, e mergulhos de 20° a 70° para NE e NW, raramente SW. Mergulhos tão fortes são incompatíveis, contudo, com simples basculamento gravitacional, sugerindo dobras não identificadas na escala de afloramento. A interpretação estrutural da área será discutida posteriormente.

Em lâmina delgada, os ignimbritos mostram fenocristais de quartzo, límpidos e de bordas planares a arredondadas, em matriz microcristalina e hemivítrea, menos comumente vítrea. Ortoclásio e sanidina são os feldspatos macrocristalinos com frequentes pertitização e corrosão pela matriz. Andesina é rara, com inclusões de opacos e epidoto, sempre na matriz. Tridimita forma crescimentos fibrorradiados em axiólitos e litófises, sendo os primeiros globulares e os últimos lenticulares. O bandamento da rocha aparece, na escala microscópica, sob a forma de lentes estiradas e onduladas de quartzo cristalino e límpido, que sugerem cristalização em porosidades da rocha. Sericita aparece como alteração comum dos feldspatos, geralmente dentro de fraturas e clivagens. Fraturas tectônicas mostram preenchimentos de epidoto, opacos, actinolita, carbonatos e minerais argilosos. Acessórios disseminados ou em forma de inclusões no quartzo são fluorita, zirconita, esfeno e opacos.

### Tufo Pisolítico

Na região central da quadrícula 13, sob a cobertura ignimbrítica, ocorre uma rocha vulcanoclástica que se caracteriza pela forma esferoidal e elipsoidal de seus fragmentos, que pertencem à classe textural dos lapilli. Os tamanhos e formas destes clastos variam grandemente, num mesmo afloramento, sem classificação aparente, mas podem ser observados, em alguns locais, níveis de textura bastante regular, principalmente quando suas dimensões estão entre 2 e 4 cm. Num único local, os fragmentos mostram um arranjo planar, sugerindo compactação sedimentar, embora sua atitude atual seja subvertical. A estas rochas foi atribuída a denominação de tufos pisolíticos.

Bombas centimétricas a decimétricas aparecem com frequência, dispersas entre os lapilli, confirmando seu caráter piroclástico. Suas formas são ovaladas, fusiformes ou grosseiramente elipsoidais, com feições de impacto no estado semisólido. Derrames riolíticos, com espessuras de até 2 metros, também se intercalam a estes tufos e servem para marcar suas atitudes espaciais. A erosão destes derrames, contemporâneos à formação dos tufos, libera em certos locais blocos subangulosos e tabulares com até 3 metros de diâmetro, como pode ser observado principalmente no extremo SW da ocorrência.

Devido à generalizada e profunda alteração supergênica destas rochas, nenhuma lâmina foi obtida em condições que permitissem uma análise microscópica. Por outro lado, a extrema pobreza e escassez de afloramentos impediu uma melhor definição de seu comportamento regional. A sua área de ocorrência foi delimitada a partir de meia dúzia de exposições, dispersas numa área de aproximadamente 7 km<sup>2</sup>, e por meio de critérios

fotogeológicos. Estes tufos, provavelmente por sua grande porosidade, alteram-se mais profundamente do que o ignimbrito compactado, o que justifica a falta de afloramentos e a ocorrência em região mais erodida do que a cobertura ignimbrítica.

### Tufo Cristalino

Na Quadricula 12, imediatamente a NW de um domo endógeno, foi mapeada uma ocorrência de riolito pórfiro que apresenta características de afloramento e lâmina delgada típica de um tufo cristalino. Despertaram a atenção, durante o mapeamento, a continuidade lateral e a homogeneidade petrográfica de seus afloramentos. Apenas localmente, ocorrem intercalações de tufo lítico, que parece formar uma face lateral ou vertical do depósito.

Esta rocha apresenta abundantes (20 a 30% do volume total) fenocristais de feldspatos potássico e quartzo hialino, subédrico e anédrico, com diâmetro de 2 a 5mm, imersos em matriz afanítica e isótropa. À lupa, grande parte destes cristais parecem fragmentados, com faces planas e ângulos agudos em seus vértices. Não há estruturas de fluxo ou acamadamento nos afloramentos, e são raras as fraturas. O aspecto maciço desta rochas é generalizado. Em lâmina delgada, os fenocristais revelam-se abundantemente fragmentados, sem reações com a matriz, que se constitui de vidro, ortoclásio e sanidina, epidoto, alguma zirconita e opacos não identificados.

O grande tamanho dos fenocristais reforça a caracterização desta rocha, cuja origem é classicamente interpretada como sendo através de erupções explosivas de cristais acumulados por gravidade nos níveis inferiores das câmaras magmáticas. Cristalizados sob condições de estabilidade tectônica e tranquilidade magmática, os feldspatos atingiram dimensões típicas das rochas hipabissais. A sua ejeção explosiva provocaria a sua fragmentação e deposição junto com materiais piroclásticos e, eventualmente, lavas cuja consolidação à superfície geraria uma matriz essencialmente vítrea. A natureza piroclástica desta rocha é interpretada, portanto, essencialmente a partir dos fenocristais fragmentados e da matriz vítrea.

O tufo cristalino parece constituir uma cobertura sobre os tufos cineríticos e líticos adjacentes, por sua posição topográfica mais elevada, mas não foram observadas suas relações de contato e a diferença de relevo pode refletir apenas erosão diferencial de rochas com graus de litificação contrastantes. Isto explicaria, inclusive, a maior abundância de afloramentos do tufo cristalino em relação aos outros tufos.

### Tufos Líticos e Cineríticos

Estas rochas piroclásticas afloram em grande parte na Quadricula 12, principalmente em torno de domos endógenos e sob a cobertura de ignimbritos. Nas demais quadriculas as suas áreas de ocorrências são bastante restritas, pois nelas predomina os ignimbritos. Representando possivelmente os constituintes típicos de cones estratificados, estes tufos interdigitam-se tão intrinsecamente na área que não foi possível individualizá-los no mapeamento. Por este motivo, eles são igualmente descritos em conjunto, mesmo porque compõem os produtos texturalmente distintos de um mesmo fenômeno eruptivo.

O tufo lítico aparece em afloramento como uma rocha bastante rica em fragmentos angulosos de riolito, raramente tufo cinerítico cinzento, de dimensões que variam de 2-3 mm até 2-3 cm. A matriz é afanítica, maciça e homogênea, sem estruturas planares. Quando

mais de 50% dos fragmentos têm menos de 2 mm de diâmetro, o tufo passa a cinerítico, constituindo a gradação textural acima referida.

Em afloramento, o tufo cinerítico pode confundir-se com um riolito afanítico e maciço, sendo a sua distinção feita em lâmina delgada, uma vez que os fragmentos ficam totalmente mascarados pela litificação. A alteração superficial, acentuando as diferenças de composição e cor entre clastos e matriz, também auxilia na identificação macroscópica destes tufos. As cores variam de avermelhado-claro a cinza-esbranquiçado, tornando-se mais claros os tons com alteração supergênica. As características microscópicas são semelhantes às dos ignimbritos, à exceção da estrutura, que é maciça, e da ausência dos axiólitos e litófises.

São frequentes os afloramentos destes tufos que apresentam bombas centimétricas e decimétricas, dispersas e marcando grosseiros planos de estratificação, como se observa ao longo da estrada Castro – Tibagi, no extremo norte das quadriculas 12 e 13. A diminuição de seus tamanhos e abundâncias de E para W sugere uma ligação genética destas bombas com pelo menos um dos domos mapeados nas imediações. A composição petrográfica das bombas é riolítica e são comuns os preenchimentos de sílica amorfa ou quartzo cristalino leitoso, nos geodos centrais e fragmentos que elas contém.

Em Campina de São João, no extremo SE da Quadricula 12, estes tufos contém intercalações de pequenos derrames de riolito com espessuras reais de 1 a 5 metros e atitude de N60°E; 20°NW a N25°W, 60°NE, nos pontos onde foi possível medi-las. A extensão lateral destes derrames deve ser pequena, pois não foram comprovadas continuidades físicas mapeáveis. Eles estão indicados nos mapas anexos, por este motivo, através de simbologia pontual.

### Andesitos

Os andesitos restringem-se na área mapeada, a esporádicas intercalações de pequenos derrames, dentro dos tufos ácidos. Apenas na Quadricula 15, ao longo da rodovia estadual PR-151, os extensos e abundantes taludes expõem andesitos com extensões mapeáveis, cujos contatos com os riolitos são invariavelmente tectônicos. Nas demais quadriculas, no entanto, os raros afloramentos descritos são isolados, sem possibilidades de integração cartográfica, e sugerem intercalações de lavas nos tufos líticos e cineríticos, principalmente.

Estas rochas afloram tipicamente argilizadas, mas com suas texturas preservadas, sendo facilmente identificados os plagioclásticos prismáticos, de 1 a 3 mm de comprimento, imersos em matriz de argila cinza-escuro a bordô-escuro. Zonas excepcionalmente ricas em amígdalas preenchidas por caulim e clorita marcam, localmente, os tipos de derrames. Estas amígdalas têm dimensões de até 5mm e chegam a constituir 20% da rocha, sendo suas formas arredondadas a ovaladas.

Devido à generalizada e profunda argilização destas rochas, não foi obtida uma única lâmina delgada que permitisse o seu estudo microscópico. Todas as tentativas de confecção de lâminas, em amostras menos friáveis, foram frustradas.

Observou-se, ao longo do mapeamento, uma relação entre os afloramentos de andesitos e os lineamentos NW do Arco de Ponta Grossa. Isto é, todos os afloramentos de andesitos situam-se sobre estes lineamentos e, em vários casos verificados, não afloram diques de diabásio, nos mesmos locais. Esta relação precisa ser investigada e esclarecida,

mas reconhece-se aqui a possibilidade de mera coincidência, considerando-se o pequeno número de afloramentos descritos.

### Sedimentos Vulcanogênicos

Depósitos sedimentares direta e claramente derivados de rochas vulcânicas, além dos sedimentos "verdadeiros" do Grupo Castro, foram identificados em afloramentos isolados na área mapeada. A sua característica litológica mais conspícua é a imaturidade textural e composicional, definida pela ausência de classificação, pelo acamadamento ausente ou grosseiro, pela matriz rica em fragmentos de rocha vulcânica, argila e manganês.

Apenas uma ocorrência, no extremo NE da Quadricula 12, foi delimitada em toda área. Naquele local, afloram brechas e aglomerados vulcanogênicos grosseiros, com blocos angulosos de riolito, centimétricos a decimétricos, em matriz de arenito argiloso e conglomerático, heterogêneo e mal estratificado. Os blocos mais grosseiros, de forma predominantemente tabular, dispõem-se em acamadamento que mergulha com 50° para NW. A heterogeneidade textural da rocha é bastante evidente, tratando-se possivelmente de um depósito que preenche uma depressão, à base de um cone vulcânico. A sua ocorrência imediatamente a norte de dois domos endógenos reforça esta interpretação.

### Rochas Sedimentares

As rochas sedimentares do grupo Castro estão representadas, dentro da área pesquisada, por siltito argiloso, argilito, arenito arcossiano e conglomerado polimítico. O siltito argiloso é quase exclusivo, não sendo mapeáveis os termos mais grosseiros da sequência, ou por aflorarem apenas localmente ou por formarem pequenas intercalações dentro dos siltito.

Os seus contatos com as rochas vulcânicas são tectônicas ou encobertos, não tendo sido descrito nenhum afloramento, dentro da área, em que se pudesse ter observado um contato normal. Imediatamente a NE da cidade de Castro, entretanto, foi registrada uma intercalação de siltito argiloso com derrames riolíticos, o que demonstra contemporaneidade do vulcanismo e da sedimentação, indicando ainda que os derrames foram subaquosos naquela área.

O siltito argiloso é homogêneo ao longo da região mapeada, finamente sericítico, com laminação plano-paralela, milimétrica, e intercalações de níveis de argilito compacto e arenito arcossiano, fino a médio, maciço a finamente estratificado. O arenito preenche canais, com feições de erosão na base, particularmente conglomerados com seixos de siltito, e assume localmente um caráter de conglomerado polimítico quando se enriquece em seixos de riolitos e tufos finos. Preenchimentos de canais podem ser observados na área de ocorrência mapeada no extremo N da Quadricula 13, enquanto intercalações de conglomerado polimítico afloram na Campina de São João, fora do limite S da Quadricula 12. Num único afloramento, este conglomerado mostra uma coloração esverdeada-clara, possivelmente relacionada a efeitos hidrotermais de um falhamento próximo. No restante da área, a cor dos sedimentos é invariavelmente avermelhada ou bordô, dependendo do grau de alteração supergênica.

As exposições das rochas sedimentares, principalmente as do siltito argiloso, são caracteristicamente pobres e alteradas, mal permitindo medidas esporádicas de atitudes em sua laminação. Este fato, aliado à grande homogeneidade litológica, impediu o

reconhecimento de feições diagnósticas do ambiente de sedimentação. Fora da área mapeada, entretanto, o graben de siltito que aflora no extremo NW da Quadrícula 13 apresenta canais de fluxo preenchidos por arenitos e dobras de escorregamento, que sugerem taludes instáveis de prodeltas ou borda de plataforma. Somente o mapeamento regional do Grupo Castro, em escala conveniente, permitirá interpretar as condições ambientais de deposição.

### Diques de Diabásio e Diorito

Situada sobre o eixo do Arco de Ponta Grossa, a área de ocorrência do Grupo Castro apresenta uma densidade extremamente elevada de diques de diabásio e diorito, relacionados com vulcanismo mesozóico da Formação Serra Geral. A média regional, estabelecida a partir dos diques mapeados por Trein e Fuck (op. cit.), corresponde a 1,5 diques por quilômetro linear, havendo trechos de maior concentração, onde ocorrem até 5 corpos por quilômetro.

Dentro das quadrículas mapeadas, estes corpos mostram direções entre N30°W e N45°W, tendo sido sempre registrados mergulhos verticais. As suas espessuras variam de 1-2 metros até aproximadamente 120 metros. Não foram observados efeitos metamórficos de contato nas rochas encaixantes, assim como não foram descritos apófises secundários.

Por não interessarem aos objetivos deste trabalho, os diques básicos não foram analisados petrograficamente, tendo-se apenas assinalado nos afloramentos descritos variações aparentes de composição entre diabásio e diorito, em função das descrições já existentes na região.

### a10 - Depósitos Quaternários

Além dos extensos mantos aluviais que assoreiam os vales e baixadas da região, foram identificados e mapeados depósitos estratificados de terraços, possivelmente pleistocênicos, constituídos principalmente por argilas arenosas e conglomerados de matriz argilosa. Estes depósitos afloram em níveis acima dos mantos aluviais, sendo recortados e retrabalhados pela drenagem atual.

A elevada heterogeneidade composicional e a presença constante de limonita, impregnando as argilas, impedem o seu aproveitamento como matéria-prima na fabricação de produtos cerâmicos nobres. As pequenas olarias que operam ao longo do rio Iapó exploram estes depósitos para a produção de tijolos e telhas comuns.

#### 3.1.1.2 Tectônica e Estrutura da Área

Na área mapeada, o quadro tectônico está registrado por um padrão de fraturamento e falhamento no qual predominam os sistemas NE e ENE. Os sistemas NW e WNW são claramente subordinados, quando dissociados dos diques mesozóicos, sendo posteriores aos demais. O sistema NNE, embora representado por pequeno número de lineamentos, inclui a importante Falha de Jaguariaíva, mapeada regionalmente por cerca de 100 quilômetros. Relações de idade não foram estabelecidas nos afloramentos, por falta de evidências, à exceção do sistema NNE, deslocados pelos demais, e do sistema NW, aparentemente mais jovem do que os restantes.

O contato do Grupo Castro com os granitos Cunhaporanga e Carambeí é feito pela Falha de Jaguariaíva, que é uma zona de falha com espessura mapeada de 100 a 120 metros. Ela contém milonitos, microbrechas e brechas miloníticas em todos os afloramentos descritos, com brechas limoníticas e ultramilonitos identificados apenas localmente. As concentrações de limonita e goethita, menos comumente hematita, ocorrem nas intersecções desta falha com o sistema ENE, imediatamente a E da Estação Tronco, e dos sistemas NE e NW, na Campina São João. Os bandeamentos milonítico e cataclástico acompanha a direção geral da falha, para N20°E, e mergulha com ângulos de 75 a 85° para SE.

Ao longo das falhas de gravidade, os efeitos cataclásticos limitam-se, em superfície, a brechas com espessuras centimétricas. Hidrotermalismo acompanha a cataclase, com caulinição, silicificação e cloritização das matrizes e dos fragmentos de rochas encaixantes. A cloritização é o fenômeno mais abundante e a ela se associa uma liberação de ferro que empresta à rocha uma coloração bordô-escuro. A limonitização, acima referida, é um processo abundante cuja origem necessita investigações detalhada para ser interpretada.

Não foram observadas feições de dobramento tectônico na região aqui descrita, embora os fortes mergulhos medidos na laminação do siltito e no bandejamento do ignimbrito, de até 70°, sugeram dobras na escala regional. Este dobramento, se existente, não é acompanhado de feições reconhecíveis na escala mesoscópica.

### 3.1.1.3 - Modelos Exploratórios

Os parâmetros considerados no estabelecimento dos modelos exploratórios aplicáveis ao Grupo Castro são os seguintes: rochas encaixantes, controle tectônico, ambiente deposicional, influência do vulcanismo, associações metálicas e métodos de exploração. Alguns exemplos são citados, quando disponíveis, mesmo quando tem idade geológicas diferentes das nossas molassas. A Tabela 6 resume as características dos modelos aplicáveis à sua exploração.

Enfatiza-se que o modelo epitermal, no conceito de Schmitz (1950), representa o tipo de depósito com maiores probabilidades de detecção na área mapeada, o que é comprovado através dos dados geológicos e geoquímicos apresentados neste relatório. O modelo subvulcânico não passa de uma conjectura, por enquanto, dependendo de estudos em profundidade por meio de geofísica e sondagem, uma vez viabilizados a partir do modelo anterior. O modelo sedimentar, embora constitua a prioridade clássica das coberturas molássicas, é dificilmente aplicável à região deste mapeamento, devido à pequena extensão e representatividade de sedimentos dentro de seus limites.

MODELOS	SEDIMENTAR	EPITERMAL	SUBVULCÂNICO
ROCHAS ENCAIXANTES	Sedimentos clásticos grosseiros: arenitos e conglomerados.	Vulcanitos ácidos: riolitos e tufos riolíticos.	Intrusões subvulcânicas: granitos e granodioritos.
CONTROLE TECTÔNICO	bacias tectônicas de bordas falhadas, aporte crescente de terrígenos (progradação) e falhas de crescimento.	Falhas contemporâneas ao vulcanismo serviram de condutos para remobilização e redeposição hidrotermal.	Centros de vulcanismo alinhados ao longo de falhas regionais antigas (rifts).
AMBIENTE DEPOSICIONAL	Deltaico	Superestrutura vulcânica	Infraestrutura vulcânica
INFLUÊNCIA VULCÂNICA	Indefinida a ausência como fonte de mineralizações.	Total como fonte e ambiente de deposição	Total como fonte primária (Câmaras magmáticas).
ASSOCIAÇÕES METÁLICAS	Cu - Pb - Zn - Ag	Au - Hg - Ag - Sb	Pb - Zn - Cu - Mo - Sn
MÉTODOS DE EXPLORAÇÃO	Geoquímica: SS, SL, RX. Geofísica: IP Mapeamento Faciológico	Geoquímica: SS, HM, SL, RX	Geoquímica: SS, HM, SL, RX Geofísica: IP, MM, EM Sondagens
EXEMPLOS	-Camaquã, RS - Brasil -Sta Maria, RS - Brasil -Laisvall, Suécia -Corocoro, Bolívia	Pachuca, México, Montevideo, El Salvador Jardim, Chile Apuseni, Romênia	

Tabela 5 Modelos Exploratórios Aplicáveis às molassa do Paraná

### 3.1.2 – Prospecção geoquímica de semi-detalle

#### 3.1.2.1 - Sedimentos de Corrente

A distribuição dos elementos-traço na área global e dentro de cada população definida é aqui analisada.

O Cu distribui-se irregularmente sem mostrar condicionamentos pronunciados; destacando-se os valores detectados no quadrante NW junto ao contato das rochas vulcânicas com os arenitos da Formação Furnas. A distribuição do Cu nas diversas populações exibe um teor de fundo maior para a População V (Formação Furnas). Este valor não é comum em arenitos ( $x = 5\text{ppm}$ ) e acredita-se numa filiação junto aos diques básicos diferenciados e falhas associadas.

O Pb mostra 3 (três) núcleos principais de concentração, sendo o mais consistente localizado no centro do quadrante SE em zona extremamente falhada sobre domos riolíticos. Outro destaque abrange a porção centro-oeste da área com substrato geológico variável e novamente marcado por falhas. O último núcleo abrange os domínios da Formação Furnas e o Pb apresenta-se distribuído uniformemente, sem mostrar maiores condicionamentos tectônicos.

A comparação dos teores normais (background) entre as diversas populações consideradas indica uma concentração compatível com as concentrações médias conhecidas mundialmente. Na população V (Formação Furnas), o Pb apresenta-se com distribuição

biomodal, fato este que pode estar refletindo teores de fonte mineralizada, apesar da variação ser pouco expressiva (5 a 100 ppm).

O Zn mostra uma faixa preferencial de concentração na parte SE do projeto onde o embasamento rochoso é constituído por granitos, separados por um importante falhamento NE-SW que põe em contato estas rochas com a sequência vulcânica. Outro agrupamento de valores altos localiza-se na parte centro-leste do quadrante NW, sob o domínio dos Ignimbritos e Tufos Cineríticos. O exame das populações, mostra uma distribuição bimodal para Zn em rochas graníticas o que explica a sua dupla fonte; a primeira relacionada à concentração normal destas rochas e a segunda à fonte mineralizada ou não.

O teores médios são normais, notando-se um acréscimo de 50% nas Populações II (Grupo Castro) e III (Tufos Cineríticos) com 90 e 91 ppm, respectivamente.

O Ni mostra-se fracamente distribuído não se observando uma maior correlação com os diques básicos. As médias em todas as populações são baixas, em torno de 15 ppm.

A distribuição do Cobalto tem preferencialmente uma maior concentração ao longo de falhas e diques com médias em torno de 20 ppm nas diversas populações.

O Arsênio apresenta-se com uma boa consistência e extremamente relacionada com os falhamentos. Os valores médios das populações catalogadas são normais, destacando-se os excelentes contrastes observados.

Os elementos Fe e Mn não mostram um condicionamento preferencial embora o Fe seja mais correlacionável às falhas; ambos parecem refletir condições ambientais.

#### As Anomalias de Sedimento de Corrente (anexo 3)

Foram determinadas 45 anomalias polimetálicas nos 230 Km<sup>2</sup> do Grupo Castro pesquisado, sendo selecionada a anomalia 13 A, abaixo detalhada, por coincidir com uma situação altamente favorável a mineralizações auríferas, e também, por coincidir com a principal anomalia de Au/Ag em concentrados de bateia.

#### ANOMALIA 13A – Pb, Zn, As (Ni, Co)

Engloba a área de 07 (sete) estações geoquímicas perfazendo 1,2 km<sup>2</sup>, situa-se a 4 km da SW de Castro (anexo 3). Esta anomalia situa-se dentro do alvará em questão.

Nesta zona notam-se dois conjuntos anômalos, o primeiro localizado na porção sul destacado pelos resultados de As de 4 amostras, o outro na parte norte, onde tem-se teores elevados para Pb e Zn com Ni e Co subordinados.

A drenagem anômala para As mostra um incremento nos teores a partir das cabeceiras, decaindo na amostra JB-84 onde antes do ponto da coleta há uma junção de um dreno do mesmo porte da drenagem principal, à jusante da corrente, destaca-se a amostra MR-284 que revelou teores de 103 ppm de As. Nesse conjunto, os contrastes de As em relação a média, registrados sempre à jusante das consecutivas estações de amostragem, foram os seguintes: - 3,8X (JB-87), 4,7 (JB-8), 3,1X (JB-84) e 9,3X MR-284, representando contrastes altos e consistentes o que aumenta consideravelmente o potencial e a prioridade da anomalia para continuidade da prospecção, notadamente para Au e Ag, que definem coincidentemente anomalia de concentrado de bateia.

O bloco de amostras responsáveis pela contribuição anômala de Pb, Zn, Ni e Co é constituído por 3 estações (JB-90, JB-92 e JB-93). O destaque fica com as amostras JB-90 e JB92 que mostram 500 ppm para Zn, contraste de 5,5X a média e extratibilidade baixa de

16 a 19%, respectivamente. O Pb foi detectado nas amostras JB-90 (72 ppm, 2.1X a média), JB-92 (53 ppm, 1.6X a média) e JB-93 (54 ppm, 1.6X a média), sendo estas duas últimas consideradas como de 3ª ordem no tratamento por percentis, cujos resultados por EDTA revelaram baixas taxas de extratibilidade, 8 e 7% nas estações JB-90 e JB-92. Ni e Co, ambos de 3ª ordem e com contrastes de 2.0X a média e extratibilidade de 17 e 43%, respectivamente, são exclusivos da estação JB-90.

Os altos contrastes de Zn observados (5.5X) além do Pb anômalo de 1ª ordem e extratibilidade baixas para ambos, sugere a presença de sulfatos de Zn e Pb (anglesita) em zonas de oxidação de provável sulfeto relacionado à falhamento; cujo potencial para investigações posteriores é reforçado pela excelente correlação com anomalia de Au e Ag em concentrados de bateia.

### 3.1.2.2 - Concentrados de Bateia (anexo 4)

Das 62 (sessenta e duas) amostras analisadas, 7 (sete) acusaram a presença de Ag e 16 (dezesesseis) a presença de Au, acima do limite de sensibilidade do método analítico escolhido. Estes resultados geraram 12 (doze) zonas anômalas, sendo 3 (três) exclusivas para Ag, 5 (cinco) exclusivas para Au e 4 (misturas Au+Ag). O teor máximo para Au foi detectado na estação MR-247 com 15,4 ppm, cujo contraste em relação ao limite de sensibilidade do método analítico, indica 308X maior. A Ag tem máximo de 6,0 ppm (MR-303) indicando contraste de 12X o limite de sensibilidade. A distribuição dos elementos mostra uma correlação preferencial aos centros dômicos dos riolitos, onde conta-se 4 anomalias. Destas, destacam-se duas, ou sejam as zonas 2 e 3. A zona 2 ocupa quase todo o norte do quadrante SE da área em foco, englobando 7 amostras anômalas para Au. Observa-se uma configuração sub-radial das drenagens em relação aos prováveis centros vulcânicos, mapeados como domos riolíticos. Este condicionamento geoquímico/geológico é de importância ímpar para a continuidade das pesquisas, em função da alta potencialidade deste ambiente para ouro secundário e primário. A zona 3 está representada pela amostra MR-303 que exibe teores de 10,0 ppm para Au e 6,0 ppm para Ag. Localiza-se aproximadamente a 4 Km, SW, da cidade de Castro. A importância desta zona reside nos altos teores detectados para Au e Ag com contrastes de 200X e 12X o limite de detecção dos métodos analíticos utilizados, bem como como a sua vizinhança com um domo riolítico junto ao ponto de coleta. A sua potencialidade para encerrar mineralizações de Au e sulfetos é aumentada pela coincidência com a anomalia 13 A, acima descrita, de sedimentos de corrente, conferindo a esta porção da área trabalhada prioridade máxima para a pesquisa de mineralizações auríferas.

Tendo em vista os resultados geoquímicos, tanto de sedimento de corrente, quanto, especialmente, os de concentrados de bateia, aliados aos resultados obtidos do mapeamento geológico com o perfeito estabelecimento de modelos exploratórios para mineralizações metálicas, determinou-se a área da anomalia 3 (Au e Ag) de concentrados de bateia, coincidente com a anomalia 13A de sedimentos de corrente, ambas associadas a um centro vulcânico riolítico, para a pesquisa em detalhe de Au, tendo como modelo básico de prospecção o "Tipo Epitermal associado a centros vulcânicos". Esta área insere-se integralmente dentro deste alvará em questão.

### **3.2 – Resultados Obtidos da segunda fase de pesquisa**

Esta fase de pesquisa foi essencialmente para determinar a existência, ou não, de ouro no ambiente determinado na primeira fase. A pesquisa foi através da Prospecção Geoquímica em material aluvionar, utilizando-se o método de contagens de pintas de ouro, para comprovar a existência efetiva de ouro na área em questão. Paralelamente, e imediatamente após a obtenção dos resultados, foi realizado um reconhecimento geológico para encontrar indícios de mineralização primária de ouro e comprovação de modelo exploratório.

Esta pesquisa envolveu a contagem de pintas de ouro em 38 amostras de material aluvionar (anexo 7), tendo como suporte 20 litros de material coletado.

A amostra que forneceu o melhor resultado (amostra GQ 7585 – anexos 7 e9) com 24 pintas de ouro, está situada, geologicamente, em um Centro Vulcânico (Riolitos Maciços). Nas cabeceiras desta drenagem foram encontradas rochas silicosas, associadas ao domo riolítico (anexo 8), correspondendo a produtos de alteração hidrotermal da evolução de um centro vulcânico. Foram coletadas 5 amostras (amostras SR 1831, compostas destas rocha silicosas e encaminhadas para análise de ouro por fire assay. Os resultados foram positivos (anexo 10), sendo o melhor valor de 2,4 ppm de ouro na amostra SR 1831E.

Com este resultado chegou-se a fonte primária do ouro nesta área. O modelo de mineralização, como aventado na primeira fase, enquadra-se ao modelo epitermal associado a centro vulcânicos riolíticos.

### **3.3 – Resultados obtidos da terceira fase de pesquisa**

Esta fase teve o objetivo de avaliar, dimensionar e analisar a viabilidade econômica da ocorrência aurífera em rochas silicosas, associadas a um centro vulcânico, descoberta na fase anterior.

Como citado anteriormente, na metodologia de trabalho, esta etapa de pesquisa envolveu a prospecção geoquímica de solos em malha, o mapeamento geológico de detalhe na malha implantada, em escala 1:5.000, e furos de sondagem rotoperkusivas.

O cálculo de cubagem do minério, bem como a viabilidade econômica são apresentados em capítulos específicos.

#### **3.3.1 Geoquímica de solos**

Os resultados da prospecção geoquímica de solos de detalhe, realizada em malha 100m X 20m, são apresentados no anexo 12. As anomalias geoquímicas de ouro, com valores de até 1.618 ppm, disposta num trend NNW, coincidem perfeitamente com o nível de rochas silicosas, produtos de alteração hidrotermal relacionada à evolução do aparelho vulcânico. A perfeita justaposição deste nível de silixitos, perfeitamente controlado pelo mapeamento geológico realizado na malha acima citada (anexos 11 e12) comprovam o silexito como minério aurífero. A partir desta delimitação em superfície do nível mineralizado, procedeu-se os trabalhos de sondagem para a delimitação deste horizonte mineralizado em sub-superfície, adiante exposto.

### 3.3.2 Mapeamento geológico de detalhe – Esc. 1.5.000 (anexo 11)

Através do mapeamento geológico e do estudo de 14 lâminas delgadas foram identificados 4 (quatro) tipos litológicos na malha implantada:

- a – Riolito pórfiro,
- b – Ignimbritos ou Tufo Soldado,
- c – Silexito,
- d – Siltitos.

#### *Riolito Pórfiro*

Esta rocha ocupa uma área aproximada de 30% na porção NE e central da malha implantada.

Macroscopicamente, as amostras exibem textura porfirítica com matriz afanítica de coloração cinza em rochas mais frescas e róseas quando intemperizadas. Algumas amostras apresentam coloração mais avermelhada devido a impregnação de hidróxidos de ferro. São comumente fraturadas, com abundantes vênulas milimétricas de quartzo, por vezes com barita associada.

Em lâmina delgada, estas rochas apresentam matriz devitrificada felsítica, constituída essencialmente de quartzo e feldspato potássico microcristalinos. O feldspato foi identificado como microclina através de difração de Raio X. Por vezes observam-se cristais fibroradiais de feldspato intercrescidos com quartzo, formando esferulitos muito finos.

Os fenocristais são essencialmente de quartzo e feldspato potássico, que juntos perfazem 15-20% da rocha, com predominância de quartzo. Os fenocristais de quartzo possuem dimensões de 150 $\mu$  até 5 mm. Apresenta-se tanto em cristais anédricos, arredondados ou angulosos, ou euédricos, eventualmente bipiramidais. Alguns fenocristais de feldspato potássico apresentam características de sanidina com frequente geminação carlsbad, frequentemente alterados a sericita, clorita e caulinita.

De modo geral, os fenocristais são fraturados, principalmente o feldspato, com impregnação de hidróxido de ferro ao longo de fraturas. São observadas algumas cavidades irregulares, preenchidas com quartzo, sericita e caulinita.

Fraturas com impregnação de hidróxidos de ferro e vênulas de quartzo são frequentes, com o quartzo desenvolvendo-se paralelamente as paredes das vênulas, com estrutura “dente de cão”. Por vezes ocorrem minerais granulares de barita associada ao quartzo nas vênulas. Este mineral pode também aparecer em substituição a fenocristais de sanidina.

#### *b – Ignimbritos/Tufos soldados*

São rochas avermelhadas com marcante estrutura laminada. Em lâmina delgada, verifica-se que a estrutura laminada é definida pela alternância de níveis milimétricos quartzo feldspáticos, sendo os níveis feldspáticos de granulação mais fina. Os leitos são interrompidos por inúmeras fraturas transversais, geralmente preenchidas por quartzo

cominuído, muito fino e sericita em quantidades subordinadas. De modo geral, o feldspato forma esferulitos finos, com gérmens ainda preservados e são impregnados por hidróxidos de ferro. Agregados de palhetas muito fina de sericita e clorita ocorrem inclusas nos feldspatos ou em seus espaços intergranulares, tratando-se de produtos de alteração deste mineral. Localmente observa-se vestígios do acamamento de fluxo original, refletido através de trilhas de opacos, que atravessam os esferulitos.

A rocha possui estrutura fluidal, havendo vestígios de “shards” comprimidas, atualmente constituídas de agregados criptocristalinos a microcristalinos de microclina e quartzo.

Cristais pirogênicos de quartzo e microclina com dimensões milimétricas (0,5 a 1,5 mm) perfazem aproximadamente 10% em volume da rocha e estão comumente fraturados. Os feldspatos estão comumente alterados a sericita, caulinita e quartzo, preferencialmente ao longo de suas fraturas. Os cristais comportaram-se como corpos rígidos durante a compactação, deformando a matriz circundante. Minerais opacos e zircão (raro) ocorrem como minerais acessórios.

#### *c – Silexitos*

Esta litologia, proveniente de processos de alteração hidrotermal do aparelho vulcânico, corresponde ao horizonte mineralizado a ouro. Este horizonte de silexitos possui uma estruturação tabular, sub-horizontal a horizontal, perfazendo uma verdadeira “camada” mineralizada –stratabound. Em superfície apresenta uma largura variável de 10 a 200m e estende-se por 1.300m na malha implantada. Em sub-superfície os trabalhos de sondagens indicaram que ela ocorre até uma profundidade de 41m e com espessura entre 2/ e 14m (perfis de sondagem – anexo15). O mapeamento geológico da malha implantada (mapa11) juntamente com os furos de sondagem (perfis – anexos 14 e 15) demonstram que estas rochas apresentam um perfeito controle estrutural, subhorizontal, o que seguramente facilitam os trabalhos de cubagem do minério e da futura lavra.

Estas rochas são constituídas quase que exclusivamente por quartzo, tratando-se provavelmente de lápili-tufos silicificados. Macroscopicamente, são rochas afaníticas de coloração branca, com cavidades irregulares vazias ou preenchidas com quartzo com dimensões de 1 a 2 mm. De modo bastante generalizado ocorrem fraturas impregnadas com hidróxido de ferro, além de porções avermelhadas, de prováveis fragmentos tufáceos ferruginosos. Observam-se também, em algumas amostras, fragmentos angulosos líticos. Subordinadamente, ocorrem sericita como mineral de alteração e cristais granulares muito finos, provavelmente rutilo. Inclusões fluidas são abundantes.

#### *d – Siltitos*

Estas rochas afloram sempre de forma alterada, de modo que não foram feitas lâminas delgadas de suas amostras. Em afloramento e amostra de mão trata-se de um silito argiloso, homogêneo, finamente sericítico, com estratificação plano-paralela com intercalações menores de argilito compacto e arenito arcossiano fino. As características sedimentares observadas, sugerem que estes sedimentos foram depositados em taludes instáveis de prodelta ou bordas de plataforma.

Localmente foram encontrados alguns afloramentos de tufos (lápili-tufo lítico alcali riolítico). Macroscopicamente a rocha possui aspecto fragmentado, com matriz afanítica de

cor marrom e abundantes fragmentos líticos angulosos, mal selecionados, de coloração creme, cujas dimensões variam de 1 até 3 mm.

Em lâmina delgada, observa-se aproximadamente 30% de matriz e 70% de fragmentos líticos. Os fragmentos são angulosos, mal selecionados e a matriz microcristalina, constituída essencialmente de quartzo com sericita e microclina subordinadas, e com intenso processo de silicificação. A sericita perfaz aproximadamente 3-5% da rocha e desenvolve-se as custas do feldspato.

Os fragmentos líticos têm aspecto turvo e consistem de agregados microcristalinos de microlina e quartzo, com predomínio de quartzo, além de finos cristais anedrais e ripiformes de hematita disseminada com dimensões em torno de 0,01mm.

Em algumas amostras ocorrem cristais pirogênicos de quartzo e feldspato esparsos na matriz. Também observam-se que muitos fragmentos líticos são de riolitos.

### **3.3.3 Sondagens**

Foram realizados 20 furos de sondagens (anexos 15), sendo que o objetivo central foi o de verificar e amostrar o nível mineralizado, ou seja o silexito, e obter os dados para o cálculo da quantidade de ouro existente na área pesquisada.

A sondagem foi conclusiva para demonstrar a continuação do nível mineralizado em sub-superfície, como também para obter o comportamento espacial das litologias e do nível mineralizado (perfis – anexo 14).

### **3.3.4 Modelo da mineralização**

O depósito de ouro encontrado na área deste alvará, enquadra-se no modelo de mineralizações auríferas epitermais, de baixa sulfetação, associadas a ambiente vulcânico e relacionadas a evolução hidrotermal e magmática de centro vulcânico. As principais variáveis que suportam esta tese são:

1. A mineralização está situada em ambiente de centro vulcânico riolítico,
2. A mineralização é do tipo stratabound, visto estar perfeitamente controlada por um nível de rochas silicificadas, produto de alteração hidrotermal de rochas vulcânicas (tufos e brechas vulcânicas) por fluidos mineralizantes oriundos do desenvolvimento do aparelho vulcânico.

De acordo com o modelo proposto por Hedenquist et al. (1996), as suas características estruturais e litológicas enquadram-se no modelo epitermal de baixa sulfetação.

Mineralizações deste tipo ocorrem em camadas de maior permeabilidade relacionando-se estruturas rúpteis regionais. Associam-se a halos de alteração hidrotermal especialmente silicificação (silexito – minério em si), nas porções proximais ao minério, passando para argilização (illita, sericita e caulinita), sulfetação e propilitização, nas partes mais afastadas da mineralização. Estas características, juntamente com o padrão litológico, mineralógico e geoquímico dos alvos, permitem relacionar tal mineralização a um modelo de depósito aurífero hidrotermal de baixa sulfetação, localizado nas porções superiores do aparelho vulcânico-hidrotermal. Apenas a zona superficial de argilização pervasiva teria sido erodida.

Os depósitos epitermais formam-se em baixas profundidades, 1 a 2 km, e em temperaturas entre 150 e 300 °C, sendo o ouro o principal metal econômico. Os trabalhos de Hedenquist et al (op cit) mostram que existem 2 categorias destes depósitos: 1. baixa sulfetação e, 2. alta sulfetação.

Estes dois estilos de depósitos formam-se a partir de fluidos de distintas composições químicas e em distintos ambientes vulcânicos. Os depósitos de alta sulfetação são hospedados em rochas silicificadas lixiviadas, associadas a fluidos ácidos hipogênicos gerados em ambientes vulcânicos-hidrotermais. Em contraste, os fluidos responsáveis pela formação dos depósitos de baixa sulfetação são similares a ambientes que combinam centros vulcânicos com "hot springs", sendo os fluidos geradores do minério redutores e neutros. Como bom exemplo de mineralização deste tipo, cujas características do depósito desta área são similares, é o depósito de Round Mountain nos Estados Unidos, onde o minério ocorre em zonas de alteração hidrotermal (alteração a quartzo-adulária-sericita e sílica e argílica) em rochas tufáceas, adjacente a estrutura de caldeira vulcânica e fraturas radiais relacionadas ao centro vulcânico.

#### **4. CÁLCULO DE RESERVAS (Anexos 18 e 19)**

Para determinação das reservas e teores do minério, foram utilizadas as informações provenientes de 20 furos de sondagem e o método de cubagem por blocos, dimensionados a partir da meia distância entre os perfis de sondagem.

Em cada perfil foram locados os furos de sondagem correspondentes, bem como os resultados analíticos de cada intervalo amostrado e analisado. Para cada teor de corte, de 0,20 g/t, 0,55 g/t e 1,25 g/t, foi determinada a espessura do intervalo mineralizado e o seu teor médio.

Utilizando-se como referência as litologias e estruturas locais, foram traçados, em cada perfil as áreas mineralizadas, sendo considerada como reservas medidas aquelas contidas entre duas informações definidas, como reservas indicadas aquelas onde somente uma informação é conhecida e reservas inferidas aquelas onde não existe informação adjacente.

Definida a geometria do corpo mineralizado, procedeu-se o cálculo das áreas, para cada tipo de reserva, em todos os perfis verticais e para cada um dos teores de corte considerado. Concluído o cálculo das áreas, e utilizando-se como densidade do minério o valor de 2,5 t/m<sup>3</sup>, determinou-se o seu volume e tonelagem através dos blocos de cubagem.

Os perfis verticais para cada teor de corte e o mapa de localização dos mesmos, com a indicação dos blocos de cubagem encontram-se em anexo.

As planilhas para cada tipo de reserva e teor de corte são a apresentadas a seguir:

## 4.1 - Reserva medida

### Teor de corte 0,2 g/t

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Perfil 1							
Perfil 2							
Perfil 3	3	451,93	100,00	45.193,00	112.982,50	0,49	55.408,50
Perfil 4	4	846,87	100,00	84.687,00	211.717,50	0,93	195.838,69
Perfil 5	5	2.950,29	100,00	295.029,00	737.572,50	0,32	238.235,92
Perfil 6	6	819,48	100,00	81.948,00	204.870,00	0,49	99.440,75
Perfil 7	7	691,96	100,00	69.196,00	172.990,00	0,76	131.472,40
Perfil 8							
<b>Total</b>				<b>576.053,00</b>	<b>1.440.132,50</b>	<b>0,50</b>	<b>720.396,25</b>

### Teor de corte 0,55 g/t

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Perfil 1							
Perfil 2							
Perfil 3							
Perfil 4	4	556,58	100,00	55.658,00	139.145,00	1,07	149.083,93
Perfil 5	5	1.171,49	100,00	117.149,00	292.872,50	0,55	161.079,88
Perfil 6	6	477,33	100,00	47.733,00	119.332,50	0,73	87.112,73
Perfil 7	7	691,96	100,00	69.196,00	172.990,00	0,76	131.472,40
Perfil 8							
<b>Total</b>				<b>289.736,00</b>	<b>724.340,00</b>	<b>0,73</b>	<b>528.748,93</b>

**Teor de corte 1,25 g/t**

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Perfil 1							
Perfil 2							
Perfil 3							
Perfil 4	4	446,84	100,00	44.684,00	111.710,00	1,34	149.888,54
Perfil 5	5	335,53	100,00	33.553,00	83.882,50	1,34	112.402,55
Perfil 7	7	301,67	100,00	30.167,00	75.417,50	1,28	96.157,31
Perfil 8							
<b>Total</b>				108.404,00	271.010,00	1,32	358.448,40

**4.2 - Reserva indicada****Teor de corte 0,2 g/t**

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Perfil 1	1	31,69	200,00	6.338,00	15.845,00	0,25	3.961,25
Perfil 2	2	265,83	150,00	39.874,50	99.686,25	0,21	20.934,11
Perfil 3	3	545,24	100,00	54.524,00	136.310,00	0,49	66.848,70
Perfil 4	4	574,02	100,00	57.402,00	143.505,00	1,36	195.511,21
Perfil 5	5	2.779,03	100,00	277.903,00	694.757,50	0,32	224.406,67
Perfil 6	6	1.313,39	100,00	131.339,00	328.347,50	0,25	81.202,86
Perfil 7	7	544,31	100,00	54.431,00	136.077,50	0,76	103.418,90
Perfil 8							
<b>Total</b>				621.811,50	1.554.528,75	0,45	696.283,71

**Teor de corte 0,55 g/t**

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
<b>Perfil 1</b>							
<b>Perfil 2</b>	2	45,82	150,00	6.873,00	17.182,50	0,60	10.309,50
<b>Perfil 3</b>	3	651,27	100,00	65.127,00	162.817,50	0,61	99.318,68
<b>Perfil 4</b>	4	457,15	100,00	45.715,00	114.287,50	1,66	189.442,96
<b>Perfil 5</b>	5	772,13	100,00	77.213,00	193.032,50	0,55	106.167,88
<b>Perfil 6</b>	6	326,54	100,00	32.654,00	81.635,00	0,60	48.572,83
<b>Perfil 7</b>	7	544,31	100,00	54.431,00	136.077,50	0,76	103.418,90
<b>Perfil 8</b>							
<b>Total</b>				282.013,00	705.032,50	0,79	557.230,74

**Teor de corte 1,25 g/t**

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
<b>Perfil 1</b>							
<b>Perfil 2</b>							
<b>Perfil 3</b>	3	136,15	100,00	13.615,00	34.037,50	1,57	53.552,33
<b>Perfil 4</b>	4	357,87	100,00	35.787,00	89.467,50	2,03	181.887,43
<b>Perfil 5</b>	5	285,91	100,00	28.591,00	71.477,50	1,34	95.779,85
<b>Perfil 6</b>	6	177,09	100,00	17.709,00	44.272,50	1,25	55.340,63
<b>Perfil 7</b>	7	269,49	100,00	26.949,00	67.372,50	1,27	85.256,84
<b>Perfil 8</b>							
<b>Total</b>				122.651,00	306.627,50	1,54	471.817,07

### 4.3 - Reserva Inferida

#### Teor de corte 0,2 g/t

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Perfil 1							
Perfil 2							
Perfil 3	3	158,88	100,00	15.888,00	39.720,00	0,20	7.944,00
Perfil 4	4	113,23	100,00	11.323,00	28.307,50	0,39	11.039,93
Perfil 5	5	2.726,51	100,00	272.651,00	681.627,50	0,26	177.223,15
Perfil 6	6	821,95	100,00	82.195,00	205.487,50	0,24	49.317,00
Perfil 7	7	424,23	100,00	42.423,00	106.057,50	0,76	80.603,70
Perfil 8							
<b>Total</b>				424.480,00	1.061.200,00	0,31	326.127,78

#### Teor de corte 0,55 g/t

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Perfil 1							
Perfil 2							
Perfil 3							
Perfil 4							
Perfil 5	5	512,87	100,00	51.287,00	128.217,50	0,55	70.519,63
Perfil 6	6	261,29	100,00	26.129,00	65.322,50	0,58	37.887,05
Perfil 7	7	424,23	100,00	42.423,00	106.057,50	0,76	80.603,70
Perfil 8							
<b>Total</b>				119.839,00	299.597,50	0,63	189.010,38

**Teor de corte 1,25 g/t**

	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )	Dist. (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Perfil 1							
Perfil 2							
Perfil 3							
Perfil 4							
Perfil 5	5	167,79	100,00	16.779,00	41.947,50	1,26	52.853,85
Perfil 6							
Perfil 7	7	252,84	100,00	25.284,00	63.210,00	1,24	78.380,40
Perfil 8							
<b>Total</b>				<b>42.063,00</b>	<b>105.157,50</b>	<b>1,25</b>	<b>131.234,25</b>

**4.4 – Resumo da estimativa de reservas**

**Teor de corte = 0,20 g/t Au**

	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Reserva medida	576.053,00	1.440.132,50	0,50	720.396,25
Reserva indicada	621.811,50	1.554.528,75	0,45	696.283,71
Reserva inferida	424.480,00	1.061.200,00	0,31	326.127,78
<b>TOTAL</b>	<b>1.622.344,50</b>	<b>4.055.861,25</b>	<b>0,43</b>	<b>1.742.807,73</b>

**Teor de corte = 0,55 g/t Au**

	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Reserva medida	289.736,00	724.340,00	0,73	528.748,93
Reserva indicada	282.013,00	705.032,50	0,79	557.230,74
Reserva inferida	119.839,00	299.597,50	0,63	189.010,38
<b>TOTAL</b>	<b>691.588,00</b>	<b>1.728.970,00</b>	<b>0,74</b>	<b>1.274.990,04</b>

**Teor de corte = 1,25 g/t Au**

	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Teor médio (g/t)	Au contido (g)
Reserva medida	108.404,00	271.010,00	1,32	358.448,40
Reserva indicada	122.651,00	306.627,50	1,54	471.817,07
Reserva inferida	42.063,00	105.157,50	1,25	131.234,25
<b>TOTAL</b>	<b>273.118,00</b>	<b>682.795,00</b>	<b>1,41</b>	<b>961.499,72</b>

## 5 - ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO

### 5.1 - Objetivo

Para caracterização tecnológica do minério, foram utilizados os laboratórios da Lakefield Geosol Ltda, com o objetivo de um levantamento preliminar de informações acerca de sua liberação e comportamento frente ao processo de cianetação, largamente utilizado na recuperação de ouro, servindo tais ensaios de subsídio quando da definição da futura rota de beneficiamento a ser utilizada.

### 5.2 - Metodologia

Para realização dos ensaios, foi coletada uma amostra composta de 100 Kg de minério, a mais representativa possível, na porção aflorante da mineralização, sendo esta encaminhada aos laboratórios da MINEROPAR, para britagem e moagem, a uma granulometria inferior a 80 mesh.

A amostra inicial foi quarteada, sendo separadas quatro alíquotas para determinação do teor de ouro presente, e uma de 10 Kg, para realização dos ensaios de cianetação, sendo as mesmas encaminhadas aos laboratórios da Geosol para a execução dos trabalhos.

Nos laboratórios da Geosol, as quatro amostras de controle foram analisadas (anexo 20), para ouro e prata, pelos métodos de Fire Assay e Absorção Atômica, para verificação de sua representatividade em relação a jazida. Observada esta representatividade, passou-se a realização do ensaio de beneficiamento, que consistiu na cominuição do minério a uma granulometria inferior a 150 mesh, com o produto resultante submetido ao processo de cianetação agitada por um período de 24 horas. O controle do pH foi feito a cada 4 horas, sendo o mesmo mantido com um valor próximo de 11.

A determinação da concentração de cianeto na solução (anexo 20), fator importante no desenvolvimento do ensaio, foi determinada a intervalos regulares, para verificação de sua suficiência durante todo o período de lixiviação. A concentração inicial da solução era de 2.500 mg/l de cianeto, e após 24 horas, sua dosagem caiu para 982 mg/l, ainda suficiente para manutenção do processo.

Concluída a etapa de lixiviação, foram dosadas para ouro, pelo método fire assay, além da amostra cabeça, a solução lixiviada e o resíduo sólido, para determinação da eficiência do processo.

### 5.3 - Resultados Obtidos

Os resultados analíticos das quatro alíquotas de controle, analisadas por fusão total (fire assay), são apresentadas no quadro a seguir:

Amostra	Teor de Ouro (ppm)	Teor de Prata (ppm)
GP-3395 a	1,57	5,0
GP-3395 b	1,23	6,0
GP-3395 c	1,22	6,0
GP-3395 d	1,41	4,0

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que a amostra encaminhada para o ensaio de lixiviação apresenta um teor médio de 1,36 g/t, sendo próximo do teor médio da jazida, para um teor de corte de 1,25 g/t.

Da mesma forma, as dosagens analíticas da amostra cabeça, da solução lixiviada e do resíduo sólido após lixiviação são a seguir apresentadas:

- Amostra cabeça: 1,72 g/t.
- Solução lixiviada: 1,42 g/t.
- Resíduo da lixiviação: 0,30 g/t.

#### 5.4 - Análise dos resultados

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que a amostra encaminhada para o processo de cianetação agitada apresentava um teor médio de 1,36 g/t, sendo que a análise da amostra cabeça apresentou um valor de 1,72 g/t. Após o período de cianetação de 24 horas, a solução cianetada apresentou uma dosagem de 1,42 g/t de ouro, acarretando com isto uma recuperação de 82,5% do metal contido.

A recuperação relativamente baixa do ouro contido, deve estar ligada ao tempo de permanência da amostra com a solução de lixiviação e/ou a granulometria de liberação do minério, que podem ter comprometido a ação do cianeto durante o processo.

Novos ensaios para otimização do tempo de cianetação e granulometria de liberação, bem como a viabilidade do uso do processo de flotação, possibilitando a obtenção de concentrado com pequena massa e alto teor, serão realizados. No entanto, através dos ensaios preliminares realizados, observa-se que o minério não é refratário ao processo de cianetação, podendo o mesmo vir a ser utilizado quando da implantação da rota final.

## 6 - ANÁLISE PRELIMINAR DE VIABILIDADE ECONÔMICA

### 6.1 - Parâmetros utilizados

Para análise preliminar da viabilidade econômica da jazida, será considerada a reserva de minério com teor de corte de 1,25 g/t de ouro, de acordo com os valores abaixo especificados:

	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tonelagem (t)</b>	<b>Teor médio (g/t)</b>	<b>Au contido (Kg)</b>
<b>Reserva medida</b>	108.404,00	271.010,00	1,32	358,45
<b>Reserva indicada</b>	122.651,00	306.627,50	1,54	471,82
<b>Reserva medida + indicada</b>	231.055,00	577.637,50	1,44	830,27
<b>Reserva inferida</b>	42.063,00	105.157,50	1,25	131,23
<b>TOTAL</b>	273.118,00	682.795,00	1,41	961.50

A pesquisa mineral realizada demonstrou, que o horizonte mineralizado a ouro, apresenta uma estrutura tabular, sub-horizontal a horizontal. Em superfície possui uma largura variando de 10 a 200 metros, e em sub-superfície, os trabalhos de sondagem indicaram uma profundidade superior a 40 metros e espessura entre 2 e 14 metros.

As informações advindas dos trabalhos de pesquisa indicam que o horizonte mineralizado apresenta um elevado controle estrutural, facilitando os trabalhos de lavra a serem desenvolvidos, sendo constituído quase que exclusivamente por quartzo.

A lavra do minério será realizada a céu aberto, a meia encosta, já que o capeamento presente acima do horizonte de silexito, apresenta uma espessura máxima de 50 metros. Para a retirada deste material estéril se fará uso de trator de esteira, pá-carregadeira e caminhão basculante, sendo o mesmo transportado até o local de bota fora previamente definido. A utilização de material explosivo, na fase inicial de exploração, deverá dar-se de maneira esporádica, já a maior parte do capeamento é constituído por solo, de fácil remoção.

Já para o desmonte do minério, se fará necessário a utilização de explosivos, uma vez que o mesmo encontra-se sob a forma maciça, sendo utilizada para tal, carreta de perfuração, para confecção das minas.

Concluído o desmonte do minério, o mesmo será carregado e transportado à planta de beneficiamento, para recuperação do ouro contido. A rota ideal de beneficiamento será definida quando da realização de ensaios completos de caracterização tecnológica, sendo que, pelos resultados do ensaio, a nível de laboratório, até agora realizado, pode-se supor que a recuperação do ouro deva dar-se através de cianetação agitada e com minério moído a uma granulometria inferior a 150 mesh.

Pode-se prever uma produção inicial de ouro de 10 Kg/mês, o que acarretará uma vida útil de 8 anos para o empreendimento. Esta vida útil poderá vir a ampliar-se, na medida em que haja um detalhamento da pesquisa mineral, com conseqüente incremento de reservas.

## **6.2 - Análise econômica**

### **6.2.1 - Investimentos iniciais**

De uma forma geral, os investimentos iniciais para implantação da unidade mineira irão se constituir, basicamente, naqueles necessários à implantação do infra-estrutura, tais como, a preparação da área de lavra e beneficiamento, abertura de acessos, decapeamento do minério, terraplenagem, construções civis diversas, energia elétrica, água, e outros necessários para início de operação. Para a lavra do minério, deverão ser adquiridos equipamentos, tais como, trator de esteira, pá-carregadeira, caminhões basculantes,

equipamento de perfuração, compressor, dentre outros. Para o beneficiamento, serão adquiridos, britadores, moinhos, circuito de cianetação, dessorção e refino.

Os investimentos necessários para implantação do empreendimento deverão ser da ordem de R\$ 2.000.000,00, compatível com minas similares.

#### **6.2.2 - Receita**

De acordo com o nível de produção proposto, a seguinte previsão de receitas pode ser considerada:

- Produção prevista: 120 Kg de Au/ano.
- Cotação do metal: R\$ 15,05/g
- Receita anual prevista: R\$ 1.800.000,00

#### **6.2.3 - Custos operacionais**

Tomando-se como parâmetro os custos operacionais de uma lavra a céu aberto e de uma planta de cianetação, do porte daquela proposta, pode-se estimar que os custos operacionais anuais sejam da ordem de R\$ 1.280.000,00.

#### **6.2.4 - Análise de viabilidade**

Para análise da viabilidade econômica de um projeto, comumente é utilizado o método de fluxo de caixa descontado, onde são localizados no tempo todos os recebimentos e desembolsos, ano a ano, e abrangendo o período de vida útil do projeto, acrescido daqueles de implantação.

No entanto, para a utilização desta método, faz-se necessário um elevado detalhamento dos recursos necessários a implantação do projeto, bem como seus custos e receitas, detalhamento este a ser realizado quando da elaboração do Plano de Aproveitamento Econômico da jazida.

Logo, para o nível de detalhamento da presente avaliação, será utilizado o método do tempo de retorno, onde é feita uma análise do período necessário para recuperação do capital investido, desconsiderando-se o valor da moeda no tempo.

Assim, o período de recuperação do capital investido pode ser considerado como:

$$P = \text{Inv} / (\text{Rec} - \text{Cust})$$

Onde:

P = Período de recuperação do capital investido, em anos.

Inv = Investimento inicial.

Rec = Receitas operacionais anuais.

Cust = Custos Operacionais Anuais.

Logo, o período de recuperação do capital será:

$$P = 2.000.000,00 / (1.800.000,00 - 1.280.000,00)$$

$$P = 3,8 \text{ anos.}$$

### 6.3 - Conclusões

Pela análise dos resultados obtidos, verifica-se que a recuperação do capital investido deverá dar-se com aproximadamente 48 % da vida útil do empreendimento, quando consideradas as reservas totais cubadas, para um teor de corte de 1,25 g/t. No entanto, com o desenvolvimento das pesquisas minerais, a reserva de minério deverá sofrer um incremento, aumento consequentemente a vida útil do projeto e a sua rentabilidade.

Verifica-se que, pelos parâmetros utilizados, após a recuperação do capital investido, o empreendimento forneceria um retorno líquido de R\$ 2.180.000,00, superior ao inicialmente aplicado.

Assim, pela análise dos resultados obtidos e levando-se em consideração a perspectiva de incremento de reservas, pode-se concluir pela viabilidade econômica do empreendimento.

### 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arioli, E. E. e Moreton, L. C. Projeto Castro – Relatório de Etapa. Minerais do Paraná, 1982, 106 p. anexos. Curitiba, 1982.

Cordani, V. G. Comentários sobre as Determinações Geocronológicas Disponíveis nas Folhas de Asunción e Curitiba. In: Monaco, O. A. et al. Carta Geológica do Brasil – SG.22 Brasil, DNPM, Brasília, p.58-67, 1974.

Coutinho, J. M. V. Geologia e Petrologia da Região de Pirai do Sul, Paraná. Bol. Soc. Bras. Geol., 4(1): 49-65. São Paulo, 1955.

Daitx, E. C. e Carvalho, M. A. da S. Projeto Geoquímica na Área da Formação Guaratubinha – Piên/PR. DNPM, 1982, São Paulo, 1982.

Derby, O.A. A Região Diamantífera do Estado do Paraná. Arq. Mus. Nac., vol.3. Rio de Janeiro, 1978.

Dewey, J. F. and Bird, J.M. Mountain Belts and the New Global Tectonics. Jour. Geophys. Res., 75(14): 2638. 1970

Hedenquist, J.W. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration. The Society of Resource Geology, Special Publication Number 1. Japan, 1996.

Maack, R. Breves Notícias sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Arq. Biol. Tecnol., 2: 104-105, Curitiba, 1947.

Maack, R. Geografia Física do Estado do Paraná. Banco de Desenvolvimento do Estado do Paraná, Universidade Federal do Paraná e Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas. 349p. Curitiba, Oliveira, E. P. Geologia e Recursos .

Oliveira, E. P. Geologia e Recursos Minerais do estado do Paraná. Serv. Geol. Miner. Brasil, Monograf. 6, Rio de Janeiro, 1927.

Oliveira, E. P. Os Porphyros de Castro. Serv. Geol. Mineral Brasil. Notas preliminares. 5: 12-14. Rio de Janeiro, 1936

Schmitz, H. Origin of the Epithermal Mineral Deposits. Econ. Geol., 45, 191-200, 1950.

Sinclair, A. J. Applications of Probability Graphs in Mineral Exploration. Assoc. Explor. Geochem., Especial Vol. n° 4, 96p. 1976.

Curitiba, 20/agosto/1999

  
Gil F. Piekarz  
CREA 8218-D

