

## 4 GEOLOGIA DA REGIÃO DE SANTA BÁRBARA/BARÃO DE COCAIS

A geologia da região de Santa Bárbara e Barão de Cocais (Anexo 1) está ligada à evolução do Quadrilátero Ferrífero, em sua porção NE. Engloba rochas de idades arqueana e proterozóica que foram tectonizadas por diversos eventos de dobramento, cisalhamento e falhamento. Ocorrem ainda rochas metabásicas intrusivas e coberturas cenozóicas.

O Projeto Rio das Velhas (Baltazar & Zuchetti, 2000) demonstra que o Arqueano ocorre em uma faixa extensa que vai de Barão de Cocais até Santa Bárbara, estendendo-se tanto para norte quanto para sul destas cidades. Geologicamente, esta região abrange terrenos granito-gnáissicos, caracterizados pelo Complexo Santa Bárbara, rochas ultramáficas serpentinizadas pertencentes ao Grupo Quebra Osso e pelo Grupo Nova Lima, sotoposto à seqüência anterior. Todas as unidades foram deformadas e metamorfozadas na fácies xisto-verde. Rochas proterozóicas são encontradas a oeste e noroeste de Barão de Cocais.

O Complexo Santa Bárbara está em contato tectônico com o Sg. Rio das Velhas e com a Formação Moeda (Sg. Minas), através do sistema de falhas de empurrão denominada Água Quente (Dorr, 1969). Ocorre em uma faixa extensa estendendo-se tanto para leste quanto para sul-sudeste, incluindo, na sua abrangência, a cidade de Santa Bárbara. É representado por gnaisses e migmatitos de composição tonalítica, granodiorítica e granítica constituídos essencialmente por quartzo, plagioclásio, biotita, feldspato potássico e carbonato secundário. São cortados por diversas intrusões de gabro/diabásio, principalmente nos contrafortes da cidade de Santa Bárbara.

O Supergrupo Rio das Velhas (Loczy & Ladeira, 1976) está representado na região pelo Grupo Quebra Osso (Schorscher, 1979), unidade basal da seqüência, que ocorre a oeste de Santa Bárbara, e pelo Grupo Nova Lima (Ladeira, 1980), que ocupa praticamente toda a região entre Santa Bárbara e Barão de Cocais.

As rochas do Grupo Quebra Osso estão em contato tectônico, a leste, com o Complexo Santa Bárbara e a oeste com o Grupo Nova Lima. São constituídas por uma seqüência de rochas ultramáficas metamorfozadas e deformadas tais como talco xistos, serpentinitos, clorita-talco xistos, antigorita xistos, esteatitos, anfíbolitos além de dunitos, peridotitos, komatiitos, localmente com *pillows* e textura *spinifex*. Podem conter níveis de formação ferrífera e turmalinitos que, no geral, são concordantes com a foliação principal nas ultramáficas.

As rochas do Grupo Nova Lima (Ladeira, 1980) são de idades mesoarqueana a neoarqueana. Na base, ocorrem xistos máficos e félsicos diversos, metapelitos xistificados, xistos carbonosos, metavulcanoclásticas, com intercalações de formação ferríferas e xistos carbonosos subordinados. Na porção intermediária, há diminuição no conteúdo de rochas vulcânicas e aumento de rochas metapelíticas diversificadas, xistificadas, quartzitos, filitos com níveis de formação ferrífera e xistos carbonosos. No topo, afloram rochas metassedimentares variadas tais como mica-quartzo xistos, clorita-quartzo xistos, quartzo-sericita xistos, com contribuição vulcânica muito limitada, além de níveis de formação ferrífera e xisto carbonoso. Possuem *trend* geral NE-SW com mergulhos variáveis para SE e, nesta região, encontram-se muito alteradas formando um manto de intemperismo com aproximadamente 50 metros de espessura.

As rochas de idade proterozóica se concentram principalmente a NW de Barão de Cocais e estão balizadas com relação às rochas arqueanas pelo sistema de falha do Fundão-Cambotas, que é uma estrutura regional de *trend* NE-SW. A principal entidade tectônica proterozóica existente neste setor é o Sinclinal Gandarela, que ocorre a oeste de Barão de Cocais.

Segundo o Projeto Rio das Velhas (Baltazar & Zuchetti, 2000), as principais unidades litoestratigráficas proterozóicas presentes são o Supergrupo Minas, o Supergrupo Espinhaço e o Granito Peti. A unidade basal do Supergrupo Minas, o Grupo Caraça, ocorre ao sul de Santa Bárbara e está representada pela formação Moeda que ocorre como uma “fatia” tectônica entre o complexo granito-gnássico e o Supergrupo Rio das Velhas, onde se encontra apenas um afloramento desta unidade. Esta unidade está caracterizada por um quartzito micáceo de granulação grossa com lentes de conglomerado clasto-suportado, cujos clastos são de quartzo e quartzito e variam de grânulo a calhau, apresentando orientação  $150^\circ$  az (Carvalho e Pereira, 2005). No topo do Supergrupo Minas ocorre o Grupo Itabira onde predominam rochas sedimentares químicas, tendo na base a formação Cauê, constituída por itabiritos e, subordinadamente, dolomitos e filitos. Interdigitando-se com o Itabirito Cauê, está a Formação Gandarela com dolomitos, calcários, itabiritos dolomíticos e filitos.

O Supergrupo Espinhaço é caracterizado, pela Formação Cambotas, que ocorre a NW de Barão de Cocais, representado pela serra homônima onde afloram quartzitos e quartzitos sericíticos.

Ao norte de Santa Bárbara, intrudindo as rochas arqueanas do Grupo Nova Lima, ocorre o Granito Peti, que é composto por fluorita, pertita, quartzo e biotita.

O Projeto Rio das Velhas (1996) também individualizou quatro unidades relativas ao Grupo Nova Lima e denominou-as de unidades Quebra Ossos, Santa Quitéria, Córrego do Sítio e Mindá. A unidade Quebra Ossos constitui a camada basal da seqüência estratigráfica, e engloba uma seqüência de rochas ultramáficas, como já citado anteriormente.

A Unidade Santa Quitéria é representada na área tipo, localizada na mina homônima. É constituída, principalmente, por rochas metassedimentares químicas e clásticas finas metamorfisadas na fácies xisto verde. Este conjunto é constituído por xistos muito finos formados principalmente por clorita e sericita, intercalados com lentes de xistos/filitos carbonosos, formação ferrífera bandada e *metacherts*. A unidade Córrego do Sítio é composta por metapelitos com alternância de bandas siltosas e argilosas. Níveis delgados de xisto carbonoso e formação ferrífera podem estar presentes. A unidade Mindá é constituída por metapsamitos com quartzo, mica branca e clorita, apresentando um bandamento representado pela alternância de níveis filossilicáticos e níveis quartzosos.

Em relação à evolução tectônica da região, grandes dobras isoclinais são inferidas e mapeadas nas quadrículas de Catas Altas e Conceição do Rio Acima.

Martins Pereira (1995, 2005) propõe uma repetição de camadas da formação ferrífera por dobramento, com o desenvolvimento posterior de uma zona de cisalhamento transcorrente com rejeito direcional. Segundo o autor, estes estágios deformacionais seriam de idade arqueana e estariam associadas a  $D_1$ .

O autor também sugere que no Proterozóico, teria havido a nucleação de dobras em bainha, deformação e estiramento de todo o pacote segundo a direção  $S50^\circ E/55^\circ$ , relacionadas a  $D_2$ . A última etapa seria caracterizada por deformação de caráter rúptil com geração de fraturas e clivagens de crenulação e de fratura.

O mapa geológico da região mostra que várias falhas regionais, orientadas segundo NW-SE, cortam os litotipos arqueanos até os limites das unidades proterozóicas e que, aparentemente, estão balizados tanto pelas falhas do Fundão quanto da Água Quente.

O Projeto Rio das Velhas (Baltazar & Zuchetti, 2000) apresenta dados estruturais que indicam que as unidades litoestratigráficas do Grupo Nova Lima comportam-se como um cinturão alongado, limitado ao norte pela zona de cisalhamento Fundão-Cambotas e ao sul pela falha de Água Quente.

Pereira (1996) também caracteriza dois eventos deformacionais mas, diferentemente de Martins Pereira (1995), conclui que o paralelismo dos eixos de dobras  $B_1$ , com relação à lineação de estiramento  $Lm_1$ , é atribuído a uma inclinação das camadas orientadas obliquamente em relação à direção de máxima compressão do evento  $D_1$ . O metamorfismo nesta região é de fácies xisto verde, tal qual como entre outras regiões do Quadrilátero Ferrífero.

O mapa geológico simplificado da região de Santa Bárbara e Barão de Cocais, de acordo com o Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero (Lobato *et al*, 2005), é apresentado no Anexo1.

## **5 AS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS NA REGIÃO DE SANTA BÁRBARA/BARÃO DE COCAIS**

### **5.1 HISTÓRICO**

As ocorrências auríferas no Quadrilátero Ferrífero estão largamente divulgadas na literatura geológica e no que tange ao *Greenstone Belt* do Rio da Velhas. Na região, estas mineralizações estão restritas ao Grupo Nova Lima.

Barbosa & Moraes (1939) fizeram um levantamento das ocorrências da região em foco e, dentre as principais, citam as do Pari, Pitangui, Serra de Cocais, Quebra Ossos, Brumadinho, Boa Vista, Alto do Alfié, Santa Quitéria, Cata Preta e Baú. Além destas, destacam-se também as de Barra Feliz, São Bento, São Jorge, Pacheca, Bicalho, Taquaril e outras ocorrências menores. A maioria das ocorrências estão relacionadas à formação ferrífera, venulações de quartzo e sulfetos em quartzosericita xistos, quartzo-sericita-carbonato xistos e clorita xistos cisalhados, todos relacionados à zonas de alteração hidrotermal. Algumas dessas ocorrências tornaram-se minas, tais como São Bento e a Mina de Pilar, objeto deste trabalho.

Existe uma outra mina de ouro na região, conhecida como Córrego do Sítio, pertencente a AngloGold Ashanti, mas diferentemente das outras, não foi descoberta a partir das escavações dos antigos e sim pelo métodos tradicionais de prospecção e pesquisa.

### **5.2 PRINCIPAIS MINAS DA REGIÃO DE SANTA BÁRBARA/BARÃO DE COCAIS**

Atualmente, na região de Santa Bárbara/Barão de Cocais existem duas minas em operação de lavra a céu aberto com desenvolvimentos de rampas de acesso para o minério sulfetado: Pilar, pertencente à Mineração Serras do Oeste (MSOL) e Córrego do Sítio, que pertence à Anglo Gold Ashanti. A mina de São Bento também está situada na região, mas hoje se encontra com suas atividades de lavra do minério sulfetado paralisadas. A Figura 10 apresenta a localização no contexto geológico da região destas três minas.

#### **5.2.1 Mina São Bento**

A mina São Bento é de propriedade da Eldorado Gold Corporation e está localizada na porção NE do Quadrilátero Ferrífero, a aproximadamente 10 km a oeste da cidade de Santa Bárbara, no distrito de Barra Feliz. Os primeiros dados históricos da exploração de ouro na mina São Bento datam de 1860, em função da descoberta de um veio aurífero na região do Pinta Bem, um dos pontos mais elevados da região, com 1.022 m de altitude ([www.minerios.com.br/277/minerios\\_ouro3.htm](http://www.minerios.com.br/277/minerios_ouro3.htm)).

Geologicamente, a Mina de São Bento está posicionada na unidade intermediária do Grupo Nova Lima que, de acordo com Martins Pereira (1995, 2005), é constituída na base por clorita xisto grafitoso com nódulos de pirita, xistos indivisos, metabasitos, sericita-quartzo xisto, formação ferrífera bandada, tipo algoma e mais ao topo por rochas intrusivas máficas.

Martins Pereira (1995) subdivide informalmente a área dentro da mina de São Bento em quatro unidades litoestratigráficas informais, denominadas de: (i) formação ferrífera inferior, (ii) formação grafitosa basal, (iii) formação ferrífera são bento e (iv) formação carrapato.

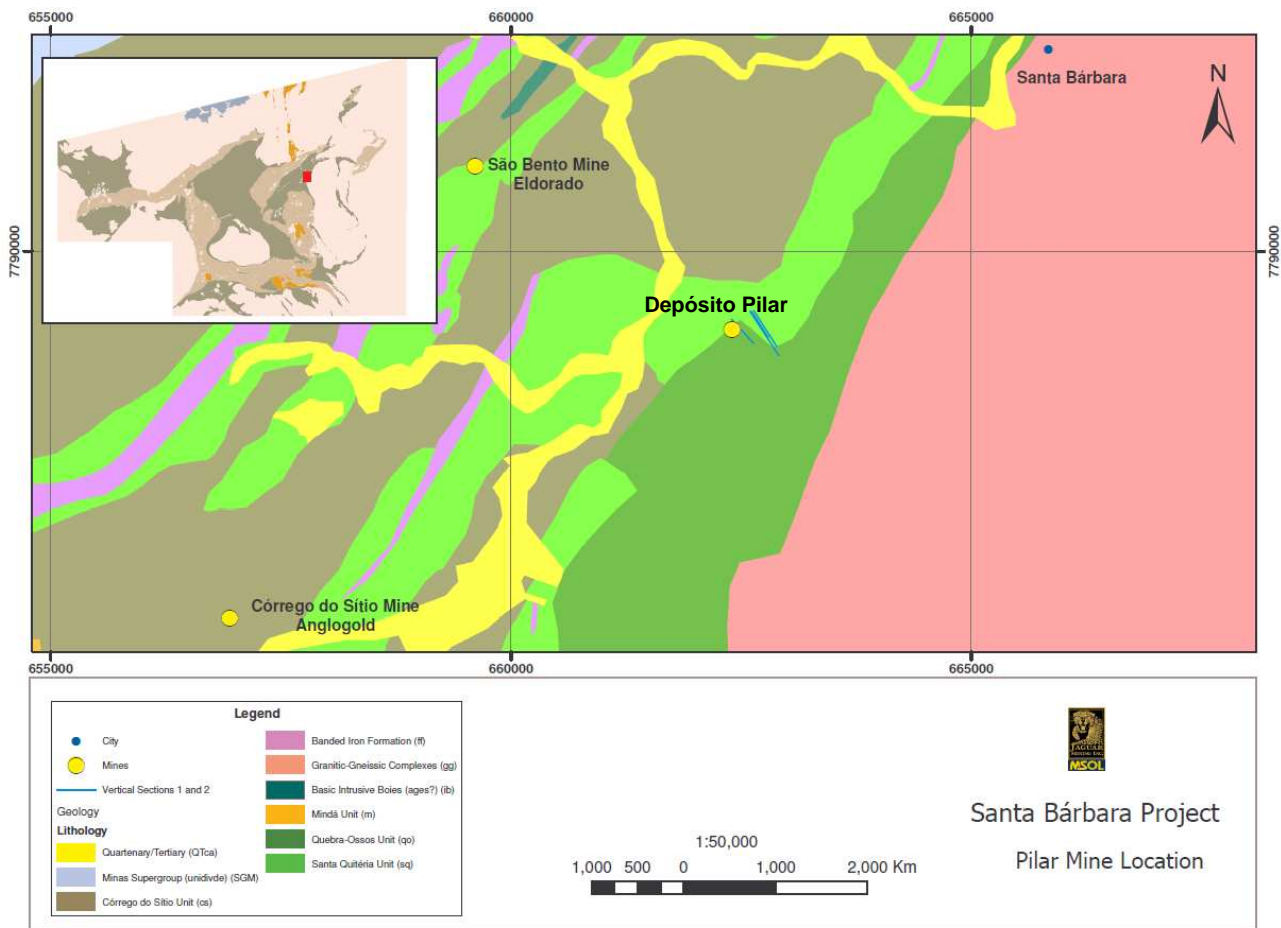


Figura 9 – Mapa geológico da região de Santa Bárbara/Barão de Cocais com a localização das três principais minas de ouro da região (arquivos MSOL/Jaguar Mining Inc. 2005).

A mineralização aurífera de São Bento está relacionada à zona de cisalhamento transcorrente e hospedada em níveis sulfetados dentro da Formação Ferrífera São Bento, na forma de finas camadas que variam na concentração de magnetita, carbonatos, silicatos, sulfetos e com veios de quartzo com espessura variável levemente discordantes da BIF (Martins Pereira, 1995). O *trend* geral da foliação principal na Mina de São Bento é para NE, em torno de 30° – 40° Az, com mergulhos variáveis para SE. O *plunge* dos corpos mineralizados também apresenta caimento para SE.

Mineralogicamente, o depósito é constituído por clorita, estilpnomelano, muscovita, quartzo, carbonatos e sulfetos (arsenopirita, pirrotita, pirita, calcopirita, esfalerita, galena), além de ouro, magnetita e ilmenita. O ouro tem várias formas de ocorrência: (i) associado a sulfetos, principalmente a arsenopirita, como pequenas inclusões na arsenopirita, ou na pirita, pirrotita e esfalerita; (ii) em veios quartzo-carbonáticos, também associado a sulfetos; (iii) como inclusões maiores na pirrotita, comumente em contato com arsenopirita; (iv) livre, preenchendo fraturas, associado a sulfetos ou não e; (v) preenchendo cavidades na arsenopirita

As reservas na mina de São Bento, divulgadas pela Eldorado Corp. foram avaliadas em 3,24 milhões de toneladas de ouro com teor de 8,95 g/t de ouro, contendo 932 mil onças. (fonte: Minérios e Minerales, edição 247, Abril/2000).

### 5.2.2 Mina Córrego do Sítio

O depósito Córrego do Sítio localiza-se no Município de Santa Bárbara, nordeste do Quadrilátero Ferrífero, com direitos minerários pertencentes à AngloGold Ashanti Mineração Ltda. A pesquisa no referido depósito iniciou-se na década de 1980 quando, após trabalhos de prospecção e pesquisas tradicionais, foram identificadas expressivas anomalias geoquímicas de solo, configurando dois *trends* mineralizados subparalelos, de direção NE-SW.

Córrego do Sítio encaixa-se em rochas sedimentares xistificadas do Grupo Nova Lima. São representadas por ritmitos e turbiditos com intercalações de pelitos, siltitos e grauvacas, com contribuição carbonosa e alguma contribuição vulcânica. Porto *et al.* (2006) cita a ocorrência de estreitos níveis de formação ferrífera bandada. O metamorfismo é de baixo grau, fácies xisto verde.

Toda a seqüência metassedimentar está bastante deformada por um dobramento localmente denominado F2, com dobras aproximadamente cilíndricas, desarmônicas, transposição do acamamento e com vergência para oeste. A foliação principal (S2) é uma clivagem plano-axial, de direção N25-30°E e mergulho geral 55°SE, que coincide com a foliação regional (Porto *et al.* 2006). Diques básicos a intermediários em enxame estão metamorfisados e alojam-se preferencialmente subparalelos à foliação S2, exibindo foliação proeminente nas bordas. Possuem orientação NNE-SSW e mergulho para SE, cortando a seqüência (Porto *et al.* 2006).

Os corpos mineralizados compreendem zonas sericíticas sulfetadas e venulações de quartzo cinza com ankerita subordinada. São estreitos e alongados com direção NE-SW, *plunge* entre 20° e 30° para NE e caimento para SE, dobrados, boudinados e localmente rompidos (Porto *et al.* 2006). O sulfeto predominante é a arsenopirita, comumente na forma de cristais aciculares milimétricos, onde o ouro ocorre como inclusões microscópicas e submicroscópicas e intercrescido em suas bordas. Outros minerais típicos da mineralização são bertierita, estibinita, pirita e calcopirita.

As rochas encaixantes e os diques, exibem alteração hidrotermal relacionada à deposição de ouro em sulfetos. De modo geral, o hidrotermalismo associado à deformação das rochas metassedimentares gerou zonas de alteração discretas e aparentemente estreitas, refletindo silicificação e sericitização nas zonas mineralizadas e carbonatação, com cloritização nos envelopes externos (Porto *et al.* 2006).

Nesta mina, o minério aurífero oxidado é lavrado desde 1990, em cavas a céu aberto e, com o avanço da pesquisa e face aos bons resultados obtidos, a AngloGold iniciou, em 2002, a abertura de uma rampa descendente para acesso e desenvolvimento de galerias exploratórias no minério sulfetado, nas projeções dos principais corpos das cavas.