OURO

Lydia Maria Lobato
UFMG-IGC-CPMTC
llobato.ufmg@gmail.com

Marco Aurélio da Costa
Consultor
mac13@uol.com.br

SUMÁRIO

1. ASPECTOS GERAIS 1
1.1. Aplicações 2
2. GEOLOGIA 3
2.1. Tipos de Depósitos de Ouro 3
2.2. Ouro em Minas Gerais 5
2.3. Quadrilátero Ferrífero e Arredores 5
2.4. Sul de Minas 11
2.5. Faixa Araçuaí 12
2.6. Oeste de Minas 13
3. ASPECTOS ECONÔMICOS 14
3.1. Produção Interna 14
3.2. Importação 14
3.3. Exportação 14
3.4. Consumo interno 15
3.5. Projetos em andamento e/ou previstos 15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

1. ASPECTOS GERAIS

Ouro (Figura 1), elemento químico de símbolo *Au*, ocorre sob a forma de metal de cor amarela, denso e brilhante, de dureza 2,5 a 3, densidade entre 15 e 19,3 g/cm^3, sendo membro do grupo 1B da tabela periódica dos elementos químicos, juntamente com a prata (Ag) e o cobre (Cu). Ocorre na natureza como um mineral do sistema cristalino isométrico. Foi um dos primeiros minerais usados nas culturas pré-históricas. Desde a antiguidade seus ornamentos estão entre os objetos metálicos mais conhecidos e cobiçados pela humanidade. Lascas de ouro foram achadas em cavernas do Paleolítico, datadas de mais de 42 mil anos atrás.

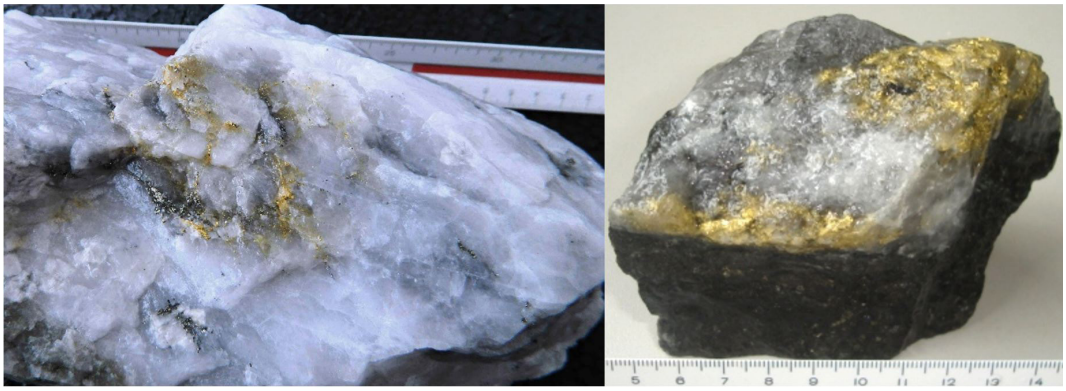

Figura 1. Fotos de ouro em veios de quartzo das minas Engenho d'Água e Catita, região do Quadrilátero Ferrífero.

Ouro é um excelente condutor de energia elétrica. Não oxida, corrói ou mancha. De fácil manuseio, pois é maleável e dúctil, faz liga com muitos metais e pode ser fundido. Usado como referência monetária desde os primórdios da civilização humana, mais da metade do ouro do mundo está na propriedade de governos e bancos. Seu preço varia diariamente, com cotação associada ao dólar americano. Comercialmente, considera-se uma onça troy (oz t) como unidade de medida, usada para medir a massa de ouro. Uma onça troy é igual a 31,1034768 g.

É raramente usado na forma praticamente pura (24 quilates, ou ouro 9999), por ser demasiadamente macio. Para fins de joalheria, o ouro é geralmente ligado a metais como cobre, prata ou níquel.

Em 2016, foram produzidas 3.100 t no mundo, sendo os principais países produtores: a China, 455 t (maior produtor nos últimos 10 anos); Austrália, 270 t; Rússia, 250 t; Estados Unidos da América, 209 t; Canadá, 170 t; Peru, 150 t; África do Sul, 140 t; México, 125 t; Indonésia, 100 t; Uzbequistão, 100 t; Gana, 90 t; e Brasil, 80 t (USGS 2017). Estima-se que cerca de 187.200 t de ouro já tenham sido produzidas ao longo de toda a história, com dois terços desde 1950.

Hough & Butt (2009) publicaram excelente volume cobrindo os mais diferentes aspectos acerca desse metal, desde sua geologia, tipos de jazidas, transporte, uso, cristalografia, biogeoquímica e nanotecnologia. De fácil leitura, é referência importante para complementar o conhecimento sobre ouro.

A mineração brasileira de ouro é antiga, com o início da corrida de ouro já nos anos de 1690, principalmente em terras do estado de Minas Gerais. O Brasil se destaca como um grande produtor no cenário mundial há vários séculos. Pouco depois da chegada dos portugueses ao Brasil, expedições (chamadas de entradas e bandeiras) buscavam metais preciosos e gemas pelo recém descoberto território. Pequenas quantidades do metal foram encontradas no final do século XVI, com melhores registros no século XVII. Com liderança na produção aurífera mundial nos séculos XVIII e XIX (quando o País produziu até 8 t de ouro por ano), o Brasil assim se manteve até o final do século XIX, avançando pelo século XX, com a maior parte da produção na época saindo de terras mineiras, principalmente da região do Quadrilátero Ferrífero (Figuras 3 e 4). O período entre 1983 e 1990 foi considerado o primeiro *boom* brasileiro da produção de ouro em tempos modernos. Em 1992, empresas de mineração atingiram um total de 40 t. Entre 1982 e 1999, o país tinha dez minas de ouro grandes (>20 t Au) e sete menores (3-8 t Au). Nesse período, 66% do ouro produzido era advindo de rochas do Arqueano, e 19% e 15% do Paleoproterozoico e Neoproterozoico, respectivamente (Lobato *et al.* 2016, Thorman *et al.* 2001). Do início a meados dos anos 2000, o segundo *boom* de ouro iniciou-se com aumento da produção, em parte devido à abertura de novas minas, como por exemplo Chapada (Goiás-GO), Lamego e Turmalina (ambas em Minas Gerais - MG), e Mamão (Pará - PA).

1.1. Aplicações

As principais aplicações do ouro são em joalheria, finanças e investimento, eletrônica e computadores, medicina e odontologia, indústria aeroespacial e na fabricação de medalhas e prêmios.

Em joalheria, o ouro é geralmente empregado em liga com a prata e cobre (ouro amarelo), com níquel (ouro branco), paládio ou platina. Por causa de suas propriedades de beleza e duração, uma joia é a maneira mais comum em que o ouro chega aos consumidores, e tem sido um uso primário para o metal em várias culturas e civilizações.

Fios com ouro têm aplicação na indústria de computadores, rádios digitais, sistemas de micro-ondas, sistemas de telefonia, lançadores de foguetes, e em equipamentos de difícil reparo, como sob a água e no espaço.

Por favorecer a proteção contra os raios solares, pode ser adicionado a filmes transparentes de janelas e na fabricação de vidros especiais. Película de ouro pode ser usada na superfície interna e externa de prédios por sua resistência à corrosão. Ainda é aplicado sobre roupas e naves espaciais para reduzir calor e brilho. Na medicina é utilizado no tratamento de dentes, artrite e outras doenças. Equipamentos com tecnologia Laser, na indústria em geral e na medicina, fazem uso de refletores com película de ouro (Geoscience News and Information - Geology.com, World Gold Council 2017).

2. GEOLOGIA

2.1. Tipos de Depósitos de Ouro

Ouro é produzido em todas as regiões do mundo, exceto na Antártica. Em depósitos econômicos, sua concentração varia de ~1 a 100 ppm, ou acima disso nos tipos bonanza (epitermais de ouro-prata), em comparação com a média crustal de ~1,3 ppb. Grande variedade de elementos pode estar associada, incluindo La, Ce, U, V, Cr, Mo, W, Fe, Co, Ni, Pd, Pt, Cu, Ag, Zn, Hg, B, Tl, C, Si, Pb, As, Sb, Bi, S, Se, Te. A associação mineralógica mais comum é com quartzo, mas também ocorrem carbonatos, feldspatos, sulfetos e óxidos de ferro, sulfetos de metais base, arsenetos de Fe ± Co ± Ni, silicatos de Fe ± Mg ± Ca ± V ± Cr, além de carbono em matéria carbonosa ou grafita (Hough & Butt 2009).

De forma muito genérica, há três classes principais de depósitos, sendo as mesmas em: veios e/ou brechas hidrotermais, comumente com quartzo, alojados em rochas metamórficas, ígneas e sedimentares; sulfetos maciços vulcano-exalativos; e concentrações do tipo *placer*, consolidados ou não. Ouro ainda está presente em depósitos metamórficos de contato (e.g., *skarns*), e em sistemas epitermais rasos. Ouro em geral ocorre disseminado em minerais de ganga (principalmente quartzo) e sulfetos (pirita especialmente), em grãos redondos, plaquetas ou pepitas em *placeres*. Nesses últimos, como está na forma de ouro livre, é facilmente separado com uso de bateia, em função de sua alta densidade. Ouro também ocorre na forma de *electrum*, liga natural ouro-prata. Ouro paladiado ainda está presente em alguns tipos de jazidas.

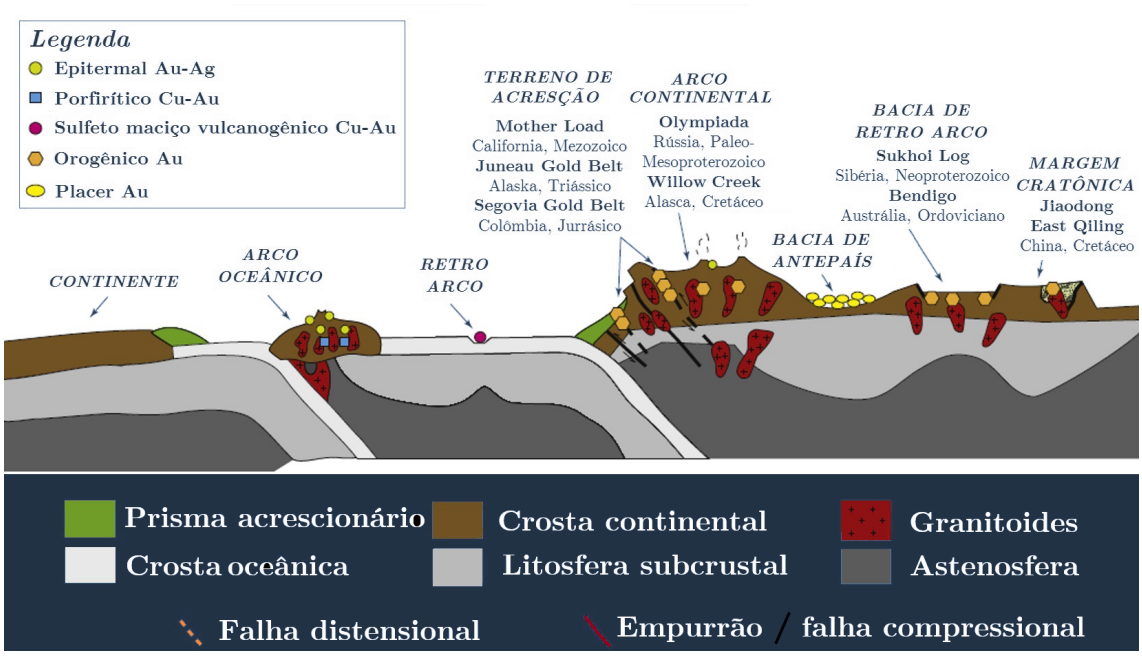

Figura 2. Ambientes tectônicos de depósitos auríferos. Os orogênicos podem se localizar em cinturões acrescionários deformados, adjacentes a arcos magmáticos continentais, em regiões de ante-arco e retro-arco de margens continentais ativas, assim como ao longo de margens cisalhadas de batólitos de arco. Escalas verticais e horizontais estão exageradas indicando a posição espacial dos depósitos relativamente à profundidade de formação (reproduzido de Goldfarb & Groves 2015).

Os depósitos de ouro podem ser subdivididos em cinco tipos principais (e.g., Robert *et al.* 2007), representados de forma esquemática na Figura 2 (e.g., Hough & Butt 2009; Ridley 2013; Goldfarb & Groves 2015).

Depósitos Orogênicos (segundo definição de Groves *et al.* 1998), também conhecidos como depósitos auríferos em terrenos metamórficos, estão em sequências metavulcano-sedimentares, incluindo *greenstone belts*. É o tipo de depósito de ouro mais comum, tanto no espaço como no tempo, sendo do tipo *gold-only*, onde apenas prata associada em geral na relação 5:1 (Au:Ag). Formaram-se por mais de 3 Ba na história terrestre, ocorrendo desde o Pré-cambriano, em especial no Arqueano e Paleoproterozoico, até os cinturões orogênicos fanerozoicos (Figura 3).

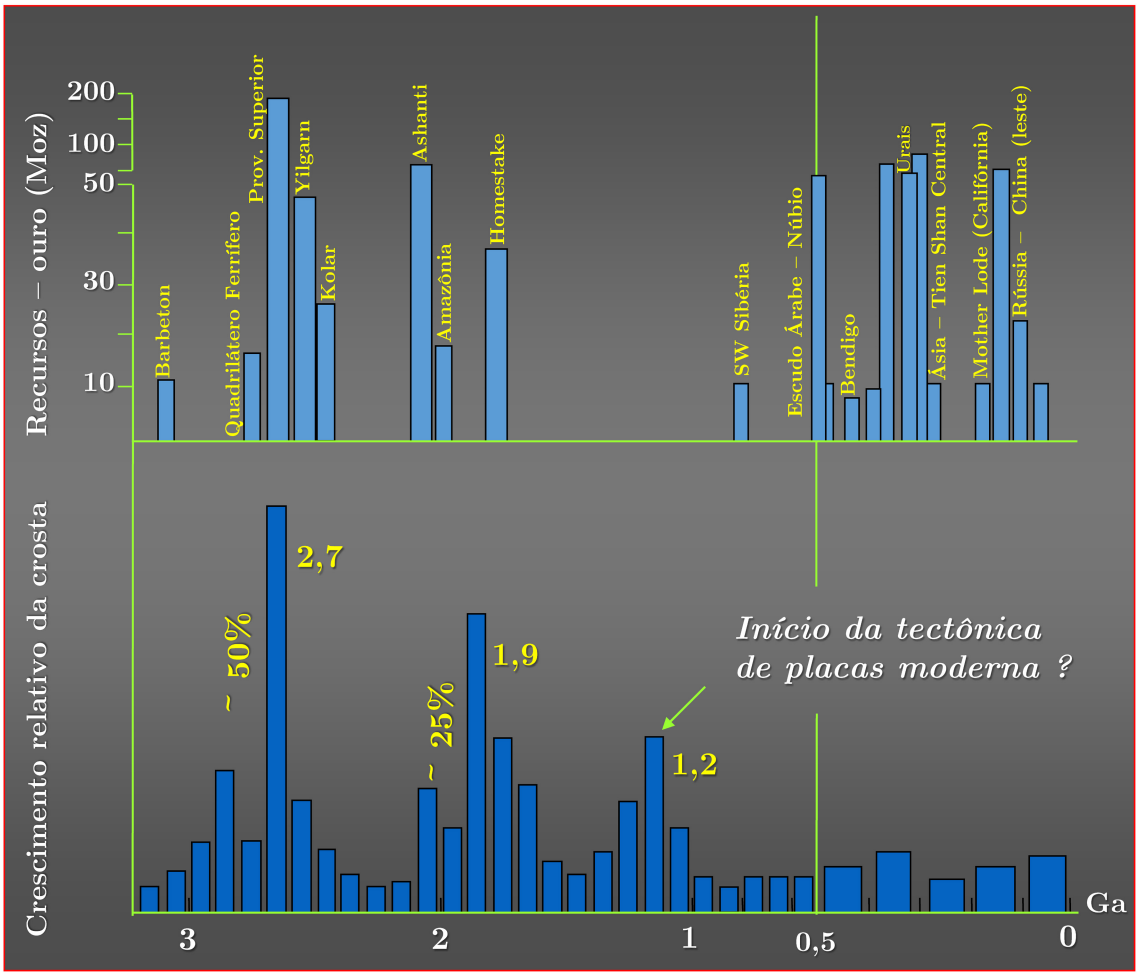

Figura 3. Períodos de formação dos depósitos de ouro orogênicos vs. períodos de evolução crustal (reproduzido e modificado de Groves *et al.* 2005). **A**. Distribuição das grandes províncias auríferas orogênicas no tempo. **B**. Evolução no tempo da crosta continental; eixo y mostra crescimento crustal relativo. Largura das barras em (**A**) função das incertezas nas idades de mineralização, e (**B**) ilustra períodos principais de evolução crustal. Indicações de 50 e 25% referem-se a percentagens aproximadas de crescimento da crosta registrado no final do Arqueano e meados-ao final do Paleoproterozoico, respectivamente.

Ouro de substituição em rochas sedimentares. Também conhecidos como depósitos do tipo *Carlin-type*, são de grande importância econômica no estado de Nevada (EUA) e na China, onde ouro invisível associa-se a pirita arsênica.

Sulfetos maciços vulcanogênicos de ouro. Os depósitos tipo *volcanic-hosted massive sulphides - VHMS* são relacionados a processos hidrotermais vulcânicos no assoalho oceânico.

Paleoplaceres. Depósitos de ouro-urânio associam-se a metaconglomerados do fim do Arqueano, como reservas extraordinárias na bacia de Witwatersrand África do Sul, tendo sido responsável por cerca de 45% de toda a produção de ouro do mundo. Sequências semelhantes do Paleoproterozoico também contêm depósitos semelhantes em outras partes do mundo.

2.2. Ouro em Minas Gerais

Minas Gerais é um dos principais produtores de ouro do Brasil (Figura 4). Prevalecem, na Tabela 1, as jazidas do tipo orogênico (revisão em Goldfarb & Groves 2015), que de fato constituem o maior número de jazidas, minas e ocorrências em todo o estado. Acham-se localizadas na Figura 5, com somatório de minério lavrado e/ou de recursos/reservas mostrado no gráfico da Figura 6. A maioria localiza-se na região do Quadrilátero Ferrífero (Figura 7), para o qual maior detalhamento é apresentado. Lobato *et al.* (2016) e Thorman *et al.* (2001) apresentam sínteses sobre o histórico da exploração aurífera brasileira, com destaque para Minas Gerais em Thorman *et al.* (2001).

2.3. Quadrilátero Ferrífero e Arredores

A região é uma das mais importantes províncias deste metal, e a maior em depósitos hospedados em formações ferríferas bandadas-FFB de idade arqueana do país.

O Quadrilátero Ferrífero localiza-se na extremidade sudeste do Cráton do São Francisco (Almeida 1967, Heilbron *et al.* 2017), e é subdividido em três unidades geológicas principais (Dorr 1969): 1) o embasamento cristalino; 2) as sequências arqueanas tipo *greenstone belt*, englobadas no Supergrupo Rio das Velhas; e 3) as rochas supracrustais metassedimentares do Paleoproterozoico, especialmente o Supergrupo Minas.

O conhecimento geológico detalhado e sistemático do Quadrilátero Ferrífero ganha fôlego em 1944, quando o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e o United States Geological Survey (USGS) elaboraram o primeiro esboço de um Acordo Intergovernamental. Conduzido no pós-guerra, durou até 1962, gerando uma série de trabalhos ao longo deste período e mesmo um pouco para além.

Os trabalhos envolveram extenso levantamento aerofotogramétrico, gerando minuciosos mapas topográficos, e levantamento sistemático e inédito de cartas em grande escala na região. O levantamento geológico de campo produziu numerosos dados e informações sobre a origem, distribuição, estrutura e relações de contato entre as diversas unidades geológicas, tanto no Quadrilátero Ferrífero como nos seus arredores. Ênfase maior foi dada às unidades proterozoicas hospedeiras de mineralizações de ferro e manganês, isto é, ao Supergrupo Minas, devido ao esforço do pós-guerra.

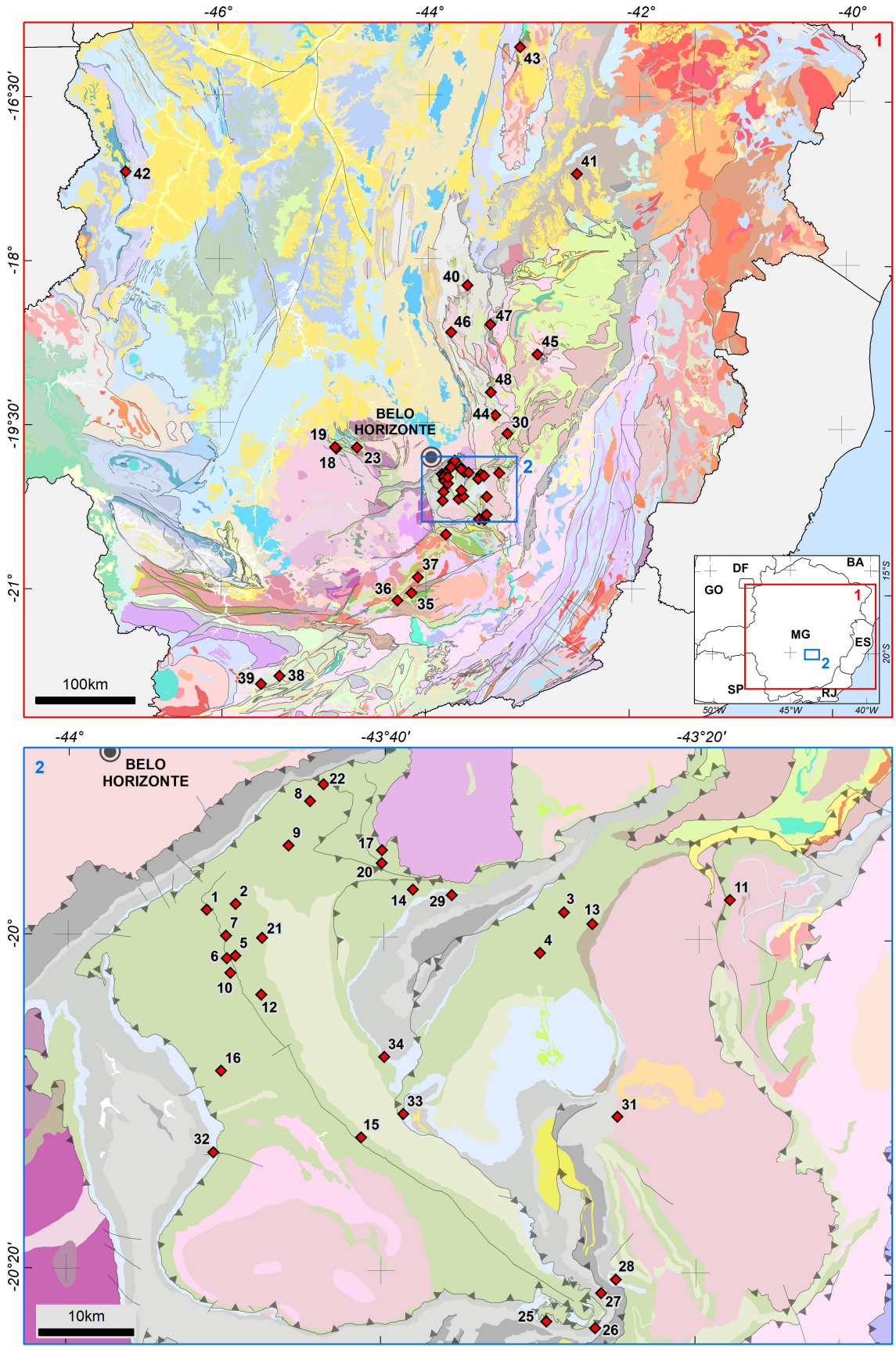

Figura 4. Principais ocorrências de ouro no estado de Minas Gerais. A numeração se refere aos itens da Tabela 1. Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014.

Tabela 1. Principais ocorrências de ouro no estado de Minas Gerais (localizadas nos mapas da Figura 4).

	Toponímia	Município	Latitude	Longitude	Status Econômico	Situação
1	Morro Velho	Nova Lima/Raposos	-43,853628	-19,974862	Mina	Paralisada
2	Raposos	Raposos	-43,823268	-19,969034	Mina	Paralisada
3	São Bento	Santa Bárbara	-43,476157	-19,974909	Mina	Paralisada
4	Córrego do Sítio	Santa Bárbara	-43,501148	-20,015581	Mina	Ativa
5	Bicalho	Raposos	-43,822972	-20,020831	Mina	Paralisada
6	Faria	Nova Lima	-43,832061	-20,023278	Mina	Paralisada
7	Bela Fama	Nova Lima	-43,833225	-20,000648	Mina	Paralisada
8	Cuiabá	Sabará	-43,745483	-19,865782	Mina	Ativa
9	Lamego	Sabará	-43,767704	-19,910119	Mina	Ativa
10	Morro da Glória	Nova Lima	-43,828089	-20,037895	Mina	Paralisada
11	Pary	Santa Bárbara	-43,300915	-19,960985	Mina	Paralisada
12	Engenho d´Água	Rio Acima	-43,795529	-20,059291	Mina	Paralisada
13	Pilar-Brumal	Santa Bárbara	-43,446219	-19,986099	Mina	Ativa
14	Roça Grande	Caeté	-43,635925	-19,953222	Mina	Paralisada
15	Paciência-Santa Isabel	Itabirito	-43,688744	-20,201298	Mina	Paralisada
16	Rio de Peixe	Rio Acima	-43,837458	-20,135762	Mina	Paralisada
17	Catita	Caeté	-43,668875	-19,914280	Mina	Paralisada
18	Turmalina	Conceição do Pará	-44,877974	-19,743541	Mina	Ativa
19	Faina	Conceição do Pará	-44,888902	-19,731578	Mina	Paralisada
20	Juca Vieira	Caeté	-43,669062	-19,927212	Mina	Paralisada
21	Luzia da Mota	Raposos	-43,795016	-20,002735	Escavações Históricas	Inativo
22	Descoberto de Cuiabá	Sabará	-43,731288	-19,848950	Mina	Paralisada
23	São Sebastião	Onça de Pitangui	-44,676283	-19,732135		
24	Congonhas	Congonhas / Ouro Branco / Conselheiro Lafaiete	-43,810314	-20,525814	Escavações Históricas	Inativo
25	Ouro Preto	Ouro Preto	-43,490884	-20,383497	Escavações Históricas	Inativo
26	Passagem de Mariana	Mariana	-43,439081	-20,389609	Mina	Paralisada
27	Santana	Mariana	-43,433140	-20,354782	Mina	Paralisada
28	Maquiné Del Rey	Mariana	-43,417896	-20,341050	Mina	Paralisada
29	Gongo Sôco	Barão de Cocais	-43,595030	-19,958385	Mina	Não explotado
30	Itabira	Itabira	-43,224764	-19,599108	Mina	Não explotado
31	Cata Preta	Mariana	-43,417655	-20,178371	Escavações Históricas	Inativo
32	Cata Branca	Itabirito	-43,844860	-20,217188	Escavações Históricas	Inativo
33	Ouro Fino	Itabirito	-43,644352	-20,177480	Mina	Paralisada
34	Palmital	Itabirito	-43,664986	-20,120730	Mina	Paralisada
35	Serra de Tiradentes	Tiradentes / Prados / Coronel Xavier Chaves	-44,141648	-21,063167	Escavações Históricas	Inativo
36	Serra do Lenheiro	São João Del Rey	-44,278755	-21,133417	Escavações Históricas	Inativo
37	Lagoa Dourada	Lagoa Dourada	-44,082178	-20,918939	Escavações Históricas	Inativo
38	Campanha	Campanha	-45,431945	-21,825113	Escavações Históricas	Inativo
39	São Gonçalo do Sapucaí	São Gonçalo do Sapucaí	-45,613033	-21,897135	Escavações Históricas	Inativo
40	Diamantina	Diamantina	-43,622002	-18,243285	Escavações Históricas	Inativo
41	Minas Novas	Minas Novas / Chapada do Norte	-42,587071	-17,216357	Escavações Históricas	Inativo
42	Paracatu	Paracatu	-46,885317	-17,196900	Mina	Ativa
43	Riacho dos Machados	Riacho dos Machados / Porteirinha	-43,138569	-16,059123	Mina	Ativa
44	Mombuca	Itambé do Mato Dentro	-43,342960	-19,429605		
45	Candonga	Guanhães	-42,941820	-18,870728	Escavações Históricas	Inativo
46	Capitão Felizardo	Gouveia	-43,773171	-18,674260	Escavações Históricas	Inativo
47	Serro	Serro	-43,398161	-18,602110	Escavações Históricas	Inativo
48	Morro do Pilar	Morro do Pilar	-43,387409	-19,221357	Escavações Históricas	Inativo

Resultaram 35 quadrículas, em escala 1:25.000, e uma série de publicações sintetizadas posteriormente por Dorr (1969), com coluna estratigráfica, que apesar de algumas modificações, mantém-se relativamente atual, além de um mapa integrado em 1:150.000.

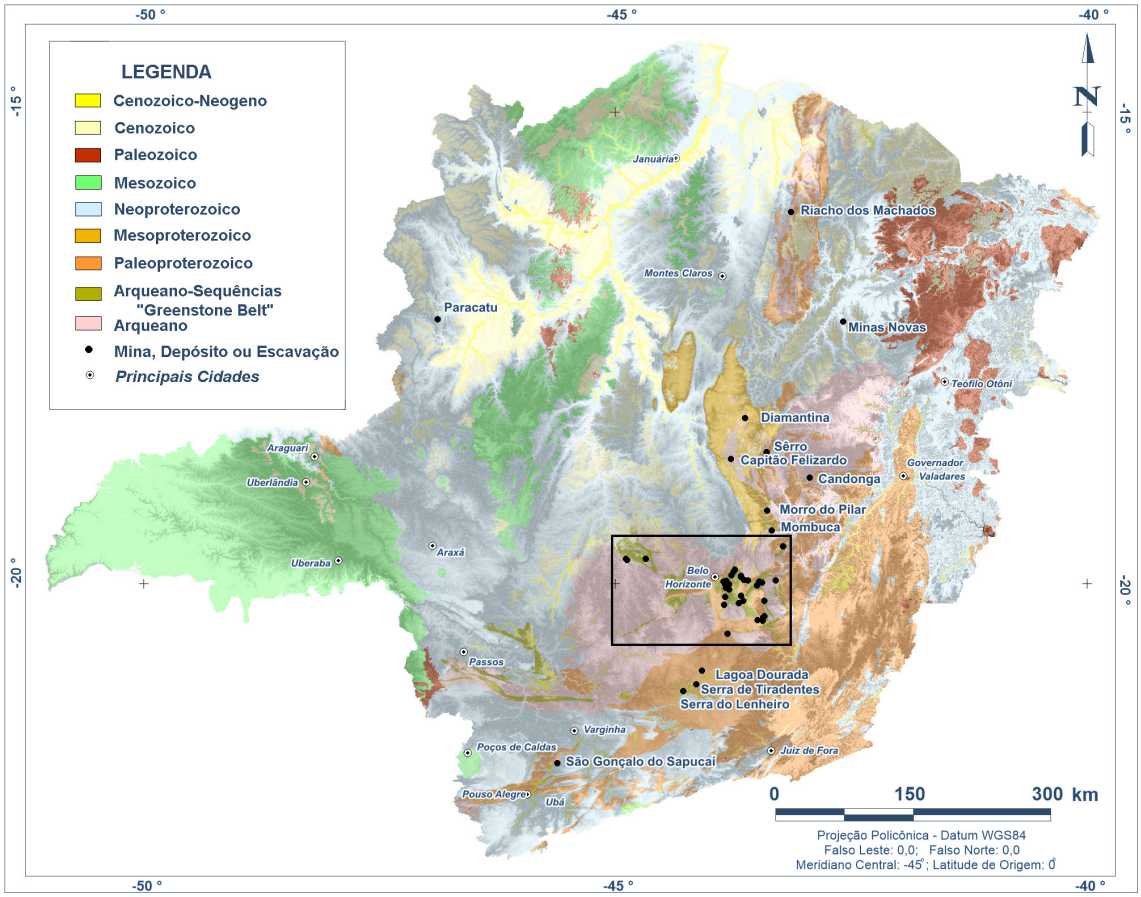

Figura 5. Mapa esquemático das eras e períodos geológicos do estado de Minas Gerais, indicando a localização das minas, depósitos e escavações listados na Tabela 1. O retângulo em destaque é para a região do Quadrilátero Ferrífero e arredores, detalhado na Figura 7. Base utilizada: mapa geológico (Pinto & Silva 2014) sobre modelo digital de terreno desenvolvido pelo SRTM-NASA (USGS 2015).

Apesar de outros esforços depois disso, foi mesmo entre 1992 e 1996, que se voltou a atenção para o detalhamento do *greenstone belt* arqueano Rio das Velhas, hospedeiro de inúmeros depósitos auríferos já conhecidos. O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) passam a executar o Projeto Rio das Velhas (Zucchetti & Baltazar 1996), com integração geológico-aerogeofísica, e que contou com um consórcio de diversas empresas de mineração privadas. O mapeamento do *greenstone belt* é realizado em escala 1:25.000, mais adequada aos trabalhos de prospecção, pesquisa mineral e geração de alvos em execução por diversos grupos empresariais na região, voltados à exploração aurífera. Foram mapeadas 27 quadrículas, sintetizadas em um mapa geológico em 1:100.000.

Como proposta informal, o *greenstone belt* (Grupos Nova Lima e Maquiné) passa a ser identificado em unidades litoestratigráficas, nomeadas pela CPRM. Essas foram então adaptadas para o conceito de litofácies vulcanossedimentares e sedimentares, caracterizadas também por suas relações estratigráficas (e.g., Baltazar & Zuchetti 2007).

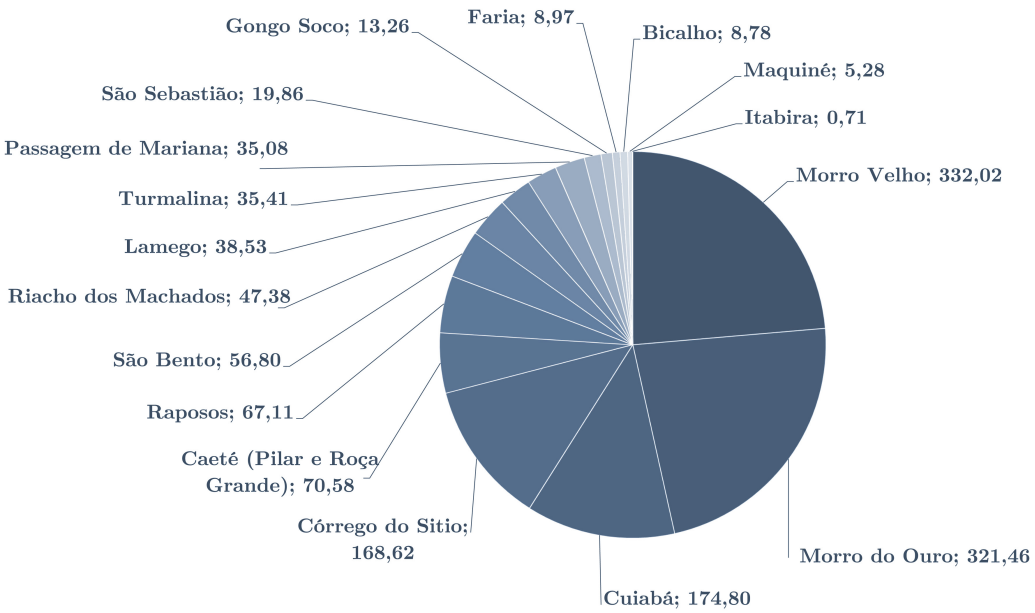

Figura 6. Gráfico de setores que reproduz lista de 17 minas, depósitos e escavações contidas na Tabela 1, localizados nos mapas das Figuras 5 e 7, indicando o total de toneladas de minério lavrado ou de recursos e reservas (Goldfarb & Groves 2015).

Posteriormente, em esforço conjunto de colaboração financeira entre empresas de mineração privadas, a Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira-ADIMB, e com coordenação na UFMG, foi concluído o Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero – Integração e Correção Cartográfica em formato SIG (Lobato *et al.* 2005), que unificou os mapas do USGS (Supergrupo Minas) e do Projeto Rio das Velhas em uma só base cartográfica digital. O mesmo introduziu algumas modificações à geologia dos mapeamentos originais, principalmente em contatos geológicos. Eventuais trabalhos de campo e interpretações de imagem de satélite Landsat 7 auxiliaram as integrações necessárias. Inconsistências crono-estratigráficas foram resolvidas usando os melhores controles estratigráficos disponíveis (Baltazar & Pedreira 1996). Através do apoio da CODEMIG, esse trabalho é então disponibilizado ao público em geral também em 2005.

Todo esse esforço tem sido fundamental para os trabalhos de exploração aurífera no Quadrilátero Ferrífero, e mostra de forma inequívoca que a cartografia geológica de base é uma necessidade constante para todos os grupos empresariais que atuam nessa importante região produtora de ouro.

Historicamente, o Quadrilátero Ferrífero é responsável por cerca de 40% (>1000 t) do ouro produzido no Brasil (> 2300 t; Lobato *et al.* 2000, Vial *et al.* 2007c). Na base do ***greenstone belt* Rio das Velhas** (revisão em Baltazar & Zucchetti 2007), encontram-se os maiores e mais significativos depósitos e minas do Quadrilátero Ferrífero, no Grupo Nova Lima, incluindo os de classe mundial como Morro Velho (desativada) e Cuiabá (as duas maiores minas subterrâneas do país; vide artigos publicados no periódico Ore Geology Reviews em 2007, Baltazar & Zucchetti 2007, Galbiatti *et al.* 2007, Lobato *et al.* 2007, Vial *et al.* 2007a, Vial *et al.* 2007b, Vial *et al.* 2007c).

Além desses, ainda há Raposos, São Bento, Lamego, e os do Lineamento Córrego do Sítio e outros menores como Bicalho, Paciência, Pilar, entre outros (Figura 7) (e.g., Lobato *et*

al. 2001, 2014, 2016, e referências). Datações U-Pb SHRIMP em monazita indicam idade de mineralização de 2672 ± 14 Ma em Morro Velho e Cuiabá (Lobato *et al.* 2007), enquanto em Lamego a idade é de 2387 ± 46 Ma (Martins *et al.* 2016).

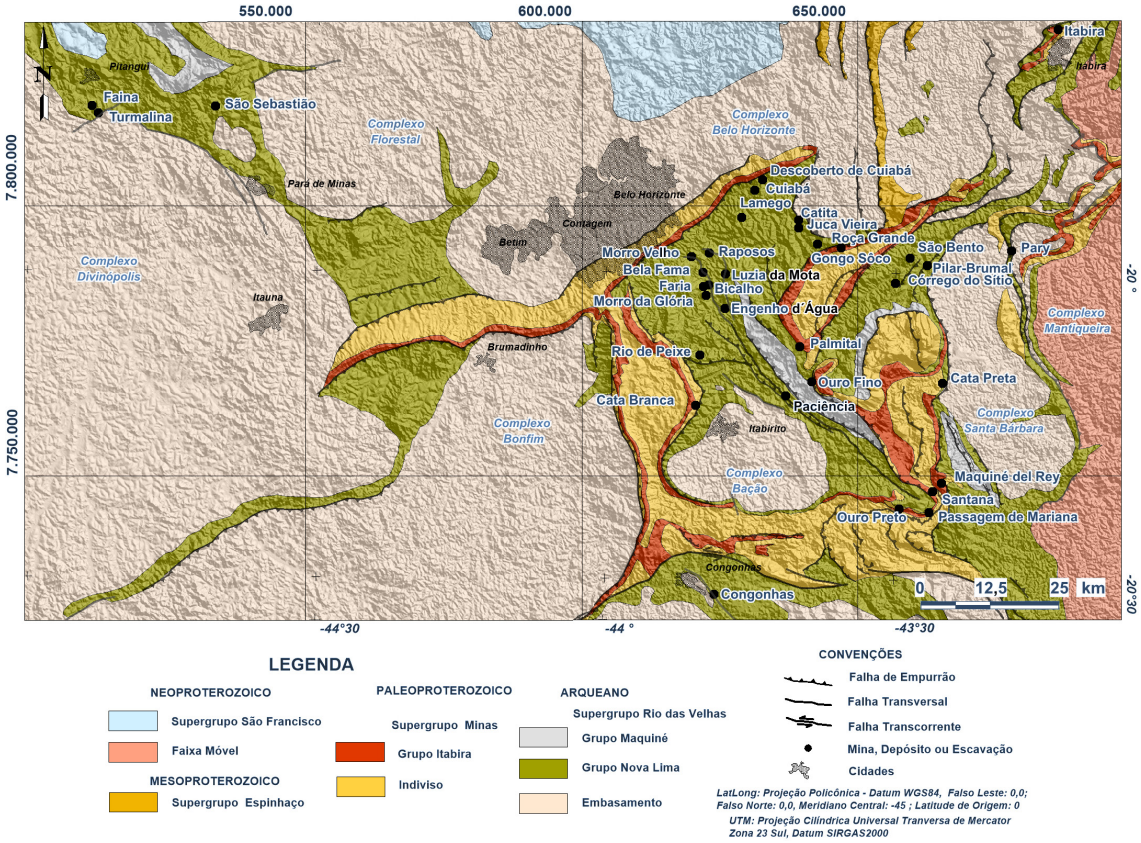

Figura 7. Mapa geológico simplificado da região do Quadrilátero Ferrífero e arredores (retângulo da Figura 5), com base em Dorr (1969) e modificações do Projeto Rio das Velhas (Zucchetti & Baltazar 1996), além de adaptações dos autores. Minas, depósitos e escavações listados na Tabela 1 estão localizados nesse mapa. Base utilizada: mapa geológico do estado de Minas Gerais (Pinto & Silva 2014) sobre modelo digital de terreno desenvolvido pelo SRTM-NASA (USGS 2015).

Esses depósitos são do tipo orogênicos, associados a alteração hidrotermal controlada estruturalmente, dominada por silicificação e sulfetação, com formação de quantidades variadas de carbonatos e mica branca, além de alguma albita, rutilo e outros acessórios.

Na extensão NW do Quadrilátero Ferrífero, em direção ao município de Pitangui, estão localizadas as minas Faina e Turmalina (e.g., Tassinari *et al.* 2015) em rochas correlacionadas ao *greenstone belt* Rio das Velhas (e.g., Soares *et al.* 2017), além do depósito São Sebastião da Jaguara (El-Rassi & Vos 2014, Brando Soares *et al.* 2017), ambas hospedadas em FFB.

Ao sul do Quadrilátero Ferrífero, a leste de Conselheiro Lafaiete, há também mineralizações orogênicas em associação com o Lineamento Congonhas. São rochas metavulcano-sedimentares do Cinturão Congonhas-Itaverava, entendidas como de idade paleoproterozoica (e.g., Corrêa Neto *et al.* 2011).

O **Supergrupo Minas** (cf. Renger *et al.* 1994) inclui uma sucessão plataformal paleoproterozoica que detém três grupos de jazidas auríferas no Quadrilátero Ferrífero. Um deles é representado por extensa faixa mineralizada, situada a sudeste do Quadrilátero Ferrífero, ocorrendo por mais de 25 km desde Ouro Preto até Santa Rita Durão. Essa faixa

inclui as diversas minas abandonadas ou paralisadas que formam o Distrito de Mariana (e.g., Vial *et al*. 2007a). As mais importantes são Passagem de Mariana e Santana (Vial *et al*. 2007b). Considerados do tipo orogênico, esses depósitos auríferos formam corpos de minério na base de itabiritos da Formação Cauê, em contato com quartzo-carbonato-biotita-sericita xisto e com fatias tectônicas do Grupo Nova Lima. Os depósitos de ouro são veios de quartzo, carbonato (ankerita), turmalina, sericita e sulfetos, estruturalmente controlados.

O segundo grupo de jazidas do Supergrupo Minas é representado por uma extensa faixa mineralizada com diversas minas abandonadas, situada na região leste do Quadrilátero Ferrífero, ocorrendo descontinuamente por mais de 60 km, desde Mariana até Itabira, incluindo Gongo Sôco. Essa faixa mineralizada faz parte de uma classe especial de depósito de ouro paladiado, denominado jacutinga, hospedado em itabiritos da Formação Cauê. Correspondem a corpos de minério de origem hidrotermal, estruturalmente controlados ao longo da margem leste do Quadrilátero Ferrífero (e.g., Galbiatti *et al*. 2007). São veios friáveis com ouro livre, comumente pepitas e agregados, intercrescidos com hematita especular, e elementos do grupo da platina (EGP). Considerados como de idade Cambriana (Cabral *et al*. 2015), os veios auríferos cortam a foliação dos itabiritos ou são paralelos a ela. Trabalho recente de Oliveira *et al*. (2017) descreve a possível origem dos fluidos com base em estudos de inclusões fluidas.

O terceiro grupo de mineralização aurífera do Supergrupo Minas é representado pelos metaconglomerados basais da Formação Moeda, os quais hospedam mineralização de ouro e urânio associados. Esses depósitos situam-se, principalmente, nos sinclinais Moeda, Gandarela e Ouro Fino, abrangendo uma área de 17.000 km^2 (e.g., Minter 2006). As características sedimentológicas e de mineralização se assemelham aos conglomerados do tipo *paleoplacers* modificados (*modified paleoplacers*) da região de Witwatersrand (África do Sul), mas esses últimos são de idade arqueana enquanto a Formação Moeda é do início do Sideriano.

A gênese dos depósitos auríferos nos metaconglomerados Moeda é ainda controversa (Koglin *et al*. 2010). Pires (2005) levanta a hipótese de origem em parte hidrotermal, tendo o ouro sido precipitado em zonas de cisalhamento devido à matéria carbonosa e minerais ferromagnesianos. O autor mostra que o ouro ocorre em fraturas, na pirita arredondada, e associado a minerais metamórficos, como pirofilita e clorita, além de pirita esqueletal. Por outro lado, elementos-traço (Ni, Co, Mo, Cu) nos diversos tipos de pirita, do depósito de *paleoplacers* do sinclinal de Ouro Fino, apontam proveniência a partir de rochas máficas/ultramáficas, do GBRV, para a pirita detrítica maciça (e.g., Koglin *et al*. 2010). Esses autores também sugerem evento hidrotermal mais jovem, possivelmente Neoproterozoico, baseado em enriquecimento em boro nos quartzitos conglomeráticos.

2.4. Sul de Minas

As descrições que se seguem para ocorrências e jazidas do Sul e Oeste de Minas, e também da Faixa Araçuaí, podem ser todas englobadas dentro da classificação *lode-gold*, orogênico de Groves *et al*. (1998), abordada no item 2.1.

Em **São Gonçalo do Sapucaí**, sul do estado, rochas supracrustais proterozoicas do Grupo Andrelândia (e.g., Belém *et al.* 2011) têm mineralizações auríferas em zonas de cisalhamento junto ao Rio Sapucaí. Segundo Grossi Sad & Lobato (1991), as rochas hidrotermalizadas eram originalmente metavulcânicas. Ouro ocorre em veios de quartzo com pirita, em bandas biotíticas e disseminado nos gnaisses (Lobato & Pedrosa-Soares 1993).

Na **região de São João del Rei**, depósitos de ouro concentram-se nas serras do Lenheiro e São José (Karfunkel *et al.* 1984). Constituem enxames localizados de veios de quartzo com sulfetos, pirita dominante, em quartzitos da Formação Tiradentes do Grupo São João del Rei.

Em **Lagoa Dourada,** Guimarães & Oppenheim (1934) descrevem veios auríferos encaixados em rochas gnáissicas. Pela descrição dos autores, apresentam alteração hidrotermal moscovítica e silicificação, tendo pirita associada.

2.5. Faixa Araçuaí

Em **Diamantina** e arredores (Fogaça 1997), os principais depósitos de ouro relacionam-se, direta ou indiretamente, a zonas de cisalhamento dúctil ou rúptil, desenvolvidas durante os eventos tectono-metamórficos que afetaram as sequências arqueanas e proterozoicas da região.

No Supergrupo Espinhaço são conhecidos filões auríferos nas unidades metapelíticas em inúmeros pontos, notadamente nos filitos das formações São João da Chapada e Sopa-Brumadinho, além de ocorrências nos xistos arqueanos.

Ouro filoneano ocorre em intercalações entre quartzitos puros e filitos hematíticos pertencentes à Formação São João da Chapada, na cidade de Diamantina. Os depósitos foram hidrotermalizados e se desenvolveram ao longo de zonas de cisalhamento (Abreu 1991). Assemelham-se a jazidas do tipo ouro orogênico, desenvolvidas no final da Orogenia Brasiliana, em torno de 520 Ma (Cabral *et al.* 2013).

Associados ao complexo granito-gnáissico de Gouveia há veios de quartzo com especularita e turmalina (Knauer 1990).

Na região de **Serro** ocorrem rochas metaultramáficas e metamáficas, associadas a rochas metassedimentares (Complexo Serro), que contêm cromo e ouro. Há diversas escavações em depósitos auríferos de pequenas dimensões, sendo a Mina Zagaia a área mais conhecida. Nessa mina, os veios mineralizados encaixam-se em talco-carbonato xistos sulfetados e metacherts ferríferos com magnetita (e.g., Dardenne & Schobbenhaus 2001). Ouro de aluvião também é conhecido na região e foi motivo de exploração por garimpagem recente (Porto *et al.* 2002).

Em **Riacho dos Machados**, ouro associa-se a sequência metavulcano-sedimentar de idade incerta (e.g., Fonseca *et al.* 1997, Monteiro *et al.* 2004), em janela estrutural do Complexo Porteirinha, no norte do estado. São veios de quartzo em zonas de cisalhamento

com alteração hidrotermal, caracterizando mineralização orogênica, com protólitos tais como metagrauvaca e metadacito.

Na região de **Minas Novas a Araçuaí**, ocorrências de ouro primário são descritas por Pedrosa-Soares (1995). O ouro se encontra em veios de quartzo encaixados nos xistos grauvaquianos da Formação Salinas, cuja alteração hidrotermal é muito limitada a inexistente. Estes veios alimentaram os depósitos coluviais e aluviais que foram motivo de intensa exploração entre 1727 e 1760, as chamadas Minas Novas do Araçuaí, mas depois se tornaram apenas motivo de garimpagem esporádica. Ainda no Vale do Jequitinhonha, ouro também é esporadicamente garimpado em aluviões entre Baixa Quente e Ribeirão da Folha. A origem primária deste ouro parece ser veios de quartzo encaixados em zonas de cisalhamento intensamente sulfetadas por alteração hidrotermal, relacionadas ao Complexo Ofiolítico de Ribeirão da Folha (Pedrosa-Soares 1995).

2.6. Oeste de Minas

Em **Paracatu,** na Mina Morro do Ouro, encontra-se um dos maiores depósitos auríferos do Brasil, mas com o menor teor de ouro. Embora a maioria dos sistemas conhecidos no Brasil esteja em terrenos do Neoarqueano e Paleoproterozoico, o depósito de Morro do Ouro é de idade neoproterozoica. Trata-se de um depósito de ouro do tipo orogênico, hospedado em filitos carbonosos e quartzitos da Formação Paracatu (Grupo Canastra), situada na Faixa Brasília (Freitas Silva *et al*. 1991, Oliver *et al*. 2015).

3. ASPECTOS ECONÔMICOS

3.1. Produção Interna

Segundo dados de 2016 do United States Geological Survey (USGS 2017), a produção mundial de ouro naquele ano foi da ordem de 2.860 t, com a China atingindo novo recorde com cerca de 450 t. As cinco maiores empresas produtoras mundiais são: Barrick Gold, Newmont Mining, AngloGold Ashanti, Goldcorp e Kinross Gold. Conforme dados do World Gold Council - WGC (2017), a demanda de ouro ajustada foi da ordem de 3.923,7 t no mesmo ano (4.087,6 t em 2013), movimentando US$ 159,75 bi (US$ 237,4 bi em 2011 no auge das cotações).

Segundo o Sumário Mineral do Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM de 2015 (Lima & Neves 2016), entre 2012 a 2014 a produção beneficiada de ouro no Brasil foi respectivamente de 66,8, 79,6 e 81,0 t. De 2001 a 2007, a produção oficial anual de ouro variou entre 38 a 47 t.

Em 2015, o Anuário Mineral do DNPM de 2016 (Pinheiro *et al.* 2016) indica que o país produziu cerca de 76,9 t de ouro primário. O estado de Minas Gerais detém a maior produção com 31,35 t, seguido pelo Pará (19,75 t), Goiás (11 t), Bahia (5,7 t), Amapá (4,03 t), Mato Grosso (3,9 t), e Maranhão (7,6 t).

Segundo Lima & Neves (2016), o principal mercado para o ouro em 2014 foi joalheria, com 2.152,9 t, e indústria/odontologia de 885,4 t. As aquisições dos bancos centrais também mostraram elevação, de 409,3 t em 2013 para 477,2 t em 2014. A Índia voltou a ser o maior consumidor de ouro mundial, com 842,7 t em 2014, seguido pela China, com 813,6 t e EUA com 179,22 t.

No Brasil, o acréscimo nas reservas medidas foi de 183,8 t (2011: 204,7 t; 2012: 75,5 t; 2013: 68,3t), considerando a aprovação de novos relatórios finais de pesquisa e reavaliações.

3.2. Importação

Em 2014, o Brasil importou US$ FOB 4.523.000 de ouro. Na cadeia produtiva de joias, as importações atingiram US$ FOB 520.760 milhões, com redução de 4% (US$542 milhões em 2013) conforme avaliação do IBGM (Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos; Lima & Neves (2016). O Brasil importa ouro principalmente da China e Rússia (Pinheiro *et al.* 2016).

3.3. Exportação

As exportações de ouro em 2014 apresentaram redução, atingindo US$ 2,325 bilhões com a redução da cotação do metal. Dentre os países de destino, destacam-se a Suíça com 33% e o Reino Unido, com 31%. Na cadeia produtiva de joias, as exportações totais atingiram US$ 2,877 bilhões em 2014 (US$3,282 Bi em 2013), mostrando uma queda de 12% (Lima & Neves 2016).

Maior produtor e exportador nacional de ouro, em 2016 a venda desse metal em Minas Gerais atingiu 2,7 t a mais que o exercício anterior em 2015, conforme o Diário do Comércio (Francia 2016). Atuam de forma continuada no estado as empresas AngloGold Ashanti, Kinross Brasil Mineração S.A., Mineração Riacho dos Machados (Leagold Mining) e Jaguar Mining.

Por força de exportação, foram arrecadados US$ 795,8 milhões em 2016 contra R$ 761,3 milhões em 2015 (4,5% a mais), o que se significou 3,6% na pauta de embarques do estado, tendo o ouro assumido a 4ª posição entre os itens mais exportados.

3.4. Consumo interno

O mercado consumidor no Brasil, em 2014, demandou um total estimado de 29 t de ouro já considerando a reciclagem, aferida pelo mercado em 15 toneladas. Estima-se, na cadeia de joias, uma movimentação da ordem de 5,5 bilhões de dólares, com 350.000 empregos neste setor em 2012/2013, segundo avaliação do IBGM (Lima & Neves 2016).

Tabela 2. Principais estatísticas sobre ouro no Brasil (Lima & Neves 2016).

Discriminação		Unidade	2012(r)	2013(r)	2014(p)
Produção	Total	(kg)	66.773	79.563	81.038
	Minas (Empresas)	(kg)	56.670	67.964	71.129
	Garimpos(1)	(kg)	10.103	11.609	9.909
Importação (2)	Semimanufaturados	(kg)	524	338	1.005
		(10^3US$ FOB)	3.901	4.159	4.205
	Manufaturados	(kg)	124	301	1
		(10^3US$ FOB)	2	0	2
	Compostos Químicos	(kg)	81	85	327
		(10^3US$ FOB)	585	427	316
Exportação	Semimanufaturados	(t)	52	62	66
		(10^3US$ FOB)	2.663.774	2.668.136	2.322.608
	Manufaturados	(kg)	0	0	1.285
		(10^3US$ FOB)	0	0	2.480
	Compostos Químicos	(kg)	692	490	394
		(10^3US$ FOB)	24.980	15.417	46
Consumo (3)	Dados Estimados	(kg)	27.000	32.000	29.000
Preço	London Gold PM Fix (4) (5)	(US$/oz)	1.668,98	1.411,23	1.266,40
	Bolsa de Mercadoria & Futuros - BM&F	(R$/g)	104,15	98,00	95,67

Fonte: DNPM/DIPLAM; SECEX/MDIC; GFMS; WMC,BM&F; USGS; BACEN.
(1) calculado a partir dos dados STN com base no IOF (2) dados disponíveis na base MDIC; (3) inclui reciclagem. Dados compilados com base nas informações sobre mercado consumidor declarados no Relatório Anual de Lavra (RAL) e estimativa do IBGM; (4) KITCO BullionDealers (Acesso em 13/7/2018); (5) cotação referente à média aritmética do fim de período mensal dos respectivos exercícios; (r) revisado; (p) dado preliminar.

3.5. Projetos em andamento e/ou previstos

Na região do Quadrilátero Ferrífero-QF e cercanias (Figura 7), a empresa Anglo Gold Ashanti (2017) está em contínuo aumento de produção no complexo das minas Cuiabá-Lamego, e nas áreas ao redor de Córrego do Sítio.

Jaguar Mining (2018) avalia áreas no entorno das minas Turmalina e Pilar, enquanto na área do depósito São Sebastião da Jaguara a Iamgold (2018) dá sequência aos seus estudos.

A Centaurus (2018) está avaliando pequeno depósito a NE do Quadrilátero Ferrífero, Mombuca. Em Riacho dos Machados, a empresa Leagold Mining (2018) vem ampliando sua produção, assim como a Kinross (2018) na área de Paracatu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu F.R. 1991. *Estudo das mineralizações auriferas filonianas da região da cidade de Diamantina/ MG*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 100 p.

Almeida F.F.M. 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Boletim 241. DNPM - Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, *Boletim*, nº 241, 36 p.

Anglo Gold Ashanti. 2017. *Annual Reports*. Disponível *em* http://www.anglogoldashanti.com/investors/annual-reports/. Acesso em 5/1/2018.

Baltazar O.F. & Pedreira A.J. 1996. Associações litofaciológicas. *In*: Zucchetti M. & Baltazar O.F. (eds.). *Projeto Rio das Velhas - Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000*. 2ª ed., Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 43–47.

Baltazar O.F. & Zucchetti M. 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews*, **32**(3-4):471-499. doi: 10.1016/j.oregeorev.2005.03.021

Belém J., Pedrosa Soares A.C., Noce C.M., Silva L.C., Armstrong R., Fleck A., Gradim C., Queiroga G. 2011. Bacia precursora versus bacias orogênicas: exemplos do Grupo Andrelândia com base em datações U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão e análises litoquímicas. *Geonomos*, **19**(2):224-243. doi: 10.18285/geonomos.v19i2.55

Brando Soares M., Correa Neto A.V., Zeh A., Cabral A.R., Pereira L.F., Bueno do Prado M.G., Almeida A.M., Manduca L.G., Montenegro da Silva P.H., Mabub R.O.A., Schlichta T.M. 2017. Geoquímica de formações ferríferas bandadas (2,86 Ga) do *greenstone belt* Pitangui: evidência de um possível evento de oxigenação. *In:* XVI Congresso Brasileiro de Geoquímica, Búzios. *Anais*... ISBN: 9788563243058

Cabral A.R., Eugster O., Brauns M., Lehmann B., Rösel D., Zack T., Abreu F.R., Pernicka E., Barth M. 2013. Direct dating of gold by radiogenic helium: Testing the method on gold from Diamantina, Minas Gerais, Brazil. *Geology,* **41**(2):163-166. doi: 10.1130/G33751.1

Cabral A.R., Zeh A., Galbiatti H.F., Lehmann B. 2015. Late Cambrian Au-Pd mineralization and Fe enrichment in the Itabira District, Minas Gerais, Brazil, at 496 Ma: constraints from U-Pb monazite dating of a Jacutinga lode. *Economic Geology*, **110**: 263–272. doi:10.2113/econgeo.110.1.263

Centaurus Metals. 2018. *Projects*. Disponível *em* http://www.centaurus.com.au/our-projects?project_id=1. Acesso em 15/2/2018.

Corrêa Neto A.V., Almeida A.M., Silva O.S, Vasques F.S.G. 2011. O cinturão metavulcanossedimentar Itaverava-Congonhas, uma entidade paleoproterozóica do sul do Quadrilátero Ferrífero (MG). *In:* Simpósio de Geologia do Sudeste 12. Nova Friburgo, RJ. Publicação em CD-ROM. *Anais*..., p. 56.

Dardenne M.A. & Schobbehaus C. 2001. *Metalogênese do Brasil*. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Editora UnB, Brasília, 392 p.

Dorr J.V.N.II. 1969. *Physiographic, Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilatero Ferrifero Minas Gerais*. United States Geological Survey, Professional Paper 641-A, 117 p.

El-Rassi D. & Vos I. 2014. Independent Technical Report for the São Sebastião Gold Deposit, Pitangui Project, Brazil. IAMGOLD Brasil Ltda. Belo Horizonte. Disponível em https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1203464/000119312514200479/d726320dex991.htm. Acesso em 15/12/2017.

Fogaça A.C.C. 1997. Geologia da Folha Diamantina. *In:* Grossi Sad J.H., Lobato L.M., Pedrosa-Soares A.C., Soares Filho B.S. (coords. e eds.). *Projeto Espinhaço em CD-ROM* (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 1575-1665.

Fonseca E., Lobato L.M., Baars F.J. 1997. The petrochemistry of the auriferous, volcanosedimentary Riacho dos Machados Group, central-eastern Brazil: Geotectonic implications for shear-hosted gold mineralization. *Journal of South American Earth Sciences*, **10**:423-443. doi: 10.1016/S0895-9811(97)00027-8

Francia L. 2016. *Minas Gerais concentra maior produção de ouro do País*. Diário do Comércio. Disponível em http://diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=estado_concentra_%20maior_producao_do_pais&id=165518. Acesso em 21/1/2018.

Freitas Silva F.H., Dardenne M.A., Jost H. 1991. Lithostructural control of the Morro do Ouro gold deposit, Paracatu, Minas Gerais. *In:* Ladeira E.A. (ed.). *Proceedings of Brazil Gold'91*, Belo Horizonte/MG. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, p. 681-683.

Galbiatti H.F., Fonseca M.A., Pereira M.C., Polônia J.C. 2007. Structural control of Au-Pd mineralization (Jacutinga): An example from the Cauê Mine, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **32**:614-628. doi: 10.1016/j.oregeorev.2005.03.020

Geoscience News and Information - Geology.com. 2017. *The Many Uses of Gold*. Disponível em http://geology.com/minerals/gold/uses-of-gold.shtml. Acesso em 26/12/2017.

Goldfarb R.J. & Groves D.I. 2015. Orogenic gold: common or evolving fluid and metal sources through time. *Lithos*, **233**:2-26. doi: 10.1016/j.lithos.2015.07.011

Grossi Sad J.H. & Lobato L.M. 1991. Petrology of the Proterozoic host rocks, Andrelândia Group, of the gold mineralization of São Gonçalo do Sapucaí, Minas Gerais, Brazil. *In:* Ladeira E.A. (ed.). *Proceedings of Brazil Gold'91*, Belo Horizonte/MG. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, p. 427-429.

Groves D.I., Condie K.C., Goldfarb R.J., Hronsky J.M.A., Vielreicher R.M. 2005. 100th Anniversary Special Paper: Secular changes in global tectonic processes and their influence on the temporal distribution of gold-bearing mineral deposits. *Economic Geology*, **100**(2):203–224. doi: 10.2113/gsecongeo.100.2.203

Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F. 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, **13**:7-27.

Guimarães D. & Oppenheim V. 1934. Notas preliminares sobre algumas jazidas de minério de ouro do estado de Minas Gerais. DNPM, Publicações do Serviço de Fomento da Produção Mineral, *Boletim* 1, Rio de Janeiro.

Heilbron M., Cordani U, Alkmim F. (eds.). 2017. *São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature. Continent*. Regional Geology Reviews, Springer International Publishing Co., 331 p. ISBN: 9783319017150, doi: 10.1007/978-3-319-01715-0

Hough R.M. & Butt C.R.M. (eds.). 2009. Gold. *Elements. Elements, An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, **5**(5). ISSN: 18115217.

Iamgold. 2018. *News Releases*. Disponível em http://www.iamgold.com/English/investors/news-releases/default.aspx. Acesso em 15/2/2018.

Jaguar Mining. 2018. *Jaguar Mining Reports Q4 And Full Year 2017 Production And Provides 2018 Outlook*. Disponível em https://www.jaguarmining.com/investors/news-releases/2018/jaguar-mining-reports-q4-and-full-year-2017-production-and-provides-2018-outlook/. Acesso em 25/1/2018.

Karfunkel J., Noce C.M., Monteiro A.M.F. 1984. Nota sobre as ocorrências auríferas da região de São João del Rei, Minas Gerais. *In*: 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, *Anais...*, p. 3997-4005.

Kinross. 2018. *Paracatu, Brazil*. Disponível *em* http://www.kinross.com/operations/default.aspx#americas-paracatu. Acesso em 10/2/2018.

Knauer L.G. 1990. *Evolução geológica do pré-cambriano da porção centro-leste da serra do Espinhaço meridional e metalogênese associada*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas. 184 p.

Koglin N., Frimmel H.E., Minter W.E.L., Brätz H. 2010. Trace-element characteristics of different pyrite types in Mesoarchean to Paleoproterozoic placer deposits. *Mineralium Deposita*, **45**(3):259-280. doi: 10.1007/s00126-009-0272-0

Leagold Minig. 2018. *Riacho dos Machados (RDM Mine)* Disponível em http://leagold.com/operations/operating-mines/riacho-dos-machados-mine/. Acesso em 13/7/2018.

Lima T.M. & Neves C.A.R. (coords.). 2016. *Sumário Mineral 2015*. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), v. 35, 135 p. ISSN: 01012053

Lobato L.M. & Pedrosa-Soares A.C. 1993. Síntese dos recursos minerais do Cráton do São Francisco e faixas marginais em Minas Gerais. *Geonomos*, **1**(1-2):51-63. doi: 10.18285/geonomos.v1i1e2.237

Lobato L.M., Ribeiro Rodrigues L.C., Zucchetti M., Baltazar O.F. 2000. Geology and gold mineralization in the Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brazil). *In:* 31° International Geological Congress. *Field Trip Guide*, 40 p.

Lobato L.M., Ribeiro Rodrigues L.C., Vieira F.W.R. 2001. Brazil's premier gold province: Part II: geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, **36**:249-277. doi: 10.1007/s001260100180

Lobato L.M., Baltazar O.F., Reis L.B., Achtschin A.B., Baars F.J., Timbó M.A., Berni G.V, Mendonça B.R.V., Ferreira D.V. 2005. *Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa*. Belo Horizonte: CODEMIG, CD-ROM.

Lobato L.M., Santos J.O.S., McNaughton N., Fletcher I.R., Noce C.M. 2007. U-Pb SHRIMP monazite ages of the giant Morro Velho and Cuiabá gold deposits, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **32**(3-4):674-680. doi: 10.1016/j.oregeorev.2006.11.007

Lobato L.M., Renger F.E., Figueiredo e Silva R.C., Rosière C.A., Baars F.J., Rolim V.K. 2014. Metalogênese do setor meridional do Cráton São Francisco. *In:* Silva M.G., Rocha Neto M.B., Jost H., Kuyumjian R.M. (orgs.). *Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras*, Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Belo Horizonte, p. 119-140.

Lobato L.M., Costa M.A., Hagemann S.G., Martins R. 2016. Ouro no Brasil: Principais depósitos, produção e perspectivas. *In:* Melfi A.J., Misi A., Campos D.A., Cordani U.G. (orgs.). *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. p. 46-59.

Machado N., Schrank A., Abreu F.R., Knauer L.G., Almeida Abreu P.A. 1989. Resultados preliminares da geocronolologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. *In:* 5° Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, *Anais*..., p. 171-174.

Martins B.S., Lobato L.M., Rosière C.A., Hagemann S.G., Santos J.O.S., Villanova F.L.S.P., Silva R.C.F., Ávila Lemos L.H. 2016. The Archean BIF-hosted Lamego gold deposit, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero: Evidence for Cambrian structural modification of an Archean orogenic gold deposit. *Ore Geology Reviews*, **72**(1):963-988. doi: 10.1016/j.oregeorev.2015.08.025

Minter W.E.L. 2006. The sedimentary setting of Witwatersrand placer mineral deposits in an Archean atmosphere. *In:* Kesler S.E. & Ohmoto H. Evolution of Early Earth's Atmosphere, Hydrosphere, and Biosphere: Constraints from Ore Deposits. Boulder, Colorado, *Geological Society of America Memoir*, **198**:105-119. doi: 10.1130/2006.1198(06)

Monteiro R.N., Fyfe W.S., Chemale Jr F. 2004 The impact of the linkage between grade distribution and petrofabric on the understanding of structurally controlled mineral deposits: Ouro Fino gold mine, Brazil. *Journal of Structural Geology*, **26**(6-7):1195-1214. doi: 10.1016/j.jsg.2003.11.023

Oliveira L.A.R., Rios F.J., Rosière C.A., Wälle M., Ortelli M., Kouzmanov K. 2017. Nature and evolution of fluids associated with specularite-bearing Fe and Au-PGE (Jacutinga) mineralization during the Brasiliano orogeny in the eastern São Francisco Craton, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **86**:130-153. doi: 10.1016/j.oregeorev.2017.02.017

Oliver N.H.S., Thomson B., Freitas Silva F.H., Holcombe R.J., Rusk B., Almeida B.S., Faure K., Davidson G.R., Esper E.L., Guimarães P.J., Dardenne M.A. 2015. Local and regional mass transfer during thrusting, veining, and boudinage in the genesis of the giant shale-hosted Paracatu Gold Deposit, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, **110**:1803-1834. doi: 10.2113/econgeo.110.7.1803

Pedrosa-Soares A.C. 1995. *Potencial aurifero do Vale do Araçuaí, MG: história da exploração, geologia e controle tectono-metamórfico*. Tese de doutorado, Universidade de Brasília.

Pinheiro W.F., Ferreira Filho O.B., Neves C.A.R. (coords.). 2016. *Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas*. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 31 p.

Pinto C.P. & Silva M.A. 2014. *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000*. Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil, CPRM.

Pires P.F.R. 2005. *Gênese dos depósitos auríferos em metaconglomerados da Formação Moeda, Quadrilátero Ferrífero, MG: o papel do metamorfismo e associação com a matéria carbonosa*. Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 208 p.

Porto C.G., Palermo N., Pires F.R.M. 2002. Panorama da Exploração e Produção do Ouro no Brasil. *In:* Trindade R.B.E., Barbosa Filho O. (eds.). *Extração de Ouro - Princípios, Tecnologia e Meio Ambiente*. CETEM, Rio de Janeiro, p. 1-22.

Renger F.E., Noce C.M., Romano A.W., Machado N. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, **2**(1):1-11. doi: 10.18285/geonomos.v2i1.227

Ridley J. 2013. *Ore Deposit Geology*. Cambridge University Press, 409 p. ISBN: 9781107022225.

Robert F., Brommecker R., Bourne B.T., Dobak P.J., McEwan C.J., Rowe R.R., Zhou X. 2007. Models and Exploration Methods for Major Gold Deposit Types. *In:* Milkereit B. (ed.). *Proceedings of Exploration 07,* Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration, Toronto. p. 691-711. ISBN: 9784320

Soares M.B., Corrêa Neto A.V., Zeh A., Cabral A.R., Pereira L.F., Prado M.G.B., Almeida A.M., Manduca L.G., Silva P.H.M., Mabub R.O.A., Schlichta T.M. 2017. Geology of the Pitangui greenstone belt, Minas Gerais, Brazil: Stratigraphy, geochronology and BIF geochemistry. *Precambrian Research*, **291**:17-41. doi: 10.1016/j.precamres.2017.01.008

Tassinari C.C.G., Mateus A.M., Velásquez M.E., Munhá J.M.U., Lobato L.M., Bello R.M., Chiquini A.P., Campos W.F. 2015. Geochronology and thermochronology of gold mineralization in the Turmalina deposit, NE of the Quadrilátero Ferrífero Region, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **67**:368-381. doi: 10.1016/j.oregeorev.2014.12.013

Thorman C.H., DeWitt E., Maron M.A., Ladeira E.A. 2001. Major Brazilian gold deposits – 1982 to 1999. *Mineralium Deposita*, **36**(3-4):218-227. doi: 10.1007/s001260100170

USGS - U.S. Geological Survey. 2015. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. Disponível *em* https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc. Acesso em 2/1/2018.

USGS - U.S. Geological Survey. 2017. *Gold. Statistics and Information*. Disponível em https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/index.html#mcs. Acesso em 26/1/2018.

Vial D.S., Abreu G.C., Schubert G., Ribeiro Rodrigues L.C. 2007a. Smaller gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **32**:651-673. doi: 10.1016/j.oregeorev.2005.01.004

Vial D.S., Duarte B.P., Fuzikawa K., Vieira M.B.H. 2007b. An epigenetic origin for the Passagem de Mariana gold deposit, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **32**:596-613. doi: 10.1016/j.oregeorev.2005.03.017

Vial D.S., Groves D.I., Cook N.J., Lobato L.M. (eds.). 2007c. Preface - Special issue on gold deposits of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **32**(3-4):469-470. doi: 10.1016/j.oregeorev.2006.11.006

World Gold Council. 2017. Disponível em https://www.gold.org/. Acesso em 26/12/2017.

Zucchetti M. & Baltazar O.F. (eds.). 1996. *Projeto Rio das Velhas - Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000*. 2ª edição, Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, 121 p.