



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL**

Rastreabilidade do Ouro

Dr. Francisco Valdir Silveira
Dra. Stella Bijos Guimarães
MSc. Anderson Dourado Rodrigues da Silva

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais –DGM



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Câmara dos Deputados
16 de agosto de 2023

Serviço Geológico do Brasil



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

Secretaria de
Geologia, Mineração e
Transformação Mineral - SGM



SUPERINTENDÊNCIAS E NÚCLEOS

Serviço Geológico do Brasil

576 Pesquisadores
134 Doutores
366 Mestres



Geologia



Recursos Minerais



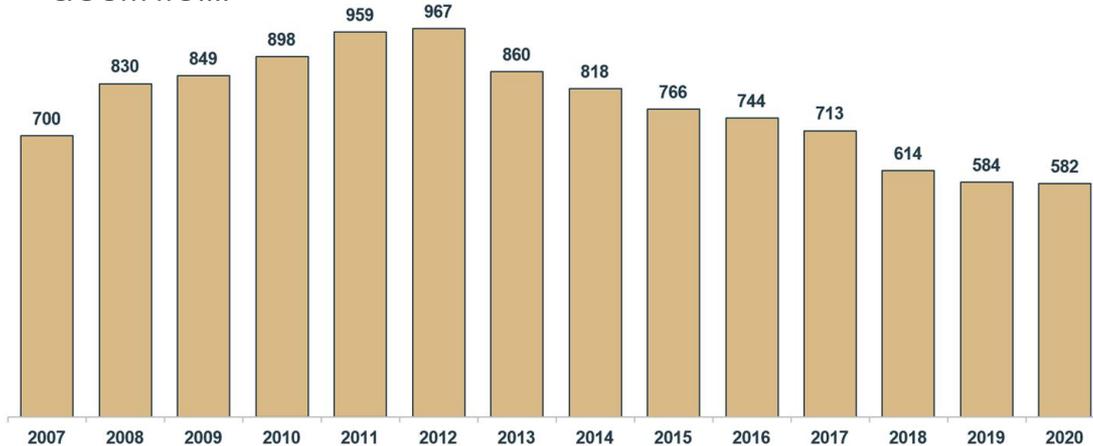
**Risco
Geológico**



**Recursos
Hídricos**

O mercado do ouro

Reservas e Recursos Globais estão em declínio....



Source: S&P Market Intelligence, Company Filings, Public Disclosure

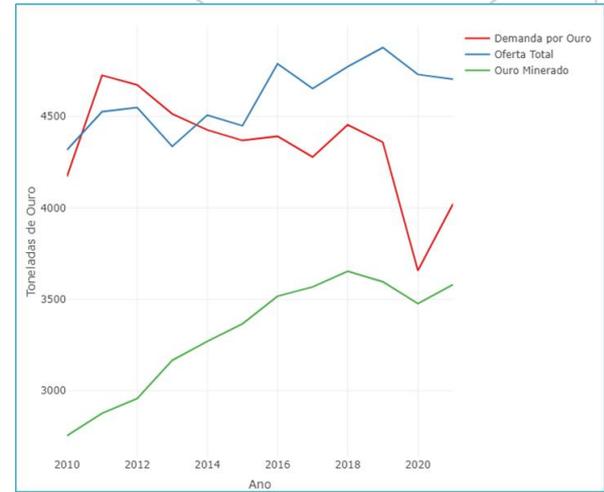
(1) Companies include Agnico Eagle, AngloGold Ashanti, Barrick, China National, Freeport McMoRan, Gold Fields, Goldcorp, Harmony, Kinross, Navoi Mining & Metallurgy Combinant, Newcrest, Newmont, Nord Gold, PJSC Polyus, Polymetal International, Randgold Resources, and Shandong Gold.

País	Reservas Au (t)	Produção (t)
Austrália	11.000	327,82
Rússia	6.800	331,09
África do Sul	5.000	99,2
EUA	3.000	190,20
Indonésia	2.600	100,90
Brasil	2.400	107,01
Canadá	2.200	170,64
China	2.000	368,34
Peru	2.000	97,80
Uzbequistão	1.800	101,60

Reservas mundiais de ouro junto com a produção anual em 2022. A soma total de ouro mundial é considerada como 54.000 t Au (Fonte: USGS).

O mercado do ouro - Desafios

- ✓ Alta demanda do mercado;
- ✓ Preços elevados;
- ✓ Necessidade de novas descobertas;
- ✓ Usado como reserva de valor, mercado de luxo e na indústria de alta tecnologia (mineral estratégico);
- ✓ Atividades em garimpos ilegais e em terras indígenas > necessidade de controlar ação criminosa em porções promissoras.



Relação entre Oferta (total e ouro minerado) e Demanda (total) (Fonte: [World Gold Council](#)).



O mercado do ouro

ESG – Ambiental, Social e Governança



Ambiental

- Conduta Ética
- Respeito ao meio ambiente
- Compreensão dos Impactos
- Cadeia de suprimentos



Social

- Saúde e Segurança
- Direitos Humanos
- Direitos Trabalhistas
- Relacionamento com as Comunidades



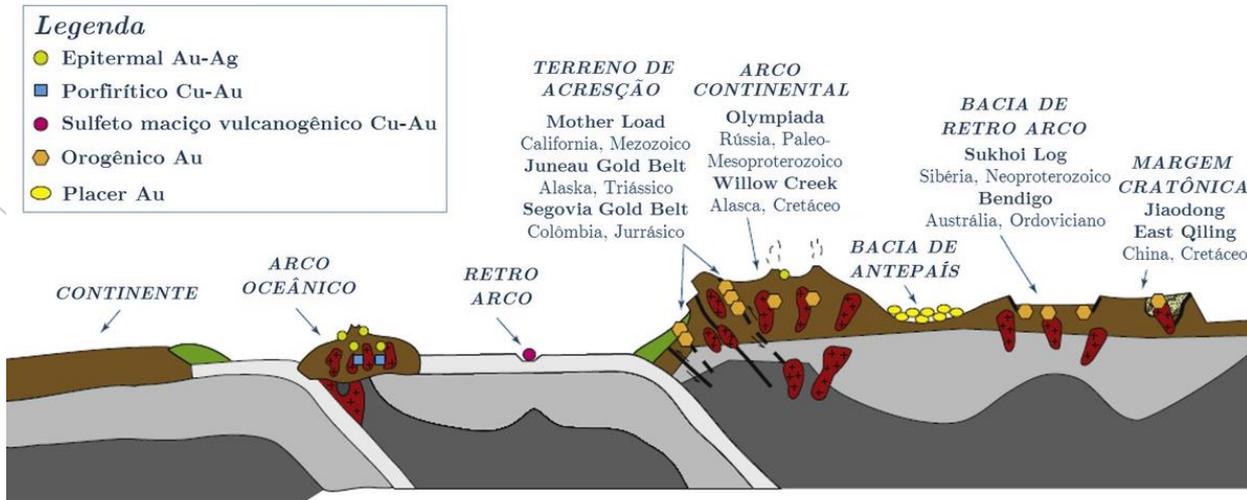
Governança

- Gestão Ambiental
- Biodiversidade, manejo da terra, fechamento de mina
- Água, energia e mudanças climáticas

Como o Ouro se forma?

Legenda

- Epitermal Au-Ag
- Porfírico Cu-Au
- Sulfeto maciço vulcanogênico Cu-Au
- Orogênico Au
- Placer Au



TERRENO DE ACRESÇÃO
 Mother Load
 California, Mezozoico
 Juneau Gold Belt
 Alaska, Triássico
 Segovia Gold Belt
 Colômbia, Jurrásico

ARCO CONTINENTAL
 Olymplada
 Rússia, Paleo-
 Mesoproterozoico
 Willow Creek
 Alasca, Cretáceo

BACIA DE RETRO ARCO
 Sukhoi Log
 Sibéria, Neoproterozoico
 Bendigo
 Austrália, Ordoviciano

MARGEM CRATÔNICA
 Jiaodong
 East Qiling
 China, Cretáceo

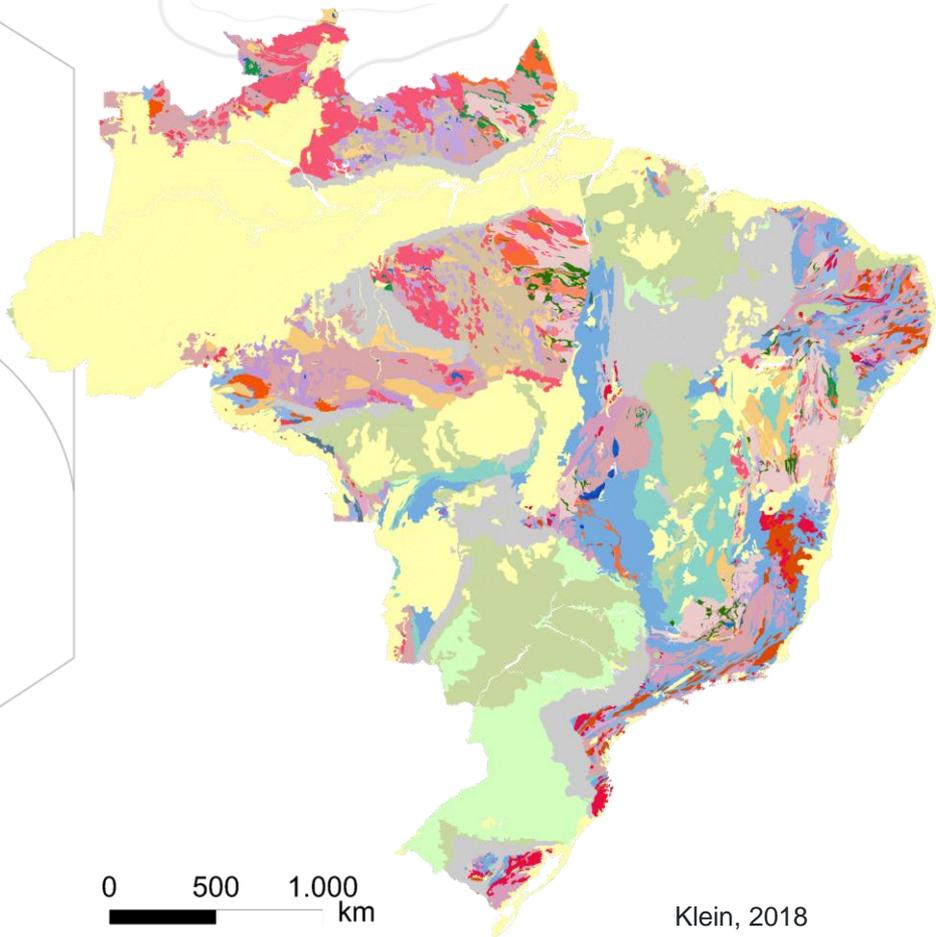
- Prisma acrescionário
 - Crosta continental
 - Crosta oceânica
 - Litosfera subcrustal
 - Granitoides
 - Astenosfera
- Falha distensional --- Empurrão / falha compressional



- ✓ Diferentes ambientes geológicos formam uma gama de depósitos auríferos com características distintas;
- ✓ Determinar os **ambientes geológicos** em que se formaram e **as características do ouro** é a chave para **rastrear sua origem**.

Modificado de Goldfarb & Groves 2015

Diversidade Geológica



0 500 1.000
km

Klein, 2018

Ambientes Geológicos Favoráveis:

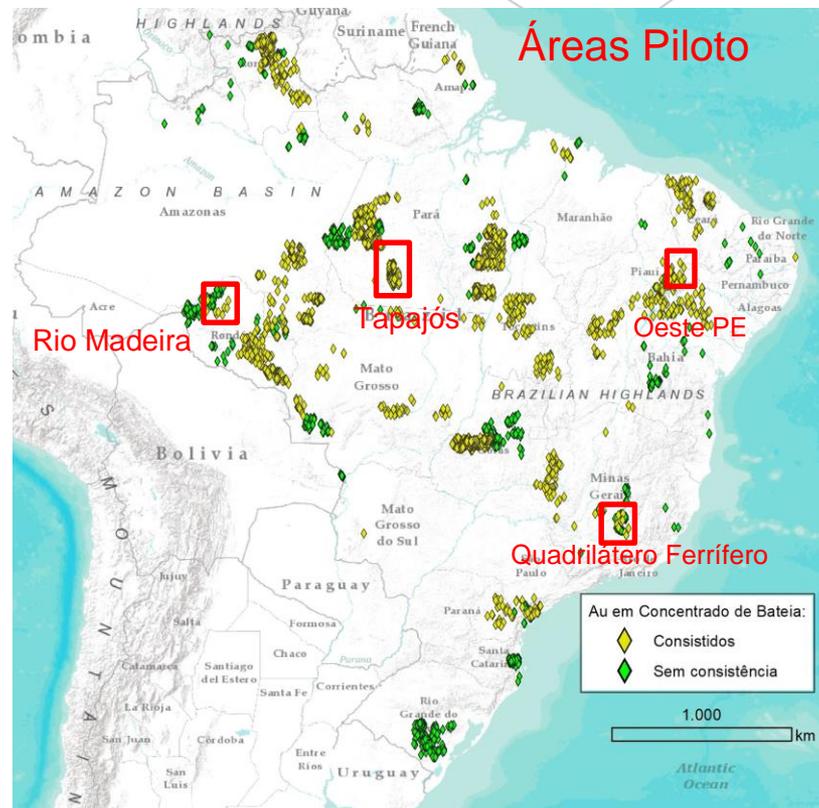
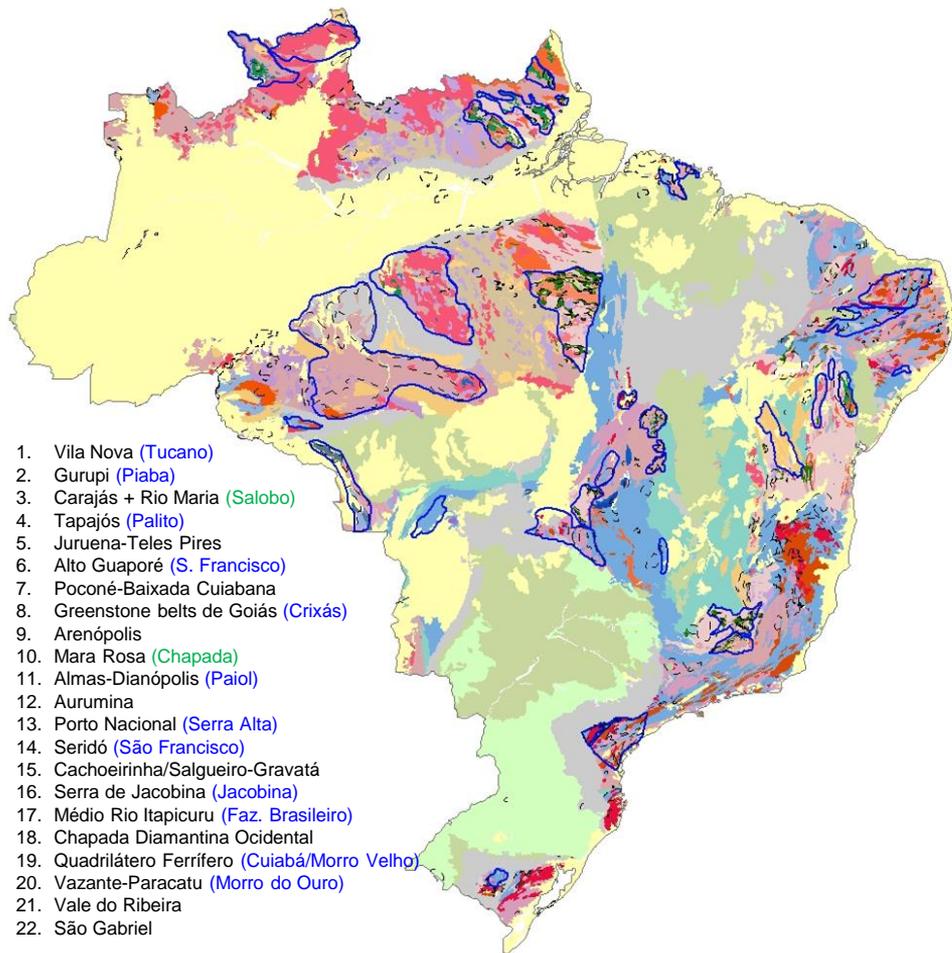
- ✓ *Greenstone belts*
 - **Au**, Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Co, Ni
- ✓ Arcos de ilha
 - **Au**, Cu, Mo,...
- ✓ Arcos magmáticos
 - **Au**, Cu, Mo, W,...
- ✓ Riftes continentais
 - Sn, Cu, **Au**, Ni, Co, Zn, Cu...
- ✓ SLIP
 - **Au**, Cu, Mo, W, Sn, Nb, Ta, Bi, U, ETR
- ✓ Magmatismo máfico-ultramáfico
 - Fe-Ti-V-Co / Cu-Ni-EGP, **Au**
- ✓ Ofiolito
 - Cr, Co, Ni, Cu, EGP, **Au**
- ✓ Bacias sedimentares
 - **Au**, Cu, Pb, Zn, U

Projeto Ouro Brasil

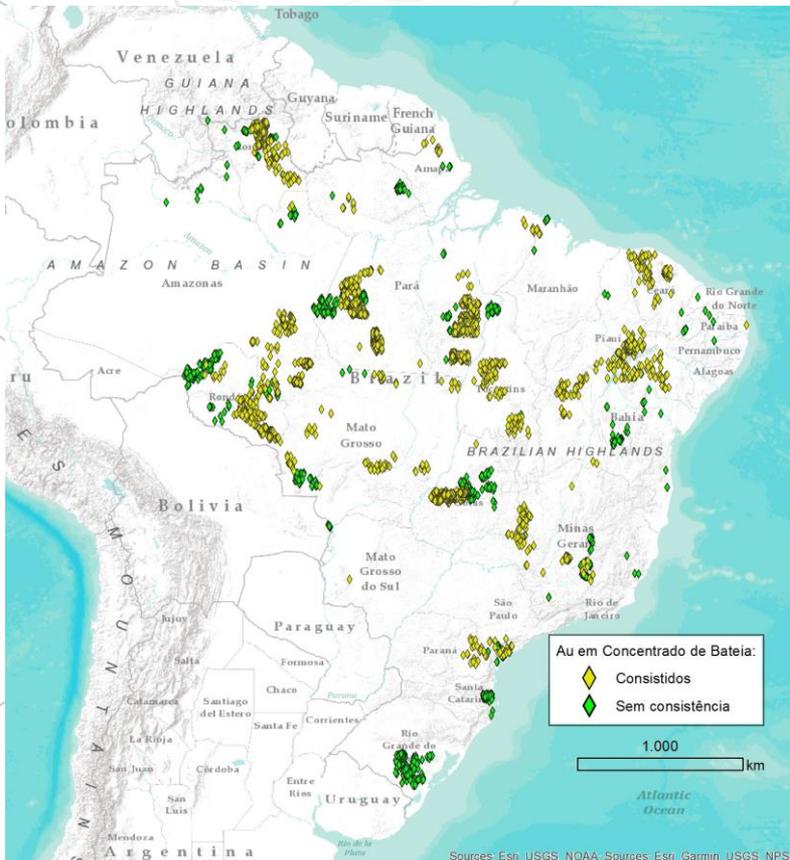
OBJETIVOS:

- ✓ Delimitar as principais províncias e distritos auríferos;
- ✓ Compilar as informações sobre reservas de ouro e realizar avaliação econômica em escala nacional;
- ✓ Gerar novos dados que permitam avanços no conhecimento da metalogenia e sistemas minerais (morfologia de grãos de ouro, química mineral, etc);
- ✓ Reavaliar o potencial para prospecção e exploração de ouro no Brasil.

Projeto Ouro Brasil: Províncias Auríferas



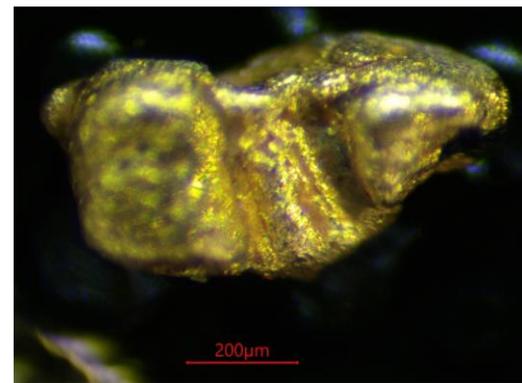
Projeto Ouro Brasil - Acervo Grãos de ouro



- ✓ +3660 estações de Concentrado de Bateia com identificação de ouro;
- ✓ 2742 estações com consistência locacional e mineralométrica, equivalente a +30k partículas;
- ✓ ~75% do material está pronto para uso.



Projeto Ouro Brasil



Projeto Ouro Brasil: Caracterização Morfológica

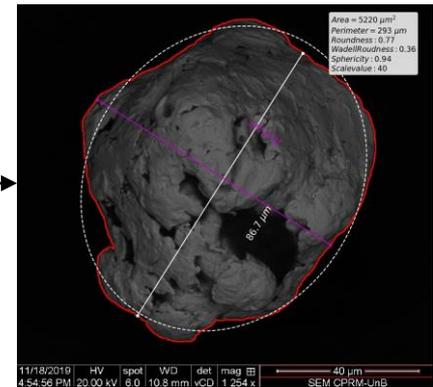
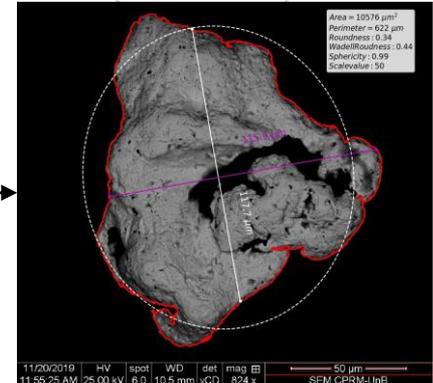
Amostras coletadas pela equipe SGB em todo o país.



Microscópio eletrônico de Varredura -MeV (SGB-UnB).

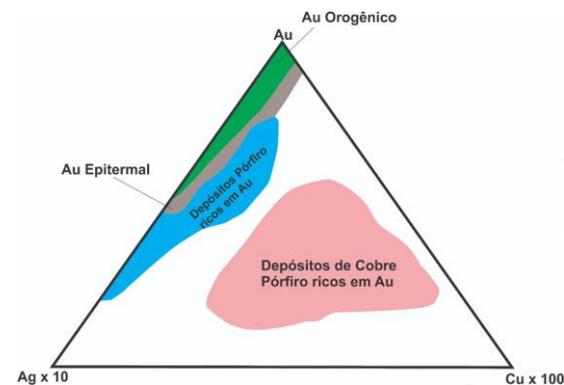
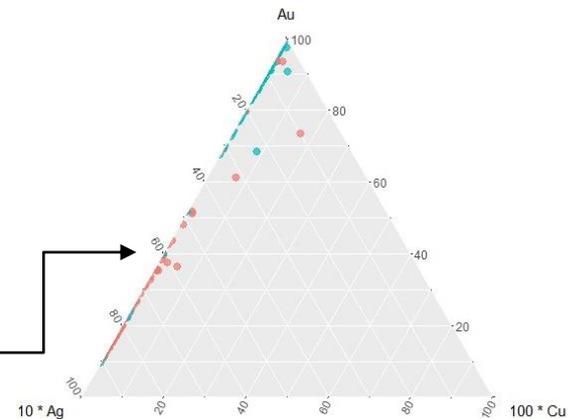
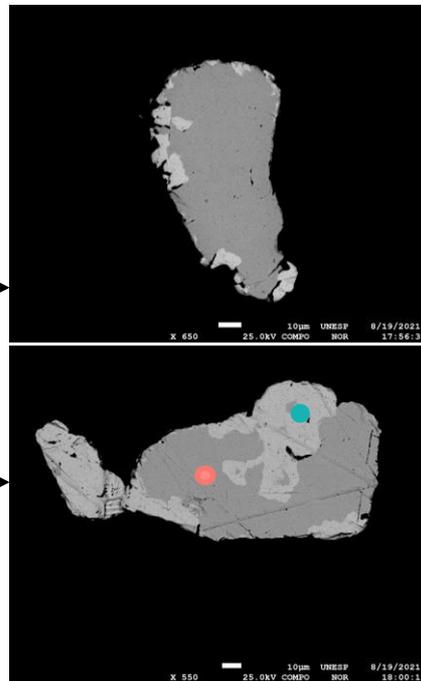
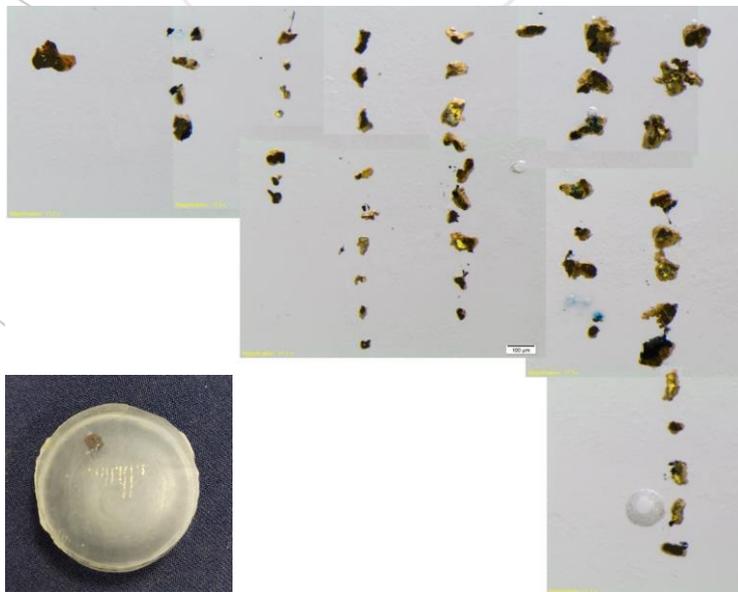


Imagens grãos de Ouro em MeV.



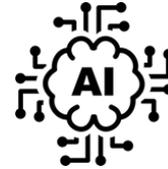
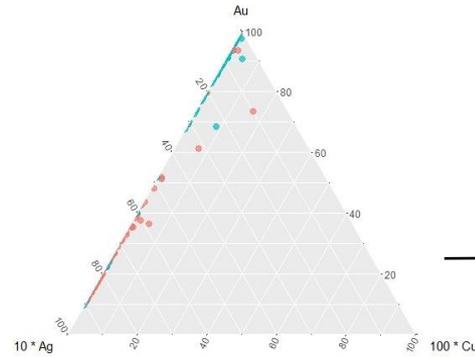
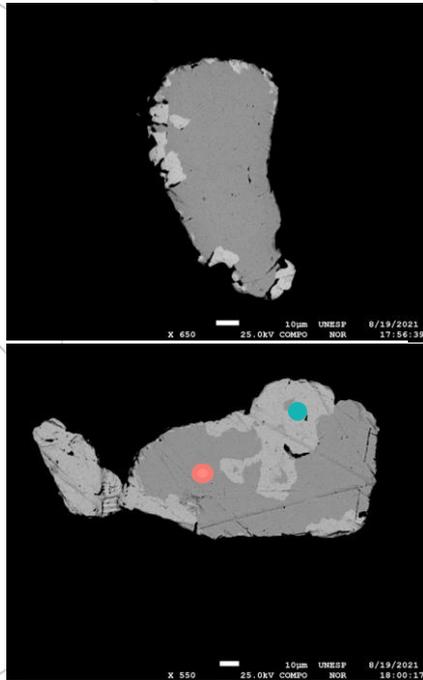
- ✓ Definição de distância da área fonte;
- ✓ Características diferentes de áreas distintas;
- ✓ Potencial para descoberta de novas áreas mineralizadas.

Projeto Ouro Brasil – Caracterização Química

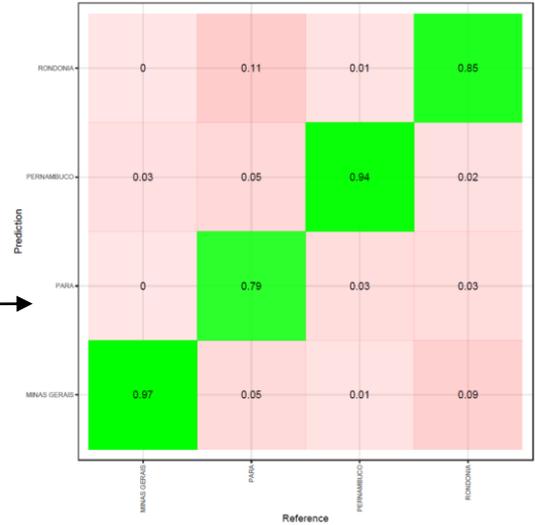


- ✓ Composição Química do Ouro em cada Província com biblioteca com os dados por área;
- ✓ Definição dos ambientes geológicos em que o ouro se formou.

Projeto Ouro Brasil – Caracterização Química



Mineral classification - Random Forest (Test Set)
N.Samples = 150 for each group, Random_State = 123.
N.Trees = 5000, 70-30% split, 5-fold, Accuracy: 86%



Matriz de confusão com proporção de acertos de predição para as classes das áreas piloto.

- ✓ Análise multivariada dos dados, utilizando os dados analíticos (MeV, Microsonda e Ablação a Laser);
- ✓ Uso de algoritmos de **Inteligência Artificial** na predição da origem do ouro.

Parcerias: Serviço Geológico + Polícia Federal



Certificação do ouro brasileiro

GEOLOGIA



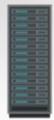
MINA



METALURGIA



TRANSPORTE



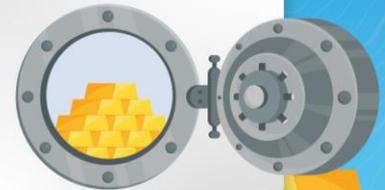
BANCO
DE DADOS

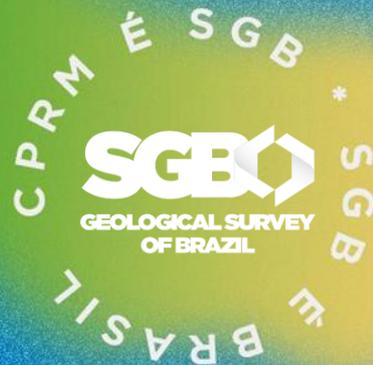
COMPRADOR



Qual a origem
desse ouro?

BANCO





OBRIGADO.



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

