

1.

INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTIVOS

A impossibilidade de capturar exhaustivamente uma variável característica da “qualidade” dos sistemas naturais, quer sejam geológicos, mineiros, ambientais ou quaisquer outros, originou um modo directo de recolha de informação, designado por “amostragem pontual”, que possui o enorme inconveniente de transportar apenas um conhecimento diminuto, isolado e fragmentado da informação contida em qualquer dos referidos “domínios” (LUÍS *et al.*, 1998^a). Este trabalho está orientado na procura dos melhores processos de caracterização espacial destes domínios, tendo sido dada particular atenção à utilização de informação auxiliar para produzir cenários mais fiáveis do comportamento global dos valores de variáveis regionalizadas, por processos de estimação e simulação estocástica.

Nesse sentido, propõe-se uma metodologia geoestatística de avaliação de recursos naturais, que integra no processo de estimação da variável principal (ou seja, a que tem maior relevância económica na descrição do jazigo), toda a informação disponível,

1. Introdução

1.1. Objectivos

geralmente constituída por valores e/ou observações de outras variáveis presentes na amostragem (normalmente não utilizada). Ou seja, intenta-se verificar e quantificar através de critérios objectivos as melhorias introduzidas na estimação de uma variável principal, em consequência da utilização do máximo de informação disponível, ainda que esta seja subjectiva.

A natureza desta informação auxiliar é diversa, podendo ser de cariz quantitativo e/ou qualitativo, com diferentes níveis de precisão e representando, em alguns casos, informação indirecta que se for abundante não deve ser desprezada. No entanto, a sua utilização nas usuais técnicas geoestatísticas de estimação com variáveis auxiliares, como a cokrigagem ou a krigagem com deriva externa (GOOVAERTS, 1997; SOARES, 2000), apresenta algumas dificuldades no que diz respeito à interpretação e validação dos resultados, especialmente quando existem variáveis auxiliares de natureza diferente, que localmente se correlacionam de um modo diferenciado com a variável principal. Para ultrapassar estas dificuldades, a metodologia proposta recorre a métodos factoriais de análise de dados, para verificar as relações existentes e sintetizar a informação auxiliar.

A utilização de toda esta informação em diferentes processos de estimação, complementada com testes de validação cruzada, permite avaliar a adequabilidade relativa de cada método a este caso em particular, e calcular e mapear os principais parâmetros médios das reservas da variável principal, nos suportes tecnológicos mais adequados.

Por definição, os processos de estimação fornecem em cada suporte apenas uma solução única, resultante da combinação linear ponderada dos valores amostrais vizinhos, formando no seu conjunto a imagem condicional mais provável dos dados de partida e das respectivas características médias, onde cada valor é estimado independentemente dos valores estimados na vizinhança. Esta incapacidade de controlar a covariância entre os valores estimados, associada ao facto de estes processos estarem claramente vocacionados para a caracterização das distribuições espaciais mais prováveis (ou médias) dos valores assumidos pelas variáveis nos suportes não amostrados, e a necessidade de:

- conhecer os valores extremos possíveis da variável em cada suporte tecnológico não amostrado;

- reproduzir comportamentos extremos e simultâneos da variável em todo o domínio;
- reproduzir mais fielmente os estatísticos básicos (média, variância e histograma) e a variabilidade espacial da variável amostrada;
- conhecer a incerteza da variável associada a cada localização não amostrada (só possível através da função de probabilidade resultante da realização de n diferentes distribuições conjuntas no domínio em estudo);

levam à utilização dos processos de simulação estocástica. Dentro destes, o conjunto de algoritmos de simulação sequencial, assumem particular relevância, uma vez que tal como fica demonstrado neste trabalho, apresentam uma grande flexibilidade na incorporação de informação secundária ou auxiliar, e permitem simultaneamente que as imagens simuladas acompanhem os contornos do jazigo.

1.2. ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO GENÉRICO

Desde os tempos mais remotos que a humanidade recorre à Natureza para obter os recursos necessários à sua sobrevivência. Com o desenvolvimento da sociedade e inovação tecnológica, o consumo de recursos naturais não tem cessado de aumentar. Assim, se os nossos ancestrais começaram apenas pela satisfação da dieta alimentar imprescindível à sua subsistência, a satisfação das necessidades das sociedades modernas exige a produção de utensílios de todos os tipos, assente, em última instância, nos recursos naturais, que se tornaram num dos principais pilares do desenvolvimento e bem-estar das sociedades contemporâneas.

A continuada globalização e a adopção dos chamados mecanismos da livre circulação/comercialização/produção, conjugados com a emergente e rápida consciencialização e preocupação dos cidadãos para as causas socioculturais e ambientais características das últimas décadas, trouxeram novas exigências para o sector da exploração dos recursos naturais, que só podem ser satisfeitas através de um aumento da qualidade e rigor das técnicas utilizadas na sua pesquisa, caracterização e exploração (LUÍS, 1995). A necessidade de encontrar processos capazes de tornar o desconhecido, “conhecido”, à custa de informação amostral esparsa, levou à procura de métodos de avaliação de recursos

1. Introdução

1.2. Enquadramento metodológico genérico

naturais que sejam capazes de, por um lado, incorporar a estrutura espacial do fenómeno regionalizado e, por outro, incorporar e avaliar a incerteza decorrente da amostragem. De facto, os métodos de estimação geoestatística, baseados no estimador de krigagem, asseguram dois critérios de qualidade: o não enviesamento (a imposição de que o desvio global entre os valores estimados e os valores reais, desconhecidos, seja nulo) e a minimização da variância de estimação (definida como a variância dos desvios entre os valores estimados e os reais).

Para além dos métodos de estimação, a caracterização dos recursos naturais exige ainda a adopção de outras técnicas geoestatísticas, como a simulação condicional que assegura, através de diferentes realizações do fenómeno regionalizado, a construção de um modelo probabilista que, para além de obedecer à estrutura espacial do fenómeno, reproduz a sua variabilidade. Passando deste modo, o acesso à incerteza de uma variável num ponto não amostrado a ser traduzido por uma função de distribuição de probabilidade, que Journel (JOURNEL, 1993) compara à incerteza que seria conseguida por diferentes análises de uma mesma amostra.

Além disso, a necessidade de aproveitar ao máximo a informação disponível e a convicção de que nem com o melhor planeamento e preparação possíveis se pode eliminar cabalmente a incerteza com que um determinado jazigo mineral é avaliado motivam a procura incessante de novos métodos de estimação, capazes de tomar em conta as variáveis auxiliares habitualmente desprezadas - em sintonia com a evolução humana, que tenta superar as próprias limitações sensoriais, através do desenvolvimento de capacidades mentais, que envolvem aproximações, estimativas, procedimentos, etc., para, juntamente com a experiência, permitir tomar melhores e mais rápidas decisões.

No intuito de reduzir a incerteza associada à caracterização de variáveis regionalizadas que necessitem de caracterizações fiáveis, tendo por base uma baixa densidade amostral e/ou modelações tecnicamente complicadas, é cada vez mais frequente o recurso a abordagens holísticas, que utilizam processos de estimação capazes de se servirem das interdependências e correlações da variável principal com outras (ditas auxiliares), como alternativa para colmatar a omnipresente carência de informação sobre a variável de maior

interesse. A necessidade de valorizar toda a informação disponível para maximizar a precisão do estimador tem estimulado o aproveitamento e utilização de todas as variáveis amostradas, incluindo as de natureza qualitativa, tradicionalmente esquecidas, apesar dos baixos custos e dos benefícios que podem trazer ao processo de estimação. Estas variáveis resultam de interpretações realizadas sobre a amostragem e consistem, por vezes, em registos textuais algo imprecisos, mas que, através de convenientes categorizações e codificações, podem traduzir formas de ‘medição’ aptas a servir de base a abordagens estatísticas não tradicionais, permitindo explorar uma via de inclusão da informação pericial nos processos de caracterização que de outro modo ficaria arredado dos modelos.

Com vista a avaliar, num caso de estudo, a utilização de informação auxiliar habitualmente disponível, procedeu-se à estimação e simulação dos teores de ouro (Au) do jazigo aurífero de Covas de Castromil, localizado junto ao rio Sousa, 20 km a leste do Porto, como pode ser observado na Figura 1.1, que passará a ser designado apenas por Castromil. A informação auxiliar é constituída pelas variáveis: teores de prata e classificações litológicas e colorimétricas, e provém de sondagens realizadas em carotado e em destrutivo, da forma indicadas na Tabela 1.1.

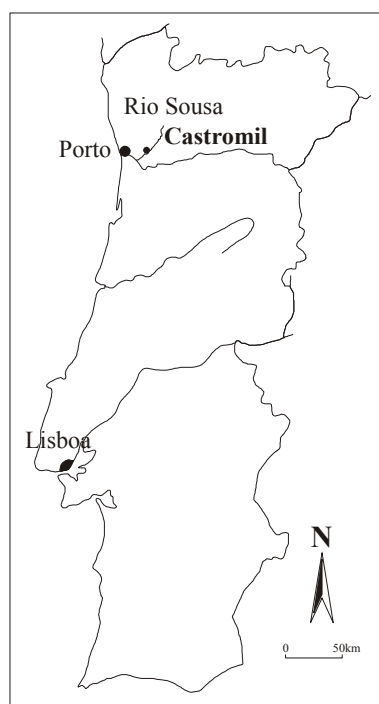


Fig. 1.1 – Mapa de Portugal e localização do jazigo de Castromil.

Tab. 1.1 – Tipo de informação recolhida nos troços de amostragem

	Teor de		Classes litológicas				Classes de cor						
	Au	Ag	Gc	Gr	Gs	Xt	Am	Be	Ca	Cz	Cr	Pr	Ve
Sondagens carotadas	X	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
Sondagens destrutivas	X	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Au → ouro (variável principal); **Ag** → prata; **Gc** → granito caulizado; **Gr** → granito; **Gs** → granito silicificado; **Xt** → xistos; **Am** → amarelo; **Be** → bege; **Ca** → castanho; **Cz** → cinza; **Cr** → creme; **Pr** → preto; **Ve** → vermelho; **X** → as sondagens forneceram informação sobre esta variável; **-** → neste conjunto de sondagens não foi recolhida esta informação.

1.3. ARTICULAÇÃO ENTRE OS CAPÍTULOS

A metodologia proposta neste trabalho resultou na articulação original de uma série de técnicas de Análise de Dados e Geoestatísticas, para estimar e simular os teores de ouro no jazigo de Castromil, a partir de toda a informação, qualitativa e quantitativa, disponível.

No capítulo 2, descreve-se detalhadamente a metodologia proposta e os fundamentos teóricos que suportam cada um dos seus passos.

No capítulo 3, apresenta-se uma breve descrição do jazigo de Castromil, seguida da descrição, pré-processamento e análise dos dados amostrais utilizados, e por fim da estimação dos teores em ouro por krigagem ordinária.

No capítulo 4, recorre-se à condensação da informação auxiliar para criar índices de síntese, que permitam tornar mais precisa a estimação de zonamentos da variável principal.

No capítulo 5, apresenta-se a aplicação concreta do método de estimação dos teores em ouro, tendo sempre como referência a krigagem ordinária, em face da qual são cotejados métodos que utilizam a informação auxiliar ou suplementar, com vista a quantificar os respectivos acréscimos de precisão relativamente ao método clássico.

O capítulo 6 é dedicado à avaliação das reservas mineiras e à quantificação da respectiva incerteza. Com este objectivo, descreve-se a implementação uma variante de simulação condicional com base numa sub-rotina da biblioteca de programas GSLIB - Geostatistics Software Library, desenvolvida por CLAYTON & JOURNAL (CLAYTON et al., 1998).

No capítulo 7 apresentam-se as principais conclusões deste trabalho e algumas notas finais.