

PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DOS DEPÓSITOS MINERAIS NÃO-ORGANÓGENOS DE AMBIENTES SEDIMENTARES

JOÃO C. BIONDI*

ABSTRACT CLASSIFICATION OF NON ORGANIC MINERAL DEPOSITS FROM SEDIMENTARY ENVIRONMENTS. Non organic mineral deposits of sedimentary environment can be separated into three groups, based on the way mineralizing fluid moves. a. Sedimentogenic deposits; b. Hydatogenic deposits; and c. Hydatogenic-supergenic deposits or "sebkha" deposits. Depositional environment, the ore composition and the ore gaps are other features that allow the division of these three groups in subgroups, types and subtypes. The final classification proposed contains 20 different types of non organic deposits of sedimentary environments. A final discussion deals with more complicated deposits, as the Zambia-Zaire copperbelt, the Kupferschiefer deposits, the high temperature hydatogenic deposits and the chemical-sedimentary deposits generated by volcanogenic fluids. As an example of the practice of the classification, 123 Brazilian mineral deposits were classified according to the proposed criterion.

Keywords: Mineral deposits, sedimentary environments, classification.

RESUMO Os depósitos minerais não-organógenos de ambientes sedimentares podem ser separados em três grandes grupos, com base no tipo de migração do fluido mineralizante. Este critério básico divide estes depósitos em a. Depósitos sedimentogênicos; b. Depósitos hidatogênicos e; c. Depósitos hidatogênicos/supergênicos, ou tipos "Sebkha". O tipo de ambiente deposicional e a composição do minério são as outras características que permitem subdividir estes três grupos em subgrupos e em tipos e subtipos. O quadro final proposto inclui 20 tipos diferentes de depósitos não-organógenos de ambientes sedimentares. Uma discussão final aborda os casos mais complexos, como os depósitos do cinturão cuprífero do Zâmbia-Zaire, os depósitos do Kupferschiefer, os depósitos hidatogênicos de alta temperatura e os depósitos sedimentares químicos com fluidos vulcanogênicos. Como exemplo de uso da classificação proposta, 123 depósitos minerais brasileiros, não-organógenos e formados em ambientes sedimentares, estão classificados conforme os critérios mencionados.

Palavras-chaves: Depósitos minerais, ambientes sedimentares, classificação.

INTRODUÇÃO Os depósitos de ambientes sedimentares constituem o segundo grande grupo de depósitos minerais, ao lado dos de filiação magmática. A mineralização desses depósitos normalmente é composicionalmente menos complexa e mineralogicamente menos variada que a dos depósitos hidrotermais. As feições de alterações endógenas são inexistentes ou pouco expressivas, tornando mais fácil a delimitação dos corpos mineralizados. São depósitos extensos, com grande abrangência areal e reservas importantes. Alguns tipos de depósitos sedimentares gradam para os vulcano-sedimentares, sendo difícil uma separação nítida entre os dois grupos.

PROCESSOS DE FORMAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE AMBIENTES SEDIMENTARES, NÃO-ORGANÓGENOS - CRITÉRIOS BÁSICOS

A classificação proposta a seguir baseia-se nos três processos maiores de gênese dos depósitos sedimentares.

O critério básico de classificação é o processo de concentração que leva à formação do minério, dentro ou junto aos estratos sedimentares, independente, portanto, do ambiente de sedimentação, quando este não influi diretamente na constituição do corpo mineralizado. O quadro 1 mostra a classificação proposta e os diversos tipos de depósitos minerais nela considerados, separados conforme os critérios explícitos na figura 1.

Três grandes grupos de depósitos de ambientes sedimentares devem ser considerados. O primeiro, formado por deposição vertical descendente, gravitacional, são os depósitos sedimentares *sensu strictu*. Nesse caso, o minério é um dos estratos que compõem a coluna sedimentar local. O segundo e o terceiro grupos são constituídos por depósitos cujos minérios formaram-se após os estratos sedimentares. Nesses

casos, o minério substitui parte ou a totalidade de um ou mais dos estratos que compõem a coluna sedimentar local. Esta substituição ocorre por deposição a partir de um fluido aquoso que migra lateralmente até encontrar uma barreira que cause a descarga do seu conteúdo mineral. Este processo de mineralização, mecanicamente, é idêntico ao hidrotermalismo dos depósitos ígneos. A diferença é que, no caso dos depósitos sedimentares, a água é superficial na sua totalidade, enquanto para os depósitos hidrotermais a água é, ao menos em parte, de origem magmática.

Para destacar essa diferença, foi adotado o termo sedimentar hidatogênico para estes depósitos. O termo hidatogênico foi criado por A. Maucher, em 1957 (In: Routhier 1963, p. 374) para designar concentrações minerais "causadas pela circulação de soluções aquosas de origem não-magmática que adquirem suas cargas metálicas de rochas por elas percoladas e que as depositam em alguns locais privilegiados". O conteúdo em isótopos ¹⁸O dos fluidos aquosos distingue os dois processos, embora, logicamente, haja uma gradação completa entre eles.

Os depósitos sedimentares hidatogênicos podem, por sua vez, ser subdivididos em dois grupos. No primeiro caso (Grupo 2, Fig. 1), a migração lateral do fluido mineralizante leva à formação do depósito. No segundo caso (Grupo 3, Fig. 1), soma-se à migração lateral também uma migração vertical ascendente. São os depósitos formados em regiões de *sebkha*. Este terceiro grupo gradua para os depósitos supergênicos, secundários e superficiais, formados em regiões desérticas por evapo-transpiração.

Depósitos do Grupo 2 são subdivididos em subgrupos, conforme o sentido seguido pelo fluido mineralizante dentro da bacia. Do continente para a bacia (Subgrupo 2.1), da

Quadro 1 - Classificação dos depósitos minerais não-orgânicos de ambiente sedimentar

Chart 1 - Classification of non organic mineral deposits from sedimentary environments

Grupo 1 - Depósitos sedimentares gravitacionais, ou formados por deposição vertical descendente

1.1. Deposição química ou dastoquímica

- a. Tipo cobre sedimentar ou cinturão cuprífero do Zâmbia ("*copperbelt*")
- b. Tipo fosfato marinho
- c. Tipo ferro em formações ferríferas
 - Fácies óxido, carbonato e sulfeto
 - Subtipos Superior, Algoma, Clinton e Minette
- d. Tipo distante, de derivação vulcânica ("*distali*")
- e. Tipo manganês marinho
 - Subtipo com glauconita ou Nikopol
 - Subtipo com carbonato dolomítico ou Imini
 - Subtipo com nódulos em ambientes pelágicos
- f. Tipo potássio-sódio-cálcio evaporítico em bacias restritas ou formados por concentração residual
- g. Tipo Au em folhelhos ou Morro do Ouro (MG)

1.2. Deposição elástica

- a. Tipo ouro-urânio em lóbulos deltaicos ou *Witwatersrand*
- b. Depósitos em *placers* modernos
 - *Placers* fluviais
 - *Placers* marinhos
 - *Placers* eólicos
- c. Depósitos de geleiras, conglomerados e arenites, de ambientes diversos, com **diamante**.

Grupo 2 - Depósitos sedimentares hidatogênicos ou formados por deposição a partir da migração lateral do fluido mineralizante

2.1. Migração subterrânea de águas continentais

- a. Tipo Pb em arenitos
- b. Tipo Cu em *red beds*
- c. Tipo urânio-vanádio em arenitos ou *roll type*
- d. Tipo barita em arenitos (Camumu)
- e. Tipo Au-Pd associados a frentes de oxidação em arenitos e siltitos (Serra Pelada)

2.2. Migração de águas de salmouras marinhas

- a. Tipo Largentière

2.3. Migração lateral dentro da bacia - Pb-Zn em carbonatos ou *Mississippi Valley*

- a. Tipo relacionado à dolomitização
- b. Tipo relacionado a falhamentos percolados por águas meteóricas
 - Com Pb-Zn
 - Com fluorita e/ou barita

Grupo 3 - Depósitos sedimentares hidatogênicos/supergênicos tipo *sebkha*, ou formados por deposição vertical ascendente

3.1. Tipo chumbo e/ou zinco em arenitos e folhelhos

3.2. Tipo Cu ou *Kupferschiefer*

3.3. Evaporitos tipo *sebkha*

Grupo 1 - Deposição gravitacional ou vertical descendente - Depósitos sedimentogênicos

Subgrupo 1.1. - Deposição química ou elasto-química

Subgrupo 1.2. - Deposição elástica



Grupo 2 - Deposição a partir da migração lateral do fluido mineralizante - Depósitos hidatogênicos

Subgrupo 2.1. - Migração do continente para a bacia

Subgrupo 2.2. - Migração da bacia em direção às bordas



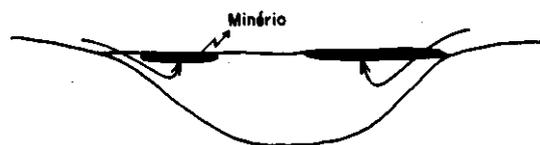
Subgrupo 2.3. - Migração dentro da bacia



Grupo 3 - Migração lateral e vertical ascendente - Depósitos hidatogênicos supergênicos ou *sebkha*

Figura 1 - Critérios básicos de separação e classificação dos depósitos minerais não-orgânicos de ambientes sedimentares

Figure 1 - Adopted criterion for discriminate and class non organic mineral



deposits from sedimentary environment

bacia para as suas bordas (Subgrupo 2.2) ou simplesmente migração lateral dentro da bacia (Subgrupo 2.3), são as três situações possíveis.

DISCUSSÃO Em duas situações, ao menos, os depósitos de ambientes sedimentares são muito difíceis de serem diferenciados dos depósitos magmatogênicos. A primeira situação é a dos depósitos vulcanogênicos distantes, conforme definido originalmente por Hutchinson (1973). A gênese des-

sés depósitos é concebida a partir da exalação de um fluido vulcanogênico no assoalho de um oceano, da migração deste fluido e a deposição da sua carga mineral, quando encontrar condições redutoras. É fácil imaginar que este fluido mineralizante deve se homogeneizar muito rapidamente com a água do mar, pouco tempo após ter sido expelido. É, por contra, difícil imaginar como diferenciar este fluido homogeneizado de um outro fluido qualquer, não-vulcânico, provindo, por exemplo, de uma drenagem que deságue no oceano, próximo à região redutora. Apesar da origem vulcânica do primeiro, não é possível considerar o depósito formado como vulcanogênico. Será um depósito sedimentar químico (tipo 1.1.d, distante, no Quadro 1), em composição e processo de formação. Evidentemente, haverá todos os intermediários entre estes depósitos e os vulcanogênicos próximos.

Uma outra situação em que é difícil diferenciar depósitos de ambientes sedimentares de depósitos plutogênicos é o caso dos depósitos filoneanos de baixa temperatura. Os depósitos hidrotermais epitermais formam-se pela ocupação de uma zona permeável por um fluido magmático a baixa temperatura. Alguns dos depósitos aqui considerados do tipo "Mississippi Valley" (Quadro 1, Tipo 2.3.b) formam-se por águas meteóricas que descem em profundidade através de um aquífero e ascendem por falhamentos que interceptam este aquífero. Essa água meteórica, aquecida em profun-

didade, pode depositar sua carga metálica em qualquer posição de falhamento. O depósito assim formado, hidatogênico, dificilmente será diferenciado dos depósitos hidrotermais epitermais.

Muitos depósitos de ambientes sedimentares têm gêneses complexas, para as quais não há consenso entre os especialistas. Os depósitos tipo Kupferschiefer e os depósitos do cinturão cuprífero de Zâmbia (*cooper-belt*) são casos típicos. Os depósitos Kupferschiefer são formados pela soma de mais de um processo genético, e no *cooper-belt* há, certamente, depósitos de tipos diferentes que têm sido interpretados como iguais. São problemas bastante discutidos na literatura. É necessário que fique claro, portanto, que a opinião aqui transcrita está longe de ser consensual.

O Quadro 2 contém uma listagem dos 123 principais depósitos brasileiros de ambientes sedimentares. A figura 2 mostra a localização desses depósitos indicada por um número. Com este número é possível saber, fazendo uso do Quadro 2, de qual(is) depósito(s) se trata, qual(is) o(s) principal(ais) elemento(s) de minério(s), a localização do depósito e, na última coluna à direita, a sua classificação conforme proposto no Quadro 1. Embora haja dúvidas, a grande maioria dos depósitos listados pode facilmente ser classificada, o que mostra a viabilidade do uso da classificação proposta. Por outro lado, vários dos depósitos mencionados no Quadro 1 não foram

Quadro 2 - Classificação proposta para os principais depósitos minerais brasileiros, não-organógenos, de ambientes sedimentares
Chart 2 - Proposed classification of the main non organic Brazilian mineral deposits from sedimentary environments

Depósito (localização)	Principal elemento do minério	Localização (estado) - Vide mapa geológico	Classificação (vide Quadro 1)	Depósito (localização)	Principal elemento do minério	Localização (estado) - Vide mapa geológico	Classificação (vide Quadro 1)
1. Camaquã	Cu	RS	1.1.a	36. Araguaina/Rio da Lontra	Au	GO-PA	1.2.b, placeres fluviais
2. Pedra Verde	Cu, Pb, Zn, Ag	CE	1.1.a	37. Canarú	Au	PA	1.2.b, placeres fluviais
3. Aurora (parte)	Cu	CE	1.1.a	38. Tapajós	Au (Ta)	PA	1.2.b, placeres fluviais
4. São Julião	Cu	PI	1.1.a	39. Juruena/Teles Pires	Au (Ta)	MT	1.2.b, placeres fluviais
5. Terra Preta	Cu	AM	1.1.a	40. Rio Madeira	Au	AM-RO	1.2.b, placeres fluviais
6. Santa Maria	Pb, Ag, Zn	RS	2.1.a (?)	41. Agupapé	Au	MT	1.2.b, placeres fluviais
7. Morro Agudo	Pb, Zn	MG	2.3.a	42. Crixás-Mara Rosa (secundário)	Au	GO	1.2.b, placeres fluviais
8. Vazante	Zn (Pb)	MG	2.3.a e 2.3.b com Pb-Zn	43. Dianópolis/Natividade	Au	GO	1.2.b, placeres fluviais
9. Januário	Pb (Zn)	MG	2.3.a e 2.3.b com Pb-Zn	44. Cachoeira/Itajubatiba	Au (Ta)	RN	1.2.b, placeres fluviais
10. Bom Jesus da Lapa	Pb (Zn)	MG	2.3.a e 2.3.b com Pb-Zn	45. Itapetim	Au	PE	1.2.b, placeres fluviais
11. Pilão Arcado	Pb (Zn)	BA	2.3.a e 2.3.b com Pb-Zn	46. Morro do Ouro (sedimentar?)	Au	MG	1.1.g
12. Rocha	Pb, Ag	PR	2.3.b com Pb, Zn ou 2.3.a (?)	47. Mina III-Crixás	Au	GO	1.1.d
13. Panelas	Pb, Ag	PR	2.3.b com Pb-Zn ou 2.3.a (?)	48. Mara Rosa	Au	GO	1.1.d
14. Furnas	Pb, Ag	SP	2.3.b com Pb-Zn ou 2.3.a (?)	49. Babaçu, Mamão e Lagoa Seca (Serra das Andorinhas)	Au	PA	1.1.d
15. Pitinga	Sn, Ti, Zr, T.R., Ta-Nb	AM	1.2.b, placeres fluviais	50. Raposos, Faria, Cuiabá, São Bento, Morro Velho, Bicalho, Bela Fama (etc.)	Au	MG	1.1.d
16. São Lourenço/Macisa	Sn, Ti (W)	RO	1.2.b, placeres fluviais	51. São Francisco/Currais Novos	Au	RN	1.1.d (?)
17. Cachoeirinha/Monte Negro	Sn, Ti (W)	RO	1.2.b, placeres fluviais	52. Cauê, Conceição, Dois Córregos, Piriquito, Onça, Chacrinha e Esmeril, Águas Claras, Mutuca, Pico, Capanema, Timbopeba (etc.)	Fe	MG	1.1.c
18. Oriente Novo	Sn, Ta (W)	RO	1.2.b, placeres fluviais	53. Alegria, Miguel Congo	Fe, Mn	MG	1.1.c
19. Jacundá/Santa Bárbara	Sn, Ta (W)	RO	1.2.b, placeres fluviais	54. Serra dos Carajás	Fe	PA	1.1.c
20. Alto Candeias	Sn, Ti (W)	RO	1.2.b, placeres fluviais	55. Porteirinha, Rio Pardo de Minas, Riacho dos Machados, Grão Mongol	Fe	MG	1.1.c (?)
21. Igarapé Preto	Sn, Ti (W)	AM	1.2.b, placeres fluviais	56. Uruçum	Mn, Fe	MS	1.1.e, subtipo Nikopol (?)
22. São Francisco	Sn, Ti (W)	MT	1.2.b, placeres fluviais	57. Azul	Mn	PA	1.1.e, subtipo Imini (?)
23. Massangana	Sn, Ti (W)	RO	1.2.b, placeres fluviais	58. Serra Buritirama	Mn	PA	1.1.e, subtipo Imini (?)
24. São Pedro do Ipiri	Sn	PA	1.2.b, placeres fluviais				
25. Pedra Branca (secundário)	Sn, Ta, Be	GO	1.2.b, placeres fluviais				
26. Gandarela, Serra das Gaivotas, Pedra Branca	Au, U	MG	1.2.a				
27. Jacobina	Au (U)	BA	1.2.a				
28. Serra Pelada	Au, Pd	PA	2.1.e				
29. Tepequém	Au	RR	1.2.b, placeres fluviais				
30. Santa Rosa	Au	RR	1.2.b, placeres fluviais				
31. Oiapoque	Au	AP	1.2.b, placeres fluviais				
32. Amapá-Calçoene	Au	AP	1.2.b, placeres fluviais				
33. Ipiritinga	Au	PA	1.2.b, placeres fluviais				
34. Gurupi	Au	PA-MA	1.2.b, placeres fluviais				
35. Carajás	Au	PA	1.2.b, placeres fluviais				

Quadro 2 - Continuação
Chart 2 - Continuing

Depósito (localização)	Principal elemento do minério	Localização (estado) - Vide mapa geológico	Classificação (vide Quadro 1)	Depósito (localização)	Principal elemento do minério	Localização (estado) - Vide mapa geológico	Classificação (vide Quadro 1)
59. Serra do Navio (protoninério)	Mn	AP	1.1.e, subtipo Imini (?)	75. Aripuanã/Pimenta Bueno	Diamante	RO	1.2.b, placeres fluviais e 1.2.c (?)
60. Pedra Preta (Urundi) (protoninério)	Mn	BA	1.1.e, subtipo Imini (?)	76. Diamantina/Rio Jequitinhonha	Diamante	MG	1.2.b, placeres fluviais
61. Itatiaia (protoninério)	U, P	CE	1.1.b	77. Morro do Chapéu/Seabra	Diamante	BA	1.2.c (?)
62. Figueira	U, S	PR	2.1.c	78. Marabá-Tucuruí	Diamante	PA	1.2.b, placeres fluviais
63. Amorinópolis/Iporá	U (V, Se)	GO	2.1.c	79. Macapá	Au, Diamante	AP	1.2.b, placeres fluviais
64. Sete Barras	F (Ba)	PR	Provavelmente, estratiforme hidrotermal. Pode, com menor probabilidade, ser do tipo 1.1.d,	80. Conceição do Mau	Au, Diamante	RR	1.2.b, placeres fluviais
65. Volta Grande (parte do Lajeado)	F	PR	Idem Sete Barras	81. Itaituba	Diamante	PA	1.2.b, placeres fluviais
66. Tibagi/Rio das Cinzas	Diamante	PR	1.2.b, placeres fluviais e 1.2.c	82. Paranaguá/Guaracema	Ti, Zr	PR	1.2.b, placeres marinhos
67. Alto São Francisco	Diamante	MG	1.2.b, placeres fluviais	83. Guarapari	Th, T.R., Ti, Zr	ES	1.2.b, placeres marinhos
68. Coromandel	Diamante	MG	1.2.b, placeres fluviais e 1.2.c	84. Caravelas	Th, T.R., Ti, Zr	BA	1.2.b, placeres marinhos
69. Amorinópolis	Diamante	GO	1.2.b, placeres fluviais e 1.2.c	85. Porto Seguro	Th, T.R., Ti, Zr	BA	1.2.b, placeres marinhos
70. Poxoréu	Diamante	MS	1.2.b, placeres fluviais e 1.2.c	86. Canavieiras/Belmonte	Th, Ti, Zr, T.R.	BA	1.2.b, placeres marinhos
71. Paranatinga (Batovi)	Diamante	MT	1.2.b, placeres fluviais e 1.2.c	87. Matraca	Ti, Zr	PB	1.2.b, placeres marinhos
72. Coxim	Diamante	MS	1.2.b, placeres fluviais	88. Camamu	Barita	BA	2.1.d
73. Diamantino	Diamante	MS	1.2.b, placeres fluviais	89. Montalvânia/Januária	Barita, fluorita	MG	2.3.b com barita e fluorita
74. Bom Jesus/Alto Parnaíba	Diamante	PI	1.2.c (?)	90. Bom Jesus da Lapa	Barita, fluorita	BA	2.3.b com barita e fluorita
				91. Crato/Araripina	Gipsita	CE-PE	1.1.f
				92. Aracaju/Maruíni	K, Mg, Na, Br	SE	1.1.f
				93. Maceió/Pilar	Na, Cl	AL	1.1.f
				94. Moçoró	Gipsita	RN	1.1.f
				95. Barreirinhas	Na, Cl, K	AM	1.1.f
				96. Patos de Minas	Fosfato	MG	1.1.b
				97. Irecê	Fosfato	BA	1.1.b
				98. Tufos da Mata da Corda	Ti	Mg	1.2.c (?)

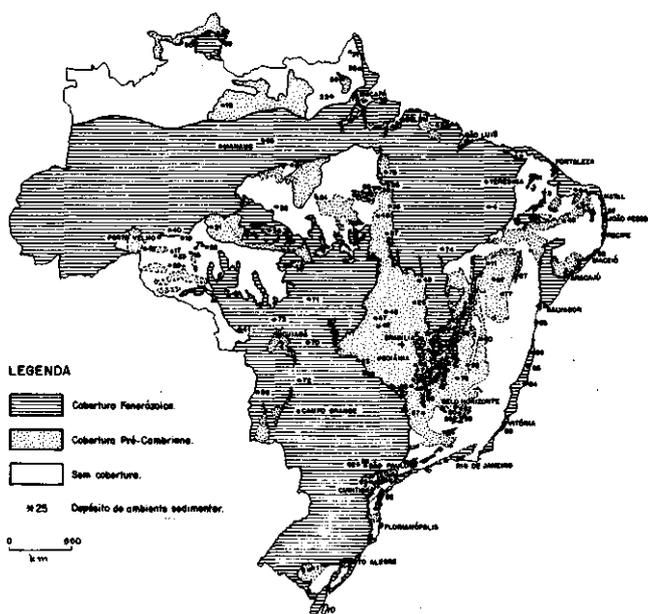


Figura 2 - Localização dos principais depósitos brasileiros, não organógenos, de ambientes sedimentares. Números mencionados no quadro 2

Figure 2 - Sites of more important Brazilian non organic mineral deposits from sedimentary environments. Numbers allow to chart 2

ainda localizados ou identificados no Brasil; como exemplos, cabe citar os depósitos de chumbo em arenitos, os depósitos de cobre em *red beds*, os depósitos de chumbo e/ou zinco em arenitos e folhelhos, e os depósitos tipo Kupferschiefer.

Na figura 2, a grande maioria dos depósitos brasileiros de ambientes sedimentares estão situados em áreas de coberturas pré-cambrianas. Sobre as bacias fanerozóicas, quase todos os depósitos conhecidos são *placeres* diamantíferos. As exceções são os depósitos de urânio (Figueira e Amorinópolis), os evaporitos e os depósitos costeiros com Zr, Ti e TR (Th). É pouco crível que as nossas bacias sedimentares fanerozóicas, com as extensões que têm e a variedade de ambientes deposicionais que incluem, sejam desprovidas de depósitos de metais básicos, por exemplo. A variedade de tipos de depósitos de metais básicos listados no quadro 1, aliada às características das bacias sedimentares brasileiras, fazem crer que ainda há muito trabalho de prospecção a ser desenvolvido sobre essas regiões.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HUTCHINSON, R.W. 1973. Vulcanogenic sulfide deposits and their metalogenic significance. *Econ. Geol.*, 68(8): 1223-1246.
MAYNARD, J.B. 1983. *Geochemistry of sedimentary ore deposits*. New York, Springer-Verlag, 305 p.
ROUTHIER, P. 1963. *Les gisements métallifères*. 2 v. Paris, Masson et Cie. 1282 p.

MANUSCRITO P006
Recebido em 4 de setembro de 1990
Revisão do Autor em 17 de janeiro de 1991
Revisão aceita em 4 de fevereiro de 1991