

PADRÕES DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA NA MINERAÇÃO AURÍFERA DE MINAS GERAIS NO SÉCULO XIX: TRANSFERÊNCIA, ADAPTAÇÃO E APLICAÇÃO¹

Tânia Maria Ferreira de Souza²

Para se entender o nível de competência tecnológica predominante na mineração aurífera de Minas Gerais – minas de Gongo Soco, Passagem e Morro Velho - e como foi construído durante o século XIX, faz-se mister:

1º) Buscar uma moldura explicativa para o processo de mudança tecnológica;

2º) reconstruir a cadeia de inovações sob a perspectiva histórica, visando identificar o estágio tecnológico da mineração no mundo oitocentista;

3º) explicar os padrões de difusão tecnológica, atentando-se para as formas como as novas técnicas fluíram das regiões mineradoras mais desenvolvidas do mundo para aquelas menos desenvolvidas.

Esse artigo trata exclusivamente do terceiro objetivo.

A difusão de novas técnicas de mineração pode-se processar por distintos meios, mas durante o século XIX o setor privado foi claramente um agente de difusão tecnológica. Em termos de transferência de tecnologia, Wilkins aponta oito modos que determinam a forma ativa pela qual as companhias privadas tomam parte no processo. Estes oito modos são amplos e de forma resumida podem ser assim descritos:³

- a) A primeira forma pela qual a companhia transfere tecnologia envolve simplesmente a *exportação de produtos*;
- b) A segunda envolve a *exportação de patentes*;
- c) A terceira, a *exportação de conhecimento técnico e serviços*;

¹ Este texto está baseado na tese de doutoramento apresentada a F.F.L.C.H./USP e orientada pela Profa. Suely Robles Reis de Queiroz. A autora agradece os comentários do Prof Colin Lewis à versão preliminar do texto, apresentada em seminário na “*The London School of Economics*”, como integrante do programa sanduíche USP/LSE, em 2000, para pesquisa financiada pela CAPES. Agradece também os comentários ao relatório de qualificação da tese, feitos pelos professores João Antônio de Paula e Caio Boschi. A autora assume toda e qualquer responsabilidade pelos erros e omissões registrados.

² Doutora em História Econômica/USP, Profa. Adjunta do Departamento de Economia da PUC Minas.

³ WILKINS, M. The role of private business in the international diffusion of technology. **Journal of Economic History**, n.1, v.34, mar. 1974. p.166-167.

- d) A quarta e última, uma *extensão da firma por si mesmo* no exterior, por meio do investimento estrangeiro direto, que é estabelecer um empreendimento multinacional e transferir sua tecnologia para o exterior através do investimento.

As próximas quatro maneiras estão relacionadas ao *recebimento* da tecnologia:

- a) A companhia pode *importar* máquinas a serem utilizadas em novos processos de produção para sua nação;
- b) A companhia pode comercializar as *patentes* de um empreendimento estrangeiro em seu mercado doméstico;
- c) A companhia pode fazer *acordos de assistência técnica* dos quais ela se beneficiará;
- d) A companhia pode adquirir tecnologia de um investidor estrangeiro direto.

Segundo Wilkins, no que tange ao recebimento de tecnologia, os últimos quatro modos envolvem a utilização de tecnologia estrangeira. Entende-se que alguns dentre os oito modos descritos acima são plenamente adequados para a análise do padrão de difusão tecnológica na mineração aurífera do século XIX. Assim, reportando-se especificamente às companhias de mineração de ouro na Minas Gerais do período, deve ser analisada a transferência de tecnologia através da exportação de conhecimento técnico por meio dos investimentos britânicos, da importação de maquinário e dos acordos de assistência técnica, quando realizados. Faz-se mister considerar que a mudança tecnológica na fronteira da mineração brasileira do século XIX, principalmente, poderia ter resultado da adoção e adaptação de novas técnicas que foram disponibilizadas pelos distritos mineratórios mais avançados de todo o mundo. Uma vez que estas técnicas tornaram-se disponíveis, deveria ser avaliado se elas atingiram os distritos mineratórios de Minas Gerais por meios distintos.

Partindo da moldura teórica de Newell, usada para se entender os mecanismos de difusão na fronteira da região de Ontário, é valioso identificar as prováveis tradicionais rotas da transferência de tecnologia.⁴ Primeiramente, maquinário e equipamento, que incorporavam novas técnicas, poderiam ser importados, e técnicas e habilidades, desenvolvidas pelos administradores de minas e trabalhadores que foram trazidos para

⁴ NEWELL, **Technology on the frontier: Mining in Old Ontario**. Vancouver: University of British Columbia Press, 1986. p. 43-44.

Minas Gerais. Reconhecer essa capacidade de desenvolver técnicas e habilidades nos trabalhadores da mineração aurífera oitocentista em Minas Gerais, significa reconhecer também sua capacidade de inovação. Tal argumento é convergente ao comentário de Kranzberg sobre o estudo de Murphy: *“If by transfer of technology we mean the acquisition, development and utilization of technological products, processes, and knowledge in contexts different from those in which they first developed, we must perforce recognize that such transfer requires innovation within the new context”*⁵. Como Newell assinala:

*The importation of both capital goods and skilled personnel was closely related to the high rate of direct investments. Not surprisingly, foreign owners usually introduced and applied mining systems – including specialised machinery and skilled workers – which were most familiar to their mine managers and agents.*⁶

No que tange especificamente a essa questão – o papel da mão de obra na introdução e aprimoramento da tecnologia para mineração aurífera em Minas Gerais – infelizmente só há evidência indireta obtida dos relatórios publicados à época. É verdade que a rede internacional de comunicação na indústria da mineração se compunha primeiramente de especialistas interessados, tais como mineradores experientes e administradores de minas, inventores e empresários promotores de maquinaria, engenheiros profissionais e servidores públicos. Eles puderam manter-se atualizados com os novos desenvolvimentos nas técnicas de mineração, devido ao seu conhecimento técnico obtido através da experiência prática, treinamento profissional e inserção como membros de várias associações e institutos de mineração. Por isso, encontravam-se na posição de divulgar informações técnicas durante seus deslocamentos dos distritos mineradores mais avançados para os menos avançados. Igualmente, como as operações de mineração extensiva continuavam na Europa e na Grã-Bretanha, os métodos de mineração e os trabalhadores destas regiões foram disponibilizados para os distritos mineradores mais novos e, similarmente, para as minas de ouro também.

⁵ MURPHY, John Joseph. Retrospect and prospect. Comentários por Melvin Kranzberg e Henry H. Villard. In: SPENCER, Daniel L. & WORONIAK, Alexander. **The transfer of technology to developing countries**. New York: Frederick A. Praeser, Publishers, 1967, p.30.

⁶ NEWELL, 1986, op.cit., p.43-44.

Voltando ao esquema teórico de Wilkins sobre a transferência de tecnologia, deve ser enfatizado o papel dos investimentos britânicos no setor brasileiro de mineração aurífera durante o século XIX. Apesar do perfil de um *boom* especulativo, esse padrão de atividade do investimento britânico durante a primeira metade do século XIX teve uma importância significativa, porque o Brasil foi um importante recipiente do capital britânico e suas minas de ouro uma boa razão para o ser.⁷ Como as três minas sob análise foram exploradas pelo investimento britânico, é honesto concluir que elas recebiam mineradores qualificados europeus – por exemplo mineradores da Cornualha – durante seus anos de vida ativa. Segundo Newell, mineradores cónicos foram realmente achados em campos de mineração ao longo do mundo, especialmente quando a indústria de estanho da Cornualha entrou em permanente declínio na década de 1860. O número de mineradores que deixaram o Reino Unido em navios de passageiros, ano a ano, desde 1861, foi registrado pelo Ministério do Comércio e percebe-se o exato impacto desse declínio durante a referida década, pelo crescimento da emigração de britânicos, até o auge em 1869 (Tabela 1).

TABELA 1
EMIGRAÇÃO DE MINERADORES BRITÂNICOS
1862-1872

Anos	Números de emigrantes
1862	1.720
1863	3.220
1864	3.266
1865	5.643
1866	6.030
1867	5.641
1868	8.500
1869	9.913
1870	4.769
1871	5.272
1872	5.569
Total ⁽¹⁾	59.543

Fonte: *The Mining Journal*, 3 de maio de 1873, p. 493.

Nota: (1) Total de homens

⁷ No que se refere a este padrão de investimentos e ao *boom* das companhias de sociedade por ações na América do Sul durante a primeira metade do Oitocentos, ver COTTRELL, P.L. **British overseas investment in the nineteenth century**. London: Macmillan Press Ltd., 1975. p.19 e CAIRNCROSS, A.K. **Home and**

Os magros anos da mineração cônica chegaram com a descoberta de ricos depósitos de estanho e cobre em outras regiões do mundo, o que acabou quebrando o virtual monopólio desfrutado pela Cornualha durante séculos. Mas o pioneirismo do minerador cônico não se abateu e permitiu que as fundações da grande indústria de mineração enriquecessem o mundo com sua habilidade, firmeza e trabalho duro. No dizer de Hollowood:

Earlier emigrants had set forth from Falmouth and other ports, as Cornishmen had been accustomed to for centuries. Emigration was not a new manifestation of Cornish courage and independence: already, by the 'sixties and ' seventies there were Cornish miners in many parts of the world – in Cuba, Mexico, Peru, Brazil, California and elsewhere. In the famous Voyage of the “Beagle”, 1834, Charles Darwin told of an encounter with a Cornish miner in a ravine in Central Chile. The man was the Superintendent of the Jaguel mines, had married a Spanish woman and did not mean to return home – ‘but his admiration for the mines of Cornwall remained unbounded.’⁸

Pensando na emigração dos técnicos ingleses, principalmente para o continente e na paulatina independência tecnológica de países como a França e a Alemanha, construída por meio da transmissão homem a homem das habilidades no local de trabalho, em princípios do Oitocentos, Landes afirma que *“talvez a maior contribuição desses imigrantes não tenha sido o que fizeram, mas o que ensinaram”*.⁹ Considerando as migrações europeias para os distritos de mineração em Minas Gerais, as Tabelas 2 e 3 apresentam registros suficientes da presença de mineradores europeus e britânicos em suas minas de ouro, o que sugere a ocorrência de processo similar de transmissão de conhecimentos.¹⁰

Foreign investment – 1870-1913, Studies in capital accumulation. London: The Cambridge University Press, 1953., p.225.

⁸ HOLLOWOOD, Bernard. **Cornish Engineers**. Camborne: Hokman Bros.Ltd., [s.d.], p.33.

⁹ LANDES, David S. **Prometeu desacorrentado: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa Ocidental, desde 1750 até nossa época**. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994. p.157.

¹⁰ NEWELL apresenta uma literatura padrão considerada referência sobre o tema das migrações dos trabalhadores da Cornualha. Ver NEWELL, op.cit., p.163, nota 9. Um outro bom exemplo do mesmo fluxo migratório foram as maiores comunidades denominadas “New Cornwalls”. Sobre elas, ver também BLAINEY, Geoffrey. A theory of Mineral Discovery: Australia in the 19th century. **Economic History Review**, 2d ser., 23, n.2, 1970. , cap. 11.

TABELA 2
IMPERIAL BRAZILIAN MINING ASSOCIATION: MÃO DE OBRA TOTAL
1827-1838 (ANOS SELECIONADOS)

Anos	Escravos (1)	Europeus	Brasileiros	Mão de obra total	Percentual de europeus da mão obra total
1827	289	131	30	450	29,1
1828	378	125	70	573	21,8
1829	396	170	216	782	21,7
1830	nd	217	nd	nd	-
1831	392	205	-	-	-
1832	404	183	207	794	23,1
1833	405	198	173	776	25,5
1834	401 ⁽²⁾	148	102	651	22,7
1835	397	126	88	611	20,6
1836	406	118	151	675	17,5
1837	406	150 ⁽³⁾	247 ⁽³⁾	675	22,2
1838	413	148 ⁽³⁾	190	751	19,7

Fonte: Modificado de LIBBY, D. *Transformação e trabalho em uma Economia Escravista*. São Paulo: Brasiliense, 1988. p.297 e Arquivo Público Mineiro.

Nota: nd – não disponível

(1) Homens, mulheres e crianças estão incluídas.

(2) Estes registros incluem 13 escravos (entre homens, mulheres e crianças) que tinham recebido uma carta de alforria.

(3) Dados do Arquivo Público Mineiro.

TABELA 3
EMPREGADOS BRITÂNICOS EM MORRO VELHO, 1835-1950 (ANOS SELECIONADOS)

ANOS	EMPREGADOS	FORÇA DE TRABALHO TOTAL	PERCENTUAL DA FORÇA DE TRABALHO TOTAL
1835	18	64	28.0
1840	44	660	6.7
1845	65	733	8.9
1867	165	2.521	6.5
1880	108	1.327	8.1
1892	46	545	8.4
1910	148	2.524	5.9
1932	126	5.000	2.5
1950	50	5.172	1.0

Fonte: EAKIN, M.C. *British Enterprise in Brazil – The St. John d'el rey Mining Company and the Morro Velho Gold Mine, 1830-1960*. Durham: Duke University Press, 1989.p.233.

Os dados apresentados (Tabelas 2 e 3) convergem no sentido do argumento de Rosenberg de que no século XIX era comum a tecnologia ser gerada por meio da migração

de mão-de-obra qualificada.¹¹ Na mesma linha de análise, Landes, em seu “Prometeu desacorrentado”, de 1969, complementa que, em meados do mesmo século, a tecnologia ainda era essencialmente empírica e o treinamento no exercício da tarefa era, na maior parte dos casos, a forma mais eficiente de transmitir os conhecimentos¹².

Newell ressaltou que, em processos de transformação de conhecimento com êxito, os métodos do ‘*learning-by-doing*’ e ‘*bottom-up*’ exerceram um papel predominante na geração de estruturas de aumento de produtividade através da adoção de novas técnicas e modificação das técnicas já existentes. O argumento em questão, baseado nos estudos de David e Allan¹³, enfatiza a importância desse tipo de invenção nativa e localizada e também a idéia de ‘invenção coletiva’, nos seguintes termos: “*In this important nineteenth-century process, firms in an industry, such as iron and steel, collectively invent in the course of routine production and then make available to their competitors the results of their new designs and techniques*”.¹⁴ Dessa forma, é plausível inferir que a habilidade humana aprimorada e o processo de invenção coletiva podem ter sido as mais importantes fontes de novas tecnologias no século XIX.

Enquanto é difícil avaliar o impacto da ‘transmissão oral’ na mudança tecnológica das operações da mineração aurífera em Minas Gerais, pode-se concluir que o papel dos mineradores europeus e dos africanos na transmissão das técnicas foi significativo, especialmente em termos dos estágios iniciais do desenvolvimento da mineração e na propagação da tecnologia dentro de uma região específica.¹⁵ Analisando os fatores que afetam a difusão da tecnologia e sua incorporação ao processo produtivo, Rosenberg (1976) também reconhece os limites de se avaliar esse impacto, uma vez que esse conhecimento técnico inclui uma grande parte de habilidades não codificadas, isto é, não prontamente transferíveis por meio da educação formal ou da palavra escrita cuja difusão exigiria o

¹¹ ROSENBERG, N. Economic Development and the transfer of technology: some historical perspectives. **Technology and Culture**, n.4,v.11, out. 1970, p.553.

¹² LANDES, op.cit., p.158.

¹³ David e Allan apud NEWELL, 1986,op.cit., p.5.

¹⁴ Id., ibid..

¹⁵ Entretanto este valioso papel, exercido pelos mineradores cónicos, não significa necessariamente que tenham tido o mesmo desempenho ao longo do mundo. Segundo BERSTEIN, sob a onda dos investimentos britânicos nas minas mexicanas iniciada em 1824, os mesmos mineradores trazidos para os trabalhos em Pachuca tiveram um sucesso duvidoso como instrutores ou capatazes junto aos trabalhadores mexicanos independentes. Ver BERSTEIN, M. D. **The Mexican Mining Industry – 1890-1950: a study of the interaction of Politics, Economics and Technology**. Albany: State Univesity of New York, 1965. p.13.

movimento de pessoal qualificado. Citando Svernilson, ao definir *know-how* como a capacidade de usar o conhecimento tecnológico, Rosenberg (1970) assume que tal *know-how* é fundamental para uma utilização bem-sucedida da informação técnica incorporada à função de produção do economista¹⁶. E esse *know-how* foi transmitido pessoalmente no passado por ser um tipo de habilidade não codificada, adquirida pela exposição direta e participação no processo produtivo.¹⁷ Nesse contexto, a experiência britânica nas minas de carvão é também relevante para confirmar esta trajetória da transferência tecnológica. Segundo Pomeranz, muito do conhecimento, sobre como extrair e usar o carvão, foi acumulado por artesãos e não foi registrado, mesmo no século XIX. Como havia de longe menor número de registros das formas de minerar e usar o carvão para indústria na Inglaterra do que na França durante o século XVIII, a principal razão era exatamente porque as pessoas que precisavam saber os pontos chave, ou seja, os artesãos, transmitiam seu conhecimento à frente por via oral.¹⁸

Além dos mineradores europeus, seria também importante analisar a qualificação da mão-de-obra escrava nas minas de ouro em Minas Gerais. No que concerne ao papel da transmissão oral neste processo de transferência tecnológica durante anos e anos, há razão para suspeitar que esta força de trabalho já tivesse um *background* tecnológico em mineração. Desde o século XVIII, os escravos, que predominaram nesta região no auge da produção de ouro, eram originários do Sudão Central, uma região da África onde os conhecimentos da mineração e metalurgia do ouro eram altamente desenvolvidos. Para ilustrar tal questão, deve ser mencionado que muitos desses escravos já eram proeminentes ourives e ferreiros em Minas Gerais, exercendo estes ofícios legalmente.¹⁹ Esses escravos transmitiram suas habilidades e conhecimentos para seus descendentes por via oral e esse provável legado teve algum tipo de impacto no perfil da produtividade da primeira geração de companhias britânicas que tivessem contratado aquela força de trabalho no princípio do século XIX. Como RUSSELL-WOOD ressalta: “*In the history of African contributions to*

¹⁶ A função de produção descreve o máximo de produto que pode ser obtido a partir de determinadas combinações de insumos, para se atingir a eficiência econômica.

¹⁷ Ver também ROSENBERG, Nathan. **Perspectives on Technology**. New York: Cambridge University of Press, 1976. , op.cit.,p.199 e ROSENBERG,1970, op.cit., p.550-575.

¹⁸ Harris apud POMERANZ,K. **The Great divergence: Europe, China and the making of the modern world economy**. Princeton: Princeton University Press, 2000. p. 66.