

Saberes Regionais Amazônicos: do Garimpo de Ouro no Rio Madeira (RO) às Possibilidades de Inter-relação em Aulas de Química/Ciências

Wilmo E. Francisco Junior, Miyuki Yamashita e Elizabeth A. L. de M. Martines

O objetivo central deste texto é apresentar alguns aspectos sobre o processo de garimpo de ouro no Rio Madeira, estado de Rondônia, Brasil. A partir de visitas a uma draga de garimpo, foi possível conhecer o modo de trabalho e as etapas envolvidas no processo de extração do ouro. Para tanto, foram realizadas filmagens, registros de campo e entrevistas semiestruturadas. A partir disso, foram tecidas discussões acerca de aspectos histórico-sociais do garimpo, do processo de extração e separação do ouro do rio, bem como propostas para o uso do tema em sala de aula. Todas essas informações comporão um material didático audiovisual, acompanhado de sugestões complementares ao professor. Espera-se, com isso, trazer à tona conhecimentos concernentes ao processo do garimpo, os quais podem ser ponto de partida para uma educação científica que valorize a cultura regional amazônica.

► saber popular, garimpo, região Amazônica ◀

Recebido em 06/05/2012, aceito em 22/06/2013

228

A exploração dos saberes populares no contexto da educação em ciências vem sendo apontada como uma forma de valorizar o conhecimento construído por grupos sociais específicos, permitindo contextualizar o conhecimento científico a partir de uma realidade mais próxima daqueles diretamente envolvidos com tais saberes. A pretensão é que o saber escolar, em vez de abordado assepticamente e sem conexão ao contexto local dos estudantes, seja ensinado a partir do saber popular (Chassot, 2008a). Outra questão relevante nessa conjuntura é a possibilidade de (re)conhecimento sociocultural de saberes praticamente ignorados sob a ótica acadêmico-escolar vigente, possibilitando adensar discussões sobre a ciência, o seu papel na sociedade, além de aspectos históricos, preservação desses conhecimentos, entre outros. Para Chassot (2008a, p. 205):

Paulo Freire (1981) já sinalizava a respeito dos saberes trazidos pela população quando propunha a apreensão da cultura primeira dos educandos, a partir do processo de codificação temática, em que é empreendida a identificação de fenômenos, situações ou eventos de maior relevância na vida sociocultural dos sujeitos envolvidos. A experiência da situação vai se tornando objeto de reflexão, amalhando-se novos conhecimentos e novos saberes, o que culmina em uma compreensão mais crítica da própria realidade.

“A escola, não obstante, precisa aprender a valorizar os mais velhos e os não letrados como fontes de conhecimentos que podem ser levados à sala de aula”.

Tal discussão, todavia, não é recente no campo educacional. Paulo Freire (1981) já sinalizava a respeito dos saberes trazidos pela população quando propunha a apreensão da cultura primeira dos educandos, a partir do processo de codificação temática, em que é empreendida a identificação de fenômenos, situações ou eventos de maior relevância na vida sociocultural dos sujeitos envolvidos. A experiência da situação vai se tornando objeto de reflexão, amalhando-se novos conhecimentos e novos saberes, o que culmina em uma compreensão mais crítica da própria realidade. Outra proposta é a etnomatemática, cunhada por Ubiratan D’Ambrosio na década de 1970, que se configura como um programa de pesquisa em história e filosofia da matemática sem tergiversar-se da educação (D’Ambrosio, 2005).

A seção “Espaço aberto” visa abordar questões sobre Educação, de um modo geral, que sejam de interesse dos professores de Química.

Uma experiência referenciada por Pinheiro e Giordan (2010) como sendo a pioneira no âmbito da química foi a investigação de saberes associados à produção de ferro metálico em uma tribo na Uganda (Haden, 1973). No Brasil, a concatenação entre saberes populares e ensino de química está recentemente ganhando espaço no seio das pesquisas. Chassot (2008b) sinaliza uma experiência com estudantes de pedagogia que pesquisaram com pessoas de mais de 75 anos de idade os conhecimentos presentes em suas vidas há 50 ou 60 anos. O autor destaca a dimensão social dessa atividade, que promove um encontro de gerações, assim como a possibilidade de se fazer oposição ao cientificismo e ao presenteísmo. Gondim e Mól (2009), por sua vez, retratam os saberes presentes na tecelagem manual na região do Triângulo Mineiro. A partir do conhecimento do processo, perfizeram um material paradidático, inter-relacionando o saber apreendido das artesãs com o saber científico.

Já Resende et al. (2010) apresentam a produção de vinho de laranja de uma família do interior de Minas Gerais. O processo foi filmado e depois levado à sala de aula para discussão. Além de debater as etapas e os conceitos científicos nelas abarcados a partir da fala dos produtores, o vinho foi preparado pelos próprios estudantes. Venquiaruto et al. (2011) investigaram a produção artesanal de pão no Rio Grande do Sul. A partir dos conhecimentos obtidos, os autores propuseram uma série de atividades experimentais, as quais permitiram o estudo de variáveis relacionadas à produção do pão e à contextualização do conteúdo científico. Pinheiro e Giordan (2010) discutem a relação entre saber popular e etnociência na produção de sabão a partir de cinzas em Minas Gerais. Os autores também produziram um material hiperfídmia com imagens (fotografias e vídeos) e textos acerca do processo de produção de sabão para o uso em sala de aula.

Balizado pelos apontamentos tecidos é que emerge o presente trabalho acerca de saberes regionais amazônicos, nesse caso, o saber envolvido no garimpo de dragas da bacia do Rio Madeira (RO). A proposta é colocar conhecimento científico e regional em inter-relação, reconhecendo suas diferenças, mas, sobretudo, as suas especificidades que tornam um e outro conhecimento mais importante conforme os seus contextos. Para Freire (1981, p. 18), os seres humanos são “seres que, transformando o mundo com seu trabalho, criam o seu mundo. Este mundo, criado pela transformação do mundo que não criaram e que constitui o seu domínio, é o mundo da cultura que se alonga no mundo da história”.

Nesses termos, o saber originário do garimpo tem sua própria finalidade: é um saber prático originário da transformação do mundo para a extração de ouro. Esse pode ser considerado um amálgama, uma cultura híbrida de saber técnico-científico e saber experiencial. É um saber que nasce da necessidade prática da extração do ouro como trabalho. Para

[...] o saber originário do garimpo tem sua própria finalidade: é um saber prático originário da transformação do mundo para a extração de ouro. Esse pode ser considerado um amálgama, uma cultura híbrida de saber técnico-científico e saber experiencial. É um saber que nasce da necessidade prática da extração do ouro como trabalho.

isso, são empregadas ferramentas (motor, bomba de sucção) produzidas a partir do conhecimento técnico-científico que, hibridizadas ao saber experiencial daqueles que fazem o garimpo (e que não possuem formação escolar), originam ferramentas adaptadas (motor-bomba, lança de extração). Essa hibridização engendra um novo tipo de conhecimento, nem mais técnico-científico nem mais experiencial, mas híbrido em sua essência, produto de uma ação cultural humana. Novamente parafraseando Freire (2005, p. 136): “As penas são da natureza enquanto estão no pássaro. Depois que o homem mata o pássaro, tira suas penas, e transforma elas com o trabalho, já não são a natureza. São cultura”.

Assim como a pena não é mais natural, quando o homem do garimpo transforma, mediante o seu saber experiencial e o seu trabalho, o motor de caminhão e a bomba d’água (ferramentas engendradas pela cultura técnico-científica) em um motor-bomba, estes não são mais técnico-científicos, o produto cultural é agora regional. Logo, o

saber engendrado pelo garimpo está na cultura local, a amazônica, não no campo da cultura científico-tecnológica. Daí a opção pelo uso do termo saberes regionais. Saberes regionais e técnico-científicos são incomensuráveis, haja vista serem construídos e empregados sob diferentes basilares. Ao mesmo tempo, deve-se ter clareza que na proposta há a intenção da transformação dos saberes regionais em escolares. Para tanto, o saber científico é necessário, mas “intervém nas discussões não para ratificar ou validar o saber popular nem para certificar e dar crédito ao saber escolar, mas para que, usado nas mediações que se propõe, facilitar a leitura do mundo natural” (Chassot, 2008a, p. 202).

A proposta

Para a presente pesquisa, inicialmente fez-se o contato com trabalhadores de uma draga de garimpo a fim de conhecer o processo, bem como explicitar os objetivos da proposta e tudo o que seria realizado. Após a anuência da equipe de trabalhadores, ocorreu nova visita ao garimpo para a coleta de dados. Foram utilizadas videografações de todas as etapas do processo de garimpagem, entrevistas semiestruturadas, assim como registros de campo, visando apreender os procedimentos empregados e demais aspectos relacionados.

A partir do material coletado e do conhecimento acerca do processo de extração de ouro, foi produzido um material audiovisual, que se encontra atualmente em fase final de edição, ao qual foram acrescidos experimentos, propostas pedagógicas e indicações de leituras, com o objetivo de inter-relacionar os saberes popular e científico. Neste trabalho, que representa um adensamento de aspectos teóricos do material audiovisual, será apresentado um breve contexto histórico-social da exploração aurífera no Rio Madeira, as etapas que constituem o processo



Figura 1: Troncos de árvores que descem o leito do Rio Madeira nos períodos de cheia.

de garimpo, bem como propostas de atividades na tentativa de que alguns conhecimentos científicos escolares possam ser ensinados com base nos saberes relacionados ao garimpo.

O garimpo em Rondônia: um breve contexto histórico-social

O Rio Madeira, cujo nome se deve aos troncos de árvores que descem seu leito após serem arrancados das margens no período de cheia (Figura 1), tem aproximadamente 3.315 km de extensão, sendo o terceiro maior rio do país e o principal afluente do Rio Amazonas. Seu volume d'água e sua forte correnteza foram decisivas para a implantação de duas grandes usinas hidrelétricas (Santo Antônio e Jirau). No entanto, antes das usinas, o Rio Madeira ficou conhecido no país pela exploração de ouro em sua bacia, que ganhou propulsão no início da década de 1980 e atraiu milhares de pessoas. No auge da exploração, um dia de trabalho no garimpo chegava a render 1 kg de ouro (Santos, 2009), o que em moeda corrente corresponderia a algo em torno de R\$ 9.000,00/dia. Junto aos sonhos, muitas histórias de sucessos e a constituição de um modo de vida peculiar em torno da atividade garimpeira. Os trabalhadores, por exemplo, permanecem em média 30 dias no rio em cima da draga. Para isso, a estrutura e a logística de uma draga abarcam mantimentos, cozinha, dormitórios, TV, telefone, entre outros. O pesado trabalho é interrompido por cerca de sete dias na cidade para rever familiares, amigos e até mesmo buscar materiais ou comida necessários ao trabalho. No início, a grande maioria foi impulsionada pela rentabilidade proporcionada pelo garimpo:

“A gente começou por causa do ganho, aí foi ficando. Com o passar do tempo, nós não temos estudo, não tem como fazer outra coisa que ganhe algo próximo.”

Por não terem formação escolar (apenas um dos garimpeiros possuía ensino médio completo e nenhum curso técnico ou profissionalizante) e na falta de outra forma de trabalho que tenha a mesma renda, os garimpeiros permaneceram e foram se constituindo pela atividade garimpeira não somente como meio de subsistência. Para Ronaldo, um dos garimpeiros da draga visitada, o modo de subsistência, talvez

pela renda e por ser o único, faz com que sua relação com o garimpo seja uma simbiose tal que ele não se vê fora dali.

“Comecei trabalhar no garimpo em 1990, depois parei por uns dois anos, mas senti falta. Hoje não vejo minha vida fora daqui. É uma espécie de vício.”

No entanto, apesar da renda e da relação com o trabalho em si, as dificuldades fazem alguns quererem sair deste modo de vida, conforme revela Ari, garimpeiro há 25 anos:

“[...] pretendo sair esse ano, se Deus quiser, pretendo abandonar essa vida. Não pelo trabalho, que dá uma renda razoável, mas pelo tempo que a gente fica fora de casa, longe da família. A gente fica muito tempo, mas tem que ficar, porque se não ficar não (pausa). A profissão é essa, você não pode ficar dois, três dias, e ir embora, porque a gente ganha por comissão. Se a draga produz, a gente ganha, se ela não produz, a gente também não ganha nada.”

No início da exploração do ouro na região, também se constituiu um comércio exploratório no entorno do garimpo. Pequenas mercearias, bares e casas de prostituição flutuantes rapidamente se espalharam pela região. Tudo pago em ouro (Santos, 2009). Os garimpeiros ganhavam substancialmente, sobretudo aqueles que trabalhavam em grandes dragas. Ainda hoje, o ganho é relativamente bom (em torno de R\$ 12.000,00 ao mês). Entretanto, como esclarece Ari, além do tempo longe da família, o ganho também é acompanhado de outros desafios, que contribuem para a sua vontade de deixar o garimpo:

“A falta de segurança. A gente não tem segurança nenhuma no garimpo. A gente se chegar a se machucar, não tem um seguro de vida. A gente não tem (pausa). Se chegar a quebrar um braço, uma perna, tem que ter recurso próprio, porque caso contrário não tem (pausa). Se quiser pagar o INSS, tem que pagar por livre vontade.”

Além desses desafios, quem potencialmente enriqueceu/enriquece com o garimpo são aqueles que se tornaram donos de draga. Responsável pelo investimento inicial de fabricação da draga (estimado em R\$ 600.000,00), este fica com cerca de 80% do ouro extraído e também é responsável pela manutenção da draga, o que inclui os mantimentos, o pagamento da cozinha e os gastos com reparos e ajustes.

Com o tempo, modificações significativas no garimpo vieram: dentre elas, a quantidade de ouro extraído diariamente, que dificilmente passa de 100 gramas/dia em uma grande draga, e os problemas ambientais. Estima-se, por exemplo, que a prospecção aurífera de ouro no Rio Madeira tenha lançado no ambiente de 200 a 300 toneladas de mercúrio em 10 anos de funcionamento (Malm et al., 1997). Modificações na tecnologia empregada, especialmente nas dragas, também foram importantes, diminuindo consideravelmente tanto o

uso do mercúrio quanto a contaminação dos garimpeiros e do ambiente.

Diferentemente de outras regiões onde o ouro se encontra geralmente associado a alguns minerais ou mesmo no formato de pepitas, no Rio Madeira, a disponibilidade do metal é na forma de pequenas fagulhas, fato que exige tecnologias diferenciadas para o garimpo, inclusive a necessidade de uso do mercúrio. Foi a necessidade de explorar o ouro no formato de pequenas fagulhas que impulsionou a utilização das dragas para o garimpo, a partir de equipamentos originários do saber científico-tecnológico e da experiência dos sujeitos em modificá-los conforme suas necessidades. Logo, no que se refere aos termos operacionais, os saberes envolvidos no garimpo são basicamente fruto da experiência, construídos na relação com o outro no mundo e sendo apropriados conforme a necessidade prática.

Étapas envolvidas no garimpo com dragas de lança

Antes da extração propriamente dita, é realizada uma espécie de prospecção do sedimento do rio com a finalidade de delinear a região na qual ocorrerá a exploração. Para isso, é utilizada uma sonda a partir da qual se obtêm dados acerca da profundidade (Figura 2A). Caso a profundidade permita a exploração, a draga é “apoiada”. De forma geral, a profundidade de exploração ficava em torno de 15 a 20 metros.



Figura 2: Sonda utilizada para análise da profundidade do rio, marcando 25,1 m no dia (A). Garimpeiro verificando a presença de fagulhas de ouro (B).

Com o represamento de águas para as usinas hidrelétricas, a profundidade do rio chega a 30 metros, o que exigiu adaptações para o aumento do comprimento das lanças de extração.

Em seguida os garimpeiros iniciam o bombeamento da água e sedimento do fundo do rio para uma amostragem, a partir da qual verificam a presença ou não de fagulhas de ouro (Figura 2B). Em caso positivo, é iniciado efetivamente o processo de extração, que envolve basicamente cinco etapas, estando todas elas associadas a aspectos físico-químicos. De forma simplificada, pode-se dizer que a garimpagem é um megaprocesso de extração e purificação do ouro, na qual se parte de toneladas de matéria-prima (água e sedimento do rio) para se chegar a gramas do produto final (o ouro).

“A gente trabalha com o motor-bomba [...]. No início, tem a ponta da lança, que nós chamamos de maraca, ele quebra o material. Esse motor-bomba suga o material, aí joga nas caixas, onde tá os carpetes. Esse carpete vai segurar o material grosso, o ouro com o cascalho.”

A primeira etapa do processo de extração, que se configura pela sucção do material do rio, é denominada de *mandada*. Nesta, uma lança de sucção (espécie de furadeira acoplada a uma bomba de sucção), que varia de 20 a 30 metros de comprimento (Figura 3), revolve o fundo do rio, quebrando rochas e outros materiais mais duros ali presentes, ao mesmo tempo em que suga o material lamacento do fundo do rio (uma mistura de água, cascalho e terra na qual também estão contidos ouro e mercúrio) para a draga. A mistura de sedimento bombeada passa, então, pelo gradeamento (Figura 4), no qual pedras maiores e outras impurezas ficando retidas. Em seguida, a mistura escorre sobre carpetes ligeiramente inclinados (Figura 4). Devido à densidade do ouro, este (e também muita terra) fica retido nas fibras do carpete por sedimentação. O tempo do processo de *mandada* é variado, mas em geral dura 24 horas seguidas.



Figura 3: Lança de sucção, responsável por revolver o sedimento e bombear a mistura de água e areia para a draga.

Há todo momento, o processo exige um operador da lança (Figura 5), que continuamente vai britando a maraca (espécie de broca presente na ponta da lança) no fundo do rio para revolver o sedimento. Os operadores se revezam



Figura 4: Água passando pelo gradeamento (parte superior) e escorrendo pela caixa com os carpetes (parte inferior).



Figura 5: Garimpeiro operando a lança para a sucção do material do leito do rio.



Figura 6: Garimpeiro recolhendo e enrolando os carpetes utilizados para a retenção do ouro (A) e dispondo os novos carpetes para reiniciar o processo de bombeamento (B).

durante o turno. Em média, cada operador trabalha durante quatro horas por dia no controle da lança.

Após as 24 horas ininterruptas de mandada, chega-se a um único momento em que o motor da draga é desligado e o silêncio impera, iniciando-se o chamado processo de *despescagem*, que consiste na retirada do ouro dos carpetes. Rapidamente os garimpeiros retiram e enrolam os carpetes utilizados para a retenção do ouro (ou pescagem), substituindo-os por carpetes secos (Figura 6). São apenas cerca de 30 minutos com o motor desligado e a mandada inicia novamente. Em seguida, passa-se à *batida dos carpetes*. Após a retirada dos carpetes empregados para a *pescagem* do ouro, estes são literalmente batidos, o que ocorre na mesa resumidora (Figura 7A).

“A gente lança os carpete aqui em cima, aí a água vai jogando aqui (aponta para a mesa resumidora) e, em duas pessoas, nós vamos batendo, o ouro vai concentrando nesse carpete aqui e continua concentrando nesse outro aqui debaixo (canaletas inferiores). Esse processo todo dura em média uns 45 minutos.”

Utilizando água, os carpetes são sacudidos intensamente, de modo que o fino pó dourado se desprenda das fibras e escorra pela mesa. Esse processo consiste basicamente em retirar o ouro dos aproximadamente 50m² de carpete por onde a água escorreu durante o processo de mandada, deixando-o



Figura 7: Batida dos carpetes na mesa resumidora para a retirada do ouro retido (A). Canaletas menores revestidas com carpete para a concentração do ouro após a batida inicial (B).



Figura 8: Ouro extraído que já pode ser visto durante a batida dos carpetes.



Figura 9: Nova batida de carpetes para a redução da quantidade de areia junto ao ouro.

agora retido em pequenas tiras de carpete presentes em canaletas na extremidade inferior da mesa resumidora (Figura 7B). Durante a batida, já é possível observar claramente a presença do ouro (Figura 8) extraído do rio. Após terminarem a batida dos carpetes, o ouro fica agora retido em carpetes menores. Estes são também batidos em um tanque adaptado (Figura 9), que funciona para reduzir a quantidade de areia junto ao ouro, concentrando-o em uma porção menor. A etapa seguinte envolve o processo de *amalgamação*.

“Depois tudo isso, vai pro azougador, o que nós chamamos de azougador, onde vai separar o ouro da areia. Depois é queimado.”

A mistura, ainda lamacenta de água e terra contendo o ouro, é colocada em um tambor que permanece sob agitação em torno de duas horas. O bateamento vem em seguida, onde o volume, de cerca de 30 litros é reduzido drasticamente, conforme sequência de imagens (Figura 10), em um processo que vai gradativamente eliminando a água e a terra até se reduzir à amálgama de mercúrio e ouro em estado sólido. Finalmente, a mistura sólida é queimada, não mais ao ar livre tal qual antigamente, mas num *cadinho*, que é basicamente uma retorta (Figura 10D). Ao se aquecer a mistura, o mercúrio é evaporado dentro do sistema. A Figura 11 ilustra uma retorta idêntica às empregadas pelos garimpeiros, na qual o vapor atravessa um tubo metálico, espécie de condensador,



Figura 10: Fases de bateamento (A: em tambor; B: em balde; C: em cuia) para redução da quantidade de água e eliminação da areia junto ao ouro, que é purificado ao fim do processo (D). Durante o bateamento, o garimpeiro agita o recipiente em movimentos circulares, fazendo com que a água seja gradativamente eliminada pelo transbordamento.

sendo recolhido novamente no estado líquido em um recipiente contendo água, que não permite a volatilização do metal. Todo o sistema é fechado (Figura 11), o que diminui drasticamente a contaminação com mercúrio dos garimpeiros e do ambiente. O ouro é então pesado, para a avaliação do rendimento do dia, e guardado em um cofre.

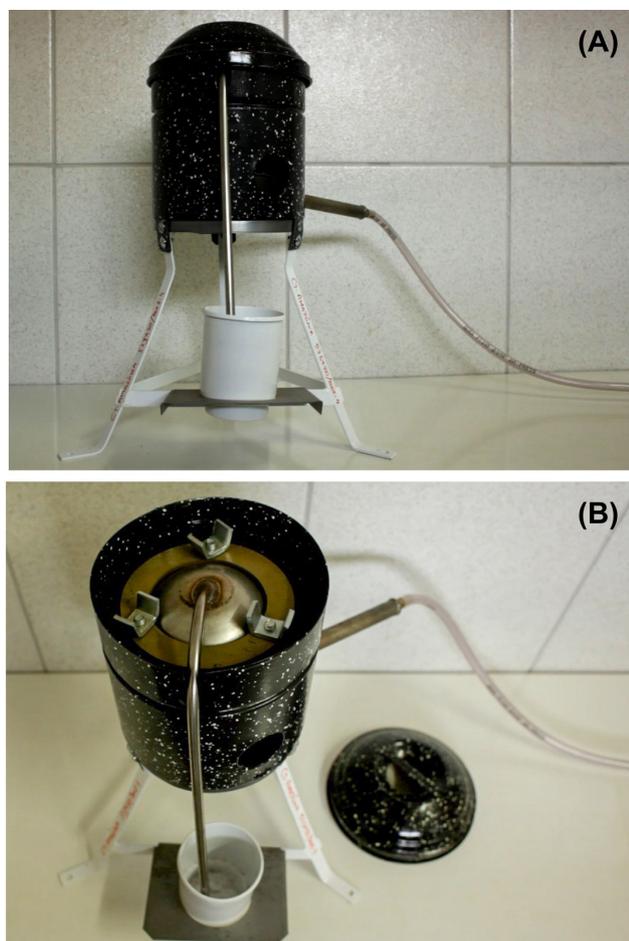


Figura 11: Sistema fechado idêntico ao utilizado para o aquecimento da amálgama e posterior separação do mercúrio do ouro. Vista frontal (A) e superior (B).

Possibilidades de inter-relação com aulas de química (ciências)

A inter-relação entre o saber regional e o saber científico foi o principal objetivo desde o início do trabalho. Para tanto, faz-se a necessidade de explorar os aspectos científicos do garimpo, não com o intuito de sobrepujar um ao outro, mas de mostrar os dois vieses de explicação. Além disso, o garimpo configura-se como tema gerador, o que lhe permite iniciar outras discussões.

A primeira etapa do processo de garimpo possibilita a introdução de processos de separação de misturas. O gradeamento, que é a passagem da mistura de água e sedimento do rio pela grade (processo similar ao que ocorre no tratamento de água) pode ser empregado para a introdução do processo de filtração.

Após passar pela grade, a mistura escorre pelo carpete, no qual ficam retidas as partículas mais densas, inclusive

as fagulhas de ouro. A partir disso, é possível discutir os processos de sedimentação e decantação, além de densidade. O professor pode simular o processo com base em um experimento com mistura de água, areia e limalha de ferro ou cobre. Após agitação da mistura, esta pode ser filtrada ou escoada por um plano inclinado revestido por um pedaço de carpete. A limalha de metal pode ser separada da areia utilizando-se um ímã (separação magnética). Uma questão a ser problematizada com isso é por que os garimpeiros não empregam a separação magnética? Questões interdisciplinares relacionadas à física (Por que alguns metais são atraídos por ímãs e outros não? Por que o uso de carpetes e não de uma superfície lisa? Qual propriedade faz com que ouro e terra sedimentem no carpete?) têm sua vez para o estudo de temas como magnetismo, atrito e densidade.

Uma variação desse experimento seria aguardar a sedimentação da porção sólida da mistura de água, areia e limalha de ferro ou cobre. A água sobrenadante pode ser vertida para outro recipiente ou sifonada (sifonação), caracterizando o processo de separação. A limalha de metal também pode ser separada da areia utilizando-se um ímã (separação magnética). Entretanto, o professor pode apresentar o experimento numa perspectiva investigativa, na qual os estudantes propõem os métodos de separação e procedimentos a serem utilizados.

A última etapa da extração do ouro, que consiste na separação do mercúrio amalgamado, tem por base o mesmo princípio da destilação simples. A destilação simples é um processo de separação de misturas homogêneas pautada na diferença de pressão de vapor dos constituintes da mistura. No caso do amálgama entre ouro e mercúrio, esse último possui pressão de vapor relativamente alta para um metal, o que lhe confere a menor temperatura de ebulição entre os metais. Com o aquecimento, o mercúrio evapora-se, resultando na separação do ouro. Um sistema análogo de água e sal pode ser utilizado para simular a separação de ouro e mercúrio. Um sistema de destilação alternativo, tal qual o proposto por Beltran e Ciscato (1991), pode ser empregado no processo. É importante sublinhar, no entanto, algumas diferenças entre os dois sistemas, especialmente em termos (sub)microscópicos. Na solução de água e sal, as partículas constituintes do sistema são os íons e as moléculas de água. Já o amálgama é formado por átomos dos metais. Enquanto na solução aquosa, o modelo para o arranjo (sub)microscópico é marcado por interações íon-dipolo e pela maior agitação das partículas, no amálgama, as partículas formam um retículo cristalino, resultando em maior rigidez e menor entropia.

A questão do uso do mercúrio no processo de extração do ouro é controversa, sobretudo devido à sua toxicidade. A rigor, o uso de mercúrio é proibido na extração de ouro, salvo em casos nos quais a atividade é autorizada pelo órgão ambiental competente. Não obstante a redução do uso de mercúrio no garimpo, sua autorização para uso é de difícil concessão, o que faz com que muitas dragas operem irregularmente no Rio Madeira. Isso traz uma incoerência sob a lógica legal, pois o processo de extração pode ser liberado, mas não o é em alguns casos.

De qualquer forma, a questão do mercúrio pode ser um mote tanto para discussões dos aspectos de ordem ética, legal, social e econômica, quanto do ponto de vista da química, biologia, geografia e geologia. O ciclo do mercúrio no ambiente é complexo e pouco esclarecido, cingindo processos químicos, físicos e biológicos, além da geologia da região.

O mercúrio pode se apresentar na forma inorgânica, sob a espécie metálica (Hg^0), de íon mercurioso dimérico (Hg_2^{2+}) (pouco estável em ambientes naturais) e de íon mercúrico (Hg^{2+}). O íon Hg^{2+} é facilmente metilado, formando o metilmercúrio (CH_3Hg^+) e o dimetilmercúrio ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$), espécies químicas mais tóxicas. O processo de metilação é favorecido em ambientes levemente ácidos, com elevado teor de matéria orgânica e presença de bactérias, sendo mais intenso em meios anaeróbios por meio de bactérias sulfato-redutoras (Lacerda; Malm, 2008). Esse é justamente o ambiente encontrado em áreas profundas e relativamente paradas do Rio Madeira. A forma de metilmercúrio é incorporada pelos peixes e sofre processo de biomagnificação durante a cadeia alimentar, sendo o consumo de peixes, em especial os carnívoros (que se encontram no topo da cadeia), a principal fonte do metal em humanos.

No organismo humano e de mamíferos em geral, a forma química organificada, de metilmercúrio, por ser lipossolúvel, interage com a porção lipídica das membranas celulares, o que lhe confere alta mobilidade e fácil incorporação às células nervosas, concentrando-se nos rins, fígado e sistema nervoso central. Também ocorrem interações com proteínas e moléculas biológicas ricas em sulfidrilas. Dessa forma, o elemento atua como inibidor enzimático, inativando proteínas e resultando em danos irreversíveis ao sistema nervoso central. No cérebro, sua atuação é acentuada, atingindo principalmente as áreas do cerebelo ligadas às funções sensoriais, visuais, auditivas e de coordenação motora. Os sintomas de intoxicação por mercúrio são vômitos frequentes, disfunção motora e degeneração dos sentidos e, em casos agudos, paralisia, coma e morte (Silveira et al., 1998).

Há anos, a queima do amálgama era realizada em recipiente aberto, o que agravava o problema, haja vista a liberação de vapor de mercúrio ao ambiente. Esse vapor trazia sérios prejuízos ambientais e de saúde aos próprios garimpeiros que o inalavam. Há vídeos disponíveis (www.youtube.com) os quais permitem a visualização das plumas de dispersão de vapor de mercúrio sob lâmpadas UV. Pela sua fácil absorção nos alvéolos pulmonares, o mercúrio entra para a circulação sanguínea se alojando nas células. Na atmosfera, o mercúrio metálico pode ser oxidado para Hg^{2+} pelo ozônio ou outros oxidantes atmosféricos, inclusive oxigênio, podendo se complexar a íons como o cloreto (HgCl_2) e se depositar em águas e no solo mediante as chuvas (Bisinoti e Jardim, 2004). No caso da liberação de mercúrio para a água, a forma metálica é oxidada pela matéria orgânica, em condições aeróbias, a íon mercúrico, que posteriormente pode sofrer metilação. A presença de oxigênio, nitrato, nitrito, íons férrico, sulfato, enxofre, dióxido de carbono e bicarbonato também favorece o processo (Bisinoti e Jardim, 2004).

Por um longo tempo, creditava-se ao garimpo o alto teor de mercúrio da região amazônica, em especial a região do Madeira. No entanto, estudos sobre a geologia da região demonstram que o teor de mercúrio no solo e sedimento é considerável. Nesse caso, os fatores antropogênicos como o desmatamento, as queimadas, a inundação de grandes áreas para reservatórios que abastecerão as usinas hidrelétricas encerram papel fulcral na biodisponibilização do mercúrio para metilação e entrada na cadeia alimentar dos peixes, o que pode levar a resultados imprevisíveis de contaminação. A erosão, a lixiviação do mercúrio presente nos solos e a sua consequente reemissão para a atmosfera mantêm a alta concentração do elemento no ecossistema, mesmo após a diminuição do garimpo de ouro (Lacerda; Malm, 2008). Segundo Lacerda e Malm (2008), o desmatamento com o intuito de expandir a área agropecuária poderia ser responsável pela manutenção das elevadas concentrações de mercúrio ainda verificadas. Assim, é preciso um olhar mais crítico para o garimpo e outros processos histórico-sociais que afetaram, afetam e afetarão a região.

Muitos outros aspectos, que serão aqui apenas sinalizados, podem originar discussões de conteúdos científicos, justificando o garimpo como tema gerador. As propriedades metálicas como condutividade, maleabilidade e ductibilidade podem ser exploradas. A abordagem da maleabilidade e ductibilidade pode adquirir um aspecto concreto a partir do trabalho dos ourives. Uma visita a joalherias que permitam observar esse trabalho pode ser proveitosa.

A matemática também pode se fazer presente com temas como porcentagem e relações diretamente proporcionais trabalhadas, por exemplo, a partir da massa de ouro obtida em um dia de trabalho e da conversão desta a partir do valor de mercado do metal.

As questões histórico-sociais do surgimento e da exploração atual do garimpo, as condições de trabalho e o modo de vida dos garimpeiros são temas profícuos para uma exploração interdisciplinar que envolva a sociologia, a filosofia, a história e a geografia, por exemplo. Nos moldes atuais, é possível recuperar o mercúrio utilizado, fato que praticamente extingue a contaminação. Com isso, não seria mais adequado incentivar a exploração legal, fiscalizando seu uso ao invés de proibi-lo?

É necessário romper alguns paradigmas, tal qual o paradigma inconcuso de que o garimpo trouxe exclusivamente problemas ambientais. Tal visão é, no mínimo, unilateral e bastante limitada sobre o que é/foi ou representa/representou o garimpo para a região e para os homens que dele vivem. Quem se preocupa com seus modos de vida? Com suas condições de trabalho? Quem realmente lucra com a extração do ouro? Seria o garimpo apenas um vilão ou outras forças e poderes estiveram/estão em cena? E aqueles que anseiam a aquisição de objetos de ouro, por vaidade ou *status* social, não são tão responsáveis por todas essas questões? Tais indagações necessitam de um novo olhar a fim de proporcionar uma reflexão mais acurada que busque se aproximar da realidade amazônica.

Considerações finais

Espera-se com este trabalho trazer à tona conhecimentos concernentes ao processo do garimpo, os quais podem ser ponto de partida para uma educação científica que valorize a cultura regional, fortalecendo a identidade amazônica para aqueles que aqui vivem e ampliando os horizontes daqueles que aqui nunca estiveram. Os saberes aqui relatados, amalgamados, no sentido químico do termo, aos conhecimentos científicos, possibilitam a discussão de aspectos amplos que vão além da química, mas amiúde são desconsiderados durante a escolarização.

Por último, vale a ressalva que tais conhecimentos são tão ou mais importantes, sob o prisma do modo de vida dos garimpeiros, do que os saberes científicos a eles intrincados. Isso acontece de tal maneira que é insuficiente analisá-los à luz da ciência. É premente entendê-los como integrantes da cultura local. Indubitavelmente, ao se fazer, a partir destes, saberes escolares, não se pode prescindir da confluência de todos os vieses. Nesse caso, o saber científico pode (e deve)

ser utilizado para facilitar a compreensão do tema e seus desdobramentos.

Agradecimento

Ao CNPq, processo 575471/2008-5 do Edital MCT/CNPq/CT-Amazônia 055/2008.

Wilmo Ernesto Francisco Junior (wilmojr@bol.com.br), bacharel e licenciado em Química pelo Instituto de Química da UNESP de Araraquara, mestre em Biotecnologia pelo IQ-UNESP, mestre em Educação (Metodologia de Ensino) pela UFSCar, doutor em Química (Educação Química) pelo IQ-UNESP, é professor da UFAL/Campus Arapiraca. Arapiraca, AL – BR. **Miyuki Yamashita** (miyyama@gmail.com), bacharel em Química pela Universidade Estadual de Londrina – UEL, mestre em Química pela UFSCar, doutora pela UNICAMP, é professora da Universidade Federal de Rondônia e atua como coordenadora do PIBID área de Química. Porto Velho, RO – BR. **Elizabeth Antônia Leonel de Moraes Martines** (bethmartines@gmail.com), graduada em Biologia e licenciada em Ciências, mestre e doutora em Psicologia Escolar e do Desenvolvimento Humano pela Universidade de São Paulo (USP), é professora do Departamento de Biologia da UNIR e líder do grupo de pesquisa EduCiência. Porto Velho, RO – BR.

Referências

BELTRAN, N. O.; CISCATO, C. A. M. *Química*. Coleção Magistério 2º grau. São Paulo: Cortez, 1991.

BISINOTI, M. C.; JARDIM, W. F. O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente. *Química Nova*, v. 27, n. 4, p. 593-600, 2004.

CHASSOT, A. *Sete escritos sobre educação e ciência*. São Paulo: Cortez, 2008a.

_____. Fazendo educação em ciências em um curso de pedagogia com inclusão de saberes populares no currículo. *Quím. nova esc.* – São Paulo-SP, BR., n. 27, p. 9-12, 2008b.

D'AMBRÓSIO, U. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. *Educação e Pesquisa*, v. 31, n. 1, p. 99-120, 2005.

EXPERIÊNCIA com vapores de mercúrio. Bowling Green State University. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=2IMnNnLVnBM>>. Acesso: abr. 2013.

FREIRE, P. *Ação cultural para a liberdade e outros escritos*. 5. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1981.

_____. *Educação como prática da liberdade*. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

GONDIM, M. S.; MÓL, G. S. Saberes populares e ensino de ciências: possibilidades para um trabalho interdisciplinar. *Quím. nova esc.* – São Paulo-SP, BR., n. 30, p. 3-9, 2009.

HADEN, J. Iron and education in Uganda. *Education in Chemistry*, v. 10, n. 2, p. 49-51, 1973.

LACERDA, L. D.; MALM, O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 173-190, 2008.

MALM, O.; GUIMARÃES, J. R. D.; CASTRO, M. B.; BASTOS, W. R.; BRANCHES, F. J. P.; PFEIFFER, W. C.; VIANA, J. P.; SILVEIRA, E. G. Mercúrio na Amazônia: evolução da contaminação ambiental e humana. *Ciência Hoje*, v. 22, n. 128, p. 16-23, 1997.

PINHEIRO, P. C.; GIORDAN, M. O preparo do sabão de cinzas em Minas Gerais, Brasil: do status de etnociência à sua mediação para a sala de aula utilizando um sistema hipermídia etnográfico. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 2, p. 355-283, 2010.

RESENDE, D. R.; CASTRO, R. C. e PINHEIRO, P. C. O saber popular nas aulas de química: relatos de experiência envolvendo a produção de vinho de laranja e a sua interpretação no ensino médio. *Quím. nova esc.* – São Paulo-SP, BR., v. 32, n. 3, p. 151-160, 2010.

SANTOS, G. C. *Garimpo de ouro do Rio Madeira em Rondônia: eu estive lá!* 2. ed. Porto Velho: SENAC Rondônia, 2009.

SILVEIRA, E. G.; GALI, P. A. S.; BARBOSA, R. V.; BRAGA, I. C. O mercúrio nos garimpos de ouro do Rio Madeira/RO. *Presença (Porto Velho)*, v. 5, n. 12, p. 40-46, 1998.

VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; VANZETO, J.; DEL PINO, J. C. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: um estudo envolvendo a produção artesanal do pão. *Quím. nova esc.* – São Paulo-SP, BR., v. 33, p. 135-141, 2011.

Para saber mais

SOUZA, J. R.; BARBOSA, A. C. Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia. *Quím. nova esc.* – São Paulo-SP, BR., v. 12, p. 3-7, 2000.

Abstract: Knowledge from Amazonic region: from gold mining on the Madeira River/RO to possibilities of interrelation with chemistry/science classrooms. The central goal of this paper is to describe some aspects of the gold mining process on the Madeira River, state of Rondonia, Brasil. From visits in a drag boat, it was possible to know way of working and steps concerned with the gold extraction. Thereby, video recordings, field notes and semi structured interviews were carried out. From these, it was discussed mining sociohistorical aspects, gold separation process from the river as well as possibilities to insert this theme in the classrooms. That information will compose a didactic audiovisual material with complementary suggestions for teachers. It is expected to bring out gold mining knowledge as a starting point for a scientific education that value Amazonic regional culture.

Keywords: folk knowledge, gold mining, Amazonic region.