

Metalurgia do ferro em África: A Lei 10.639/03 no Ensino de Química¹

Antônio C. B. Alvino, Aliny G. Silva, Geisa L. M. Lima, Marysson J. R. Camargo, Marilene B. Moreira, Anna M. C. Benite

Este artigo versa sobre a implementação da Lei n. 10.639/2003 no ensino de química. Apresentamos as contribuições dos povos africanos e da diáspora para desenvolvimento da metalurgia brasileira. Foram autores desta investigação 29 estudantes do ensino médio, com idade entre 14 e 20 anos e 8 professores/as de química em formação inicial e continuada. A investigação foi registrada em áudio e vídeo, transcrita e analisada segundo os critérios da análise da conversação. Nossos resultados demonstram possibilidades de ensinar química a partir de uma abordagem epistêmica de matriz africana.

► tecnologia africana, Lei n. 10.639/2003, ferro ◀

Recebido em 05/08/2020, aceito em 05/12/2020

1

Segundo Paiva (2002), os ferreiros africanos escravizados estavam no controle de toda a cadeia de produção metalífera no Brasil Colônia: na seleção dos minérios de ferro e ouro, na fundição do minério, na construção dos fornos, na manufatura dos combustíveis, na forja do ferro e na confecção de ferramentas (enxadas, facão, foice, machado, etc.) (Pena, 2004; Albuquerque e Fraga Filho, 2006).

Para Cunha Júnior (2015), muitos/as negros/as ocuparam cargos de destaque nas colônias americanas. Assim, falar de africanos/as ou negros/as brasileiros/as apenas como pessoas escravizados/as representa um processo de desumanização dos/as mesmos/as. Defendemos que importa resgatar os conhecimentos de matriz africana que contribuíram para o desenvolvimento da química, especificamente, da metalurgia.

De acordo com Pena (2004) e Paiva (2002), as bases epistemológicas que possibilitaram o desenvolvimento e aperfeiçoamento da metalurgia brasileira foram traficadas do continente africano. Não há registros de que Portugal tenha enviado ao Brasil Colônia engenheiros, geólogos, químicos ou pessoas com conhecimentos técnicos para identificar os

minérios de ferro ou ouro e praticar arte metalúrgica, extração do ferro ou ouro (Pinheiros, 2019).

O tráfico negreiro pelo Atlântico obedeceu a demandas específicas. Por exemplo, as pessoas que dominavam a tecnologia de mineração eram capturadas em África e enviadas escravizadas para as minas de ouro do Brasil e, dessa forma, os conhecimentos africanos sobre metalurgia foram cruciais para a prática de mineração (Paiva, 2002; Pena, 2004; Cunha Júnior, 2015).

Chirikure (2014) relata que os/as africanos/as utilizavam a fundição deliberada para produzir metais como o cobre desde o sexto milênio antes da era cristã. As

civilizações africanas começaram a produzir (extrair, purificar e separar) o ferro entre o terceiro e o segundo milênio antes da era cristã. Na Antiguidade e na era pré-industrial, os ferreiros africanos extraíam o ferro por um processo denominado de florescimento (Chirikure, 2014). Nessa técnica, uma mistura de minério de ferro (os óxidos, magnetita [Fe₃O₄] e hematita [Fe₂O₃]), carvão mineral e calcário eram queimados dentro dos fornos de argila (Figura 1A – Forno pré-industrial), produzindo ferro gusa e escória. A combustão do carvão aquecia o forno até formar vapores de minério de

[...] falar de africanos/as ou negros/as brasileiros/as apenas como pessoas escravizados/as representa um processo de desumanização dos/as mesmos/as. Defendemos que importa resgatar os conhecimentos de matriz africana que contribuíram para o desenvolvimento da química, especificamente, da metalurgia.

ferro, que difundiam no interior do forno onde o óxido de ferro era reduzido, formando o ferro metálico (Chirikure, 2014).

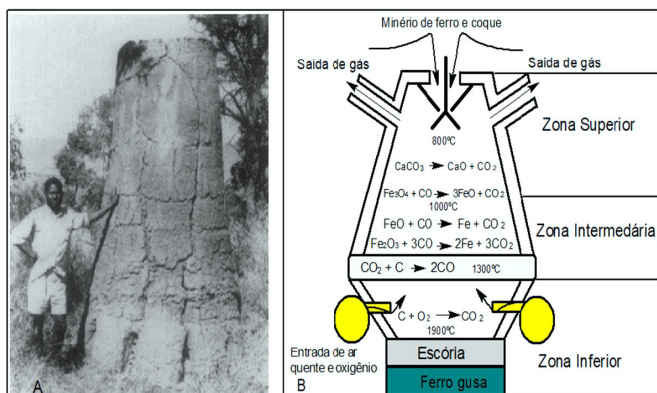


Figura 1: Imagem A: foto de um ferreiro africano na Tanzânia. Fonte: (Benite et al., 2016). imagem B: esquema que representa um forno de mineração (adaptado de Atkins e Jones, 2012).

Durante a combustão do carvão era formado o gás monóxido de carbono (CO), responsável pela redução dos minérios férrico e ferroso ao Fe^0 . Assim, o ferro metálico era produzido após uma série de reações químicas que ocorriam dentro do forno de mineração, conforme ilustra a figura 1-B. As reações de redução do ferro dependiam da proporção adequada de monóxido de carbono/dióxido de carbono (CO/CO_2), vapor de minério e oxigênio. Se a concentração (ou a proporção) de CO/CO_2 fosse muito baixa, no interior do forno, a redução do minério poderia não acontecer (Chirikure, 2014).

Segundo Chirikure (2014), a produção bem-sucedida do ferro na Antiguidade ou na era pré-industrial exigiu um ambiente redutor (atmosfera redutora) e o controle de temperatura, uma vez que as reações de redução do ferro ocorrem em temperaturas elevadas. Um forno de mineração pode ser fracionado em diferentes zonas de temperatura, como ilustra o esquema da Figura 1B (Atkins e Jones, 2012).

O tamanho e o formato alongado dos fornos (Figura 1) favoreciam a produtividade, a retenção de calor e o fracionamento do forno em diferentes faixas de temperaturas, que ajudava a sustentar as reações de redução do minério e oxidação do combustível (Pena, 2004). Também a composição química da argila utilizada na confecção de fornos contribuía para a produtividade do processo. Os ferreiros africanos utilizavam um material cerâmico (refratário) que proporcionava retenção de calor no interior do forno (Pena, 2004; Chirikure, 2014).

Os requisitos essenciais que garantiam a produção de ferro na Antiguidade ou na era pré-industrial incluíam a

qualidade do minério, estrutura dos fornos, manufatura do combustível, controle de temperatura e atmosfera redutora (Chirikure, 2014), o que evidencia que os/as africanos/as tinham conhecimentos sobre transformações da matéria, engenharia de fornos, geologia, química de materiais, arquitetura e controle de temperatura (Pena, 2004).

Este artigo é resultado de uma série de intervenções pedagógicas (IPs) desenvolvidas pela parceria entre uma Instituição de Ensino Superior (IES), um colégio público federal e um coletivo negro de professores/as de química. Uma intervenção pedagógica é compreendida, neste texto, como um conjunto de ações docentes, planejadas e elaboradas para intervir na realidade escolar visando facilitar o processo de aprendizagem.

Neste artigo as intervenções exploraram a temática étnico-racial no ensino de química, com a finalidade de delinear caminhos para contribuir para a promoção da equidade racial e democratizar o conhecimento científico nessa área, em consonância com a Lei n. 10.639/2003. As intervenções tiveram relação direta com atividades curriculares do ensino de química. Os/as professores/as trabalharam os conceitos químicos a partir do contexto da mineração em África e o ciclo do ouro no Brasil, tema discutido em seis aulas.

O objetivo foi operacionalizar, no Ensino de Química, a Lei n. 10.639/2003 que alterou a Lei n. 9.394/1996, a qual estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), tornando obrigatório o ensino de História e Cultura da África e Afro-brasileira nas instituições de ensino do Brasil (Brasil, 1996; 2003)ⁱⁱ. Em vista disso, em 2014 foi criada uma disciplina intitulada Química Experimental, que fez parte do núcleo acessório (disciplina optativa) de componentes curriculares de um colégio público.

Na história da educação brasileira, em tempo algum, se sistematizou no ensino de química na educação básica, uma disciplina inteira para lecionar conceitos químicos a partir da experiência africana e afro-brasileira em aspectos sociais, políticos, econômicos, científicos, tecnológicos, históricos, culturais e ambientais. Sendo assim, este artigo apresenta uma contribuição para a pesquisa na área, na forma de uma das intervenções desta disciplina que objetivou ensinar as propriedades, constituição e

transformação da matéria a partir das epistemologias africana e afro-brasileira.

Essa disciplina interferiu diretamente no currículo de ciências da instituição, que regularmente tem oferecido uma disciplina de química experimental no sentido de efetivar a Educação das Relações Étnico-Raciais. A disciplina teve carga horária semestral de 40 horas, para a qual desenvolvemos um material instrucional (em forma de texto de apoio) apresentando os conceitos químicos a partir do contexto

Os requisitos essenciais que garantiam a produção de ferro na Antiguidade ou na era pré-industrial incluíam a qualidade do minério, estrutura dos fornos, manufatura do combustível, controle de temperatura e atmosfera redutora (Chirikure, 2014), o que evidencia que os/as africanos/as tinham conhecimentos sobre transformações da matéria, engenharia de fornos, geologia, química de materiais, arquitetura e controle de temperatura (Pena, 2004).

histórico, cultural e epistêmico africano e afro-brasileiro.

O primeiro material instrucional elaborado e discutido foi intitulado “A história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil: conhecimentos de matriz africana e suas contribuições para o desenvolvimento científico da Química e o estudo das propriedades dos metais”. A partir desse material foi possível apresentar os conceitos químicos envolvidos nos processos metalúrgicos, fenômenos de oxidação e redução, e as contribuições que os/as escravizados/as legaram para o desenvolvimento da cadeia produtiva do ferro e ouro no Brasil Colônia.

Sobre o percurso metodológico

O trabalho aqui relatado apresentou elementos de uma pesquisa participante. No enfoque participante, um grupo de pessoas visa diagnosticar, analisar e promover intervenções para emancipar grupos sociais não hegemônicos (Le Boterf, 1999; Demo, 2004). Buscamos partir do ensino de química para construir canais de promoção da emancipação da população negra, historicamente excluída dos currículos escolares.

A pesquisa foi idealizada por um coletivo de docentes negros/as: uma professora do ensino superior, uma professora da educação básica, um professor em formação continuada (aluno de pós-graduação) e cinco professores/as em formação inicial (alunos/as de graduação), identificados neste artigo pelas siglas PF1 a PF8. O sujeito da pesquisa PF1 é uma pesquisadora e professora universitária, doutora em química, com formação em bioinorgânica, atua no Ensino de Química, formando professores/as para a educação antirracista. Já a professora PF2 trabalha na educação básica, com mais de 25 anos de experiência em sala de aula e, atualmente, é doutoranda em Química. O sujeito PF3 é um professor em formação continuada, aluno de doutorado. Os sujeitos da pesquisa PF4, PF5, PF6 e PF7 são professoras em formação inicial, cursando o oitavo período da Licenciatura em Química. O professor PF8 estava em formação inicial, também licenciando em química e cursando o quarto período do curso, à época.

Os participantes estiveram socialmente inseridos na comunidade como pesquisadores/as negros/as e professores/as que atuam no ambiente escolar multirracial e pluriétnico. Para Le Boterf (1999), uma pesquisa participante pode ser dividida em quatro fases que são apresentadas no Quadro 1.

Na primeira fase, os/as pesquisadores/as, juntamente com a professora de química do colégio, criaram a disciplina intitulada Química Experimental, selecionaram os eixos temáticos (o ciclo do ouro-mineração no Brasil, o ciclo da cana-de-açúcar no Brasil e o ciclo do café no Brasil), os conteúdos programáticos, caracterizaram o perfil da turma (quantidade de estudantes e perfil socioeconômico e

étnico-racial) da turma e definiram o objetivo da disciplina. Os conteúdos químicos foram agrupados e trabalhados nesses três eixos temáticos. Conteúdos tais como dureza, ductibilidade, densidade, reatividade, inércia química, temperatura de fusão e ebulição e outras propriedades dos metais foram discutidos no tema referente ao ciclo do ouro no Brasil.

Conforme apresentado no Quadro 1, na segunda fase da pesquisa o primeiro eixo temático trabalhado em sala de aula foi o ciclo do ouro-mineração no Brasil. Foram discutidos os conteúdos químicos envolvidos na mineração do ouro e ferro, propriedades físicas e químicas dos metais, reações de oxirredução: movimento de elétrons, formação da ferrugem, corrosão dos materiais e tecnologias de matriz africana.

Também na segunda fase, os/as pesquisadores/as planejaram as IPs e elaboraram o plano de aula e o material instrucional. Esse material teve a finalidade de direcionar as observações dos/as educandos/as sobre os fenômenos naturais, sociorraciais e socioeconômicos.

A IP “A história da mineração em África e o ciclo do ouro-mineração no Brasil”, foi trabalhada em seis aulas, que aconteceram nos dias 5 e 26 de outubro e 09, 16, 23 e 30 novembro de 2015. Cada encontro teve a duração de uma hora e trinta minutos (das 14h00 às 15h30). A terceira fase foi constituída pelo desenvolvimento das intervenções pedagógicas e aconteceram as avaliações de forma contínua e processual, abordando os conteúdos relacionados à temática racial e os conceitos químicos discutidos na IP.

Na primeira aula, os/as professores/as apresentaram o projeto para a turma e em seguida iniciaram a leitura do material instrucional, intitulado: “A história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil: os conhecimentos de matriz africana e suas contribuições para o desenvolvimento científico da Química e o estudo das propriedades dos metais”. Foram discutidos os conceitos químicos envolvidos nos processos metalúrgicos, o papel dos ferreiros africanos na extração do ouro e ferro no Brasil.

A reatividade dos metais foi discutida a partir de atividades práticas. Uma delas foi “a formação de árvore de prata: reações de oxirredução”, na qual os/as estudantes presenciaram o fenômeno de eletrodeposição da prata sobre fio de cobre e discutiram os conceitos de reações de oxirredução e movimento de elétrons. Salientamos que atividades práticas, aqui, não se limitam àquelas realizadas em laboratório, pois há fenômenos que estão materializados na atividade social, como a formação da ferrugem, oxidação da esponja de aço e de peças metálicas (Mortimer *et al.*, 2000). Esses fenômenos materializados em nosso cotidiano foram úteis para discutir, em sala de aula, a corrosão dos materiais e a formação da ferrugem.

O material instrucional foi composto por roteiros experimentais que guiaram as ações dos/as estudantes nas

A pesquisa foi idealizada por um coletivo de docentes negros/as: uma professora do ensino superior, uma professora da educação básica, um professor em formação continuada (aluno de pós-graduação) e cinco professores/as em formação inicial (alunos/as de graduação) [...].

Quadro 1: Fases da pesquisa.

Fases da pesquisa	Instruções operacionais	Objetivos
Primeira: caracterização do grupo participante e escolha do método de trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> - Antes de iniciar as intervenções, os/as participantes realizaram reuniões com a professora de química do colégio onde seria realizada a pesquisa. Dessas reuniões saíram os eixos temáticos das Intervenções Pedagógicas. Foi decidido que “a história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil” seria o eixo temático da primeira IP. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnosticar e conhecer as características da turma; - Elaborar o cronograma de trabalho e elaborar um plano de ensino; - Selecionar os conteúdos que seriam explorados nas seis primeiras aulas da disciplina e o método de ensino e avaliação.
Segunda: planejamento das aulas e construção do material instrucional (didático) adotado nas aulas.	<ul style="list-style-type: none"> - Nesta fase, foram elaborados os planos de aulas, delimitamos o objetivo da aula, método de trabalho, estratégias de ensino e método de avaliação. - Decidimos que a avaliação seria contínua e processual, analisando as interações construídas em classe e as interpretações verbalizadas pelos/as estudantes sobre os textos de apoio, trabalhados nas aulas. Utilizamos também avaliação escrita dissertativa e objetiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver os planos de aula e os textos de apoio utilizados pelos professores nas aulas. Foi elaborado o texto: “A história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil: os conhecimentos de matriz africana e suas contribuições para o desenvolvimento científico da Química e o estudo das propriedades dos metais”, para discutir as contribuições que as civilizações africanas deram para o desenvolvimento da metalurgia e Química.
Terceira: exploração dos temas em classe.	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento das aulas, exploração dos temas em classe. Essa fase da pesquisa ficou marcada pela intensa convivência e interação entre os/as professores/as e os/as estudantes. - Os/as estudantes tinham total liberdade para discutir e expressar suas visões sobre questões sociais, sociorraciais e socioambientais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Levar o/a estudante (participantes da pesquisa) a entender e identificar as reações de oxirredução. - Resgatar a memória individual e coletiva dos povos colonizados (pré-colombianos e africanos). - Apontar as possibilidades de soluções para os problemas causados pela formação da ferrugem (oxidação dos metais).
Quarta: fazer uma análise crítica das ações pedagógicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Reavaliar e analisar os objetivos do plano de aula, se a intervenção foi positiva. - Avaliar método de ensino adotado durante a aula, se a aula foi suficiente para os/as estudantes discutirem os fenômenos naturais e se os estudantes conseguiram associar o conhecimento químico discutido em sala de aula com seu contexto social. - Despertar o senso crítico dos estudantes e mostrar diferentes formas de produzir conhecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer uma relação entre o ensino de química e a realidade social, socioeconômica, socioambiental e sociorracial dos/as estudantes e desenvolver ações para sanar problemas reais enfrentados pelos/as estudantes. - Buscar soluções coletivas para os problemas enfrentados pela população negra. - Romper com o monopólio do saber e da informação, e levar os/as estudantes entenderem a Química como componente cultural desenvolvido por diferentes nações ao longo do tempo.

Fonte: elaborado pelos/as autores/as.

atividades práticas. É importante ressaltar que as IPs foram planejadas para levar o/a estudante a vivenciar, interpretar, discutir e representar os fenômenos na linguagem científica. Para Francisco Júnior (2010) e Mortimer *et al.* (2000), todo fenômeno é observado a partir de conhecimentos prévios; assim, antes de cada aula, os/as estudantes liam e discutiam um trecho do material instrucional e o guia experimental que, nesse caso, tratava do fenômeno de eletrodeposição da prata, uma reação de oxirredução.

Na quarta fase da pesquisa analisamos as intervenções retroalimentando as intervenções com as reflexões da prática. Essa fase acontecia sempre após cada aula. A professora de química do colégio e os/as demais professores/as, participantes da pesquisa, discutiam sobre a IP e analisavam os imprevistos, com o intuito de desenvolver estratégias de ensino para facilitar o processo de comunicação em sala de aula.

É importante ressaltar que, neste artigo, buscamos entender como se construiu a aprendizagem em sala de aula,

isto é, como ocorreu a conversação entre professores/as e estudantes no contexto escolar. A conversação, seja ela verbal ou não, é uma prática social de comunicação mais comum no cotidiano escolar. É nessa dinâmica de conversação que se edifica a aprendizagem em sala de aula.

O/a professor/a é responsável por coordenar a conversação estabelecendo a coesão discursiva ou conformando o contexto para sequenciar a mesma, que, geralmente em sala de aula, é estruturada pelo par pergunta e resposta (Mortimer e Scott, 2002) Tais propriedades confirmam a intencionalidade do/a professor/a, que é levar o/a estudante a articular suas ideias de forma científica na dinâmica comunicativa.

As abordagens comunicativas apresentadas são discussões produzidas em sala de aula que foram gravadas em áudio e vídeo e totalizaram um registro de quatro horas e seis minutos. Optamos pela filmagem em áudio e vídeo para registrar a interação em sala de aula, porque a filmagem

possibilita interpretar mais substancialmente o processo comunicativo (linguagem verbal e não verbal).

Os registros e o planejamento da IP constituem os dados empíricos desta pesquisa. Os dados obtidos pela câmera foram transcritos, conforme as regras de transcrição da conversação e analisados à luz da análise da conversação (Marcushi, 2003). Nas transcrições adotamos o termo *turno* como estratégia metodológica para organizar a dinâmica de conversação nos extratos. *Turno* é o termo adotado para sinalizar as trocas de falantes durante a conversação. Cada turno indica que um falante iniciou ou concluiu um enunciado durante a conversação.

Participaram da investigação 29 estudantes (identificados pelas siglas A1 a A 29) da 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio, com idades entre 14 e 20 anos, e 8 professores/as. Utilizamos ainda as interações discursivas de Mortimer e Scott (2002) e as concepções de comunicação de Freire (1979; 1996; 2005) para analisar os resultados obtidos no interação estudantes e professores/as em sala de aula.

A escolha desses referenciais para análise de dados significou entender que a aprendizagem é construída na interação professor/a – estudante (Mortimer e Scott, 2002; Freire 1979; 1996). Nesse contexto, “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua produção ou construção” (Freire, 1996, p. 22).

Resultados e Discussão

O quadro 2 traz o planejamento da intervenção pedagógica: “a história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil”, desenvolvida em seis aulas de 1h:30min cada, realizadas em 2015.

A IP foi planejada a partir de um eixo temático contextualizado com uma abordagem histórico-cultural afrodiáspórica (herança cultural e tecnológica dos africanos exilados no Brasil) e conceitual/conteúdo (Quadro 2). Para introduzir o tema ciclo da mineração e os saberes africanos no ensino de química, foi lido e debatido em sala de aula um texto sobre a história da mineração e o escravismo criminoso no Brasil (Figura 2).

O referido texto (Figura 2) é um resumo do texto integrante do material instrucional utilizado na intervenção pedagógica. A leitura e debate desse texto foi uma forma de convocar os/as estudantes a refletirem sobre o papel dos ferreiros africanos na metalurgia brasileira e discutir o racismo no ensino de ciências (Pinheiros, 2019).

O texto abordou como o tráfico negreiro beneficiou tecnologicamente o Brasil. Os/As africanos/as escravizados/as conheciam bem mais sobre as propriedades e estrutura da matéria do que seus algozes (Paiva, 2002).

Quadro 2: Plano de trabalho da intervenção pedagógica: a história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil Colônia.

Instituição	Universidade Federal de Goiás/Colégio Parceiro da Universidade		
Área de Conhecimento	Disciplina Acessória	Nível	Tipo
Ensino de Química	Química Experimental	Ensino Médio	Teoria – Prática
Carga Horária Semestral/40 horas	Dia/Horário: segunda-feira das 14h às 15h30		Carga horária/tempo: 90 minutos.
Plano de intervenção eixo temático e conteúdos	Eixo Temático: a história da mineração e o ciclo do ouro-mineração no Brasil Colônia		
	A histórica da mineração na África, o ciclo do ouro-mineração no Brasil Colônia, a formação da árvore de prata (reações de oxidação e redução), corrosão, formação da ferrugem, pilha de Daniell.		
Objetivo	Levar os/as estudantes a refletirem sobre o legado africano para o desenvolvimento do Brasil e da Química, o conceito de oxidação do cobre e redução da prata, em aula prática. O aproveitamento será satisfatório se ao final da intervenção pedagógica os/as estudantes demonstrarem compreensão sobre as contribuições que os africanos deram para o desenvolvimento do Brasil e responder uma atividade avaliativa sobre a história da mineração, ciclo do ouro no Brasil e reações de oxirredução.		
Metodologia e recurso didático	O tema será abordado através do estudo dirigido, texto de apoio, discutindo a importância da metalurgia no desenvolvimento da Química; abordando alguns procedimentos químicos utilizados pelos africanos na Antiguidade. Em seguida serão executados os guias experimentais, que abordarão a formação da árvore de prata (eletrodeposição). Analisar os dados, discutir e concluir os resultados obtidos nas aulas práticas.		
Guia experimental: Formação de árvore de prata.	Materiais e reagentes		Procedimentos
	Nitrato de prata (solução de nitrato de prata). Algodão. Fio de cobre. Álcool.		Pese 4 g de nitrato de prata sólido, dissolva em 200 mL de água, agite a solução até dissolução completa. Lixe o fio de cobre utilizando uma lixa de unha ou de construção. Limpe o fio de cobre com o algodão embebido em álcool. Molde o fio no desenho desejado (estrela, lua, flor, ou uma árvore). Mergulhe o fio de cobre na solução de prata contida em um béquer, vidro de azeitona ou de maionese. Deixe em repouso por duas semanas.

Fonte: criação dos/as autores/as.

A história da mineração e o ciclo do ouro no Brasil: os conhecimentos de matriz africana e suas contribuições para o desenvolvimento científico da Química e as propriedades dos metais

A metalurgia é uma atividade química que envolve a obtenção de metais e as ligas metálicas a partir de seus minérios. Esta técnica surgiu por volta do sexto milênio antes da era Cristã. Quando foram produzidas ferramentas, armas e outros utensílios no ocidente. O ouro nativo por exemplo, aquele encontrado quase puro, na forma de pepita, foi o primeiro metal obtido na metalurgia. Depois os minérios de cobre, ferro, estanho e chumbo foram utilizados para produzir metais e ferramentas (materiais) como armas e outros utensílios domésticos.

O ferro é conhecido na África desde o terceiro milênio antes da era Cristã, mas somente a partir de 1.200 antes de Cristo, seu uso tornou-se frequente na confecção de objetos e utensílios no ocidente. A analisando amostras do período entre terceiro ao segundo milênios antes da era Cristã, cientistas chegaram à conclusão que, os africanos já faziam operações químicas para obter o ferro metálico. Os artesãos africanos do Egito, Costa das Minas, Costa do Ouro e nações dos centros africanos, produziam também ligas metálicas como o bronze, liga constituída de cobre e estanho, cuja as técnicas de produção foram herdadas de seus ancestrais.

Os africanos trabalhavam muito bem com o ouro, eles confeccionavam em ouro adereços cultuavam seus deuses, peças de artes e outros objetos. Além do domínio do ouro, eles também dominavam técnicas de produção da prata, cobre e ferro, preparavam inúmeros produtos de beleza como o sulfeto de antimônio utilizado pela Cleópatra, a mais lendária das rainhas, como base para pintar o contorno dos olhos, produto de beleza fornecido pelos seus consultores de estética.

As antigas civilizações africanas detinham conhecimentos técnicos e tecnológicos que facilitavam a compreensão e manipulação do ambiente que os cercavam. Muitos desses povos africanos foram criminosamente capturado e traficados para as Américas e o Caribe, onde foram escravizados.

A seleção da mão de obra que vinham traficadas da África para o Brasil, era feita de acordo com os conhecimentos dominados por cada civilização traficada. Tanto que, os/as africanos/as que dominavam as técnicas de mineração, quando chegavam ao Brasil, eram destinados/as para as regiões que tinham como atividade econômica a mineração. Deste modo, muitos dos/as africanos/as que traficados para o Brasil, foram escolhidas a "dedo", para desempenhar uma dada atividade técnica na economia escravista.

Os povos africanos conheciam as técnicas de fundição e da forja de metais como ferro desde 2.500 antes da era Cristã. Essas técnicas metalúrgicas, foram transferidas para o Brasil, durante o tráfico negreiro. O tráfico de mão de obra qualificada e tecnológico foram fundamentais para o desenvolver a metalurgia do ferro no Brasil. A produção do ferro possibilitou a elaboração de ferramentas agrícolas, utensílios domésticos e os apetrechos de transporte (tropas e carretas) das minas e os instrumentos necessários à mineração nas jazidas auríferas.

O trabalho artesanal do ferro consistia, em várias etapas distintas: o garimpo, a preparação do minério, a manufatura do carvão ou de outros combustíveis, a construção dos fornos de fundição, a fundição propriamente dita, o refino e tratamento do ferro para a forja, e finalmente a forja dos utensílios objetos acabados. Os mestres fundidores africanos tinham papeis cruciais na produção do ferro, ele controlavam, gerenciavam e definiam todas as etapas do trabalho no processo metalúrgico de fundição e forja do ferro.

Figura 2: As contribuições africanas para o desenvolvimento da metalurgia brasileira, material instrucional. (Vanin, 1994; Pena, 2004, Paiva, 2002; Chirikure, 2014).

6

Não resta dúvida sobre o intenso trânsito de práticas e de conhecimentos técnicos entre a Costa da Mina e a América portuguesa, mais no sentido leste/oeste que o contrário. Sobretudo na região de mineração, os resultados desses empréstimos técnico-culturais se fizeram notar desde muito cedo. Não poderia ser, ressalte-se, de outra forma. Boa parte do ouro explorado durante todo o setecentos nas Gerais e nas capitanias de Goiás, de Mato Grosso e da Bahia, foi recolhido através de técnicas introduzidas pelos africanos e desconhecidas pelos europeus. Essa realidade estende-se, ainda, aos diamantes extraídos e ao minério de ferro encontrado na região, transformado em instrumentos de trabalho nas pequenas forjas montadas pelos africanos (Paiva, 2002, p. 3-4).

A leitura e debate do texto (Figura 2) em sala de aula gerou uma cadeia de turnos, dos quais uma parte está transcrita no Extrato 1.

Extrato 1: saberes africanos, conhecimentos não hegemônicos.

Turno 01. PF4: O que vocês sabem sobre os povos africanos, alguém sabe alguma coisa?

Turno 02. A15: Uma coisa muito importante que nós estudamos na História da África, no segundo ano [segunda série do ensino médio], foi que durante a colonização da África, muitos africanos, pode se dizer assim, [eram] meio que cientistas, eles descobriram muitas coisas importantes. Mas como eles não desenvolveram a escrita, os colonizadores

foram para lá, tipo, para patentear as descobertas dos negros e isso quase ninguém sabe, mas é importante e temos que lembrar sempre.

Turno 03. A1: Não me lembro direito, mas ano passado eu fiz uma [disciplina] eletiva da História da África com a professora lá [na disciplina eletiva]. [...] ela [professora] falou que uma das maiores bibliotecas do mundo se localiza na África e mesmo antes dos europeus chegar lá... [já existia à biblioteca].

Turno 04. A1: Eu só não me recordo o nome [da cidade].

Turno 05. PF3: É em Alexandria, [...].

Nos resultados apresentados no Extrato 1, turnos 02 e 03, é possível observar que os/as estudantes apresentaram

conhecimentos prévios sobre a história e cultura da África e dos povos africanos. É preciso nunca perder de vista que, quando os europeus desembarcaram na costa da África e da América, eles encontraram Estados e nações que tinham desenvolvido seus próprios conceitos jurídicos de Estado-nação, escrita, cultura,

línguas e conhecimento científico, como cita A15, turno 02 (Fanon, 1968; 2008; Unesco, 2010).

Segundo Biko (1990), o colonizador não queria somente ter o colonizado submisso, um sujeito inferiorizado, sob seu domínio. O colonizador se sentia satisfeito apagando a história e a cultura dos colonizados. O genocídio epistêmico e cultural fez parte do projeto colonialista. O genocídio cultural e epistêmico é caracterizado pela sobreposição cultural e epistêmica, ou seja, eliminação ou substituição de

Segundo Biko (1990), o colonizador não queria somente ter o colonizado submisso, um sujeito inferiorizado, sob seu domínio. O colonizador se sentia satisfeito apagando a história e a cultura dos colonizados. O genocídio epistêmico e cultural fez parte do projeto colonialista.

um saber local por um saber considerado universal, colonial (Sodré, 2012).

No turno 02, a discente A15 falou que as nações africanas (pré-coloniais) produziram conhecimento, mas seus conhecimentos só foram validados com a chegada dos colonizadores. A eliminação da escrita e saberes nativos, juntamente com a imposição do conhecimento científico (europeu), como saber único, autêntico e verdadeiro impossibilita uma análise crítica da história e cultura das nações colonizadas.

A discente mencionou (turno 02) que estudou em uma disciplina sobre a “História da África” que os povos africanos não desenvolveram a escrita, negando os registros que comprovam que os povos africanos desenvolveram seu próprio sistema da escrita (Unesco, 2010).

Segundo Fanon (1968), a violência colonial criou inúmeras narrativas para desumanizar os colonizados, dentre elas a narrativa que diz que os colonizados foram incapazes de explorar suas próprias riquezas naturais e desenvolver a escrita. Contudo, há um valioso acervo bibliográfico e histórico, que relata as principais atividades econômicas, mercadorias, rotas marítimas e comerciais que preservam e transmitem a memória dos povos africanos (Unesco, 2010).

Nos turnos 03 e 04, A1 nos pareceu demonstrar uma compreensão diferente de A15, afirmando que uma das maiores bibliotecas da Antiguidade estava na África. O enunciado de A1 colocou as nações africanas entre as primeiras civilizações que dominaram a escrita.

Esse resultado está de acordo com estudo publicado pela Unesco (2010), que afirma que, “em termos cronológicos, nossas primeiras fontes escritas são os papiros hieráticos egípcios datando do Novo Império, mas cuja primeira redação remontaria ao início do Médio Império (início do segundo milênio)” (p. 83).

Extrato 2: metalurgia e a transformação da matéria.

Turno 01. A5: [Leitura]: A metalurgia é uma atividade química que envolve a obtenção de metais e ligas metálicas a partir de seus minérios. Essa técnica surgiu por volta do sexto milênio a.C., quando foram produzidas ferramentas, armas e outros utensílios usados naquele período.

Turno 02. PF3: Qual é a importância dos metais para nós? Alguém sabe responder?

Turno 03. A7: Dinheiro.

Turno 04. A6 Capital.

Turno 05. PF3: Desenvolvimento do Capital?

Turno 06. A8: Armas.

Turno 07. A9: Utensílios domésticos.

Turno 08. A3: Tecnologia. É praticamente tudo. A tecnologia é bem relacionada com a produção de metais. A confecção de cabos ou até mesmo a impressão de chips que usam vários metais, como ouro também que é um bom condutor de energia.

Turno 09. A6: Foi uma das matérias-primas.

Turno 10. A13: Supercondutores.

Turno 11. PF3: Você [professor apontando para aluno e pergunta], matéria-prima de quê?

Turno 12. A6: Não, é que eu acho que é uma das matérias-primas que ajudou na evolução de bastante coisa dentro da sociedade, desde um garfo até a produção de um celular ou de um robô de alta [tecnologia].

No Extrato 2, A5 (turno 1) fez uma leitura do material instrucional. Essa ação posicionou as nações africanas no centro da produção de conhecimento. Além de contribuir para o desenvolvimento da escrita, as nações africanas contribuíram para o desenvolvimento de outras áreas de conhecimento, como a agricultura irrigada, pecuária, medicina, farmacologia, fitoquímica, química (conservação de corpos, por exemplo) e metalurgia (Brasil, 2007).

No turno 2, PF3 questionou os/as estudantes sobre a importância dos metais no desenvolvimento social e econômico da humanidade. A7, A6, A8, A9 e A3, nos turnos 3, 4, 5, 7 e 8, respectivamente, realimentaram o diálogo discorrendo sobre o contexto. Esses resultados dialogam com Chirikure (2014), que afirmou que o desenvolvimento da metalurgia impulsionou o surgimento do comércio, intercâmbio entre povos que habitavam diferentes regiões do globo, na África, América, Oriente Médio, Ásia e Europa. Por sua vez, A3 (turno 8), apontou a influência da química no progresso social e econômico da humanidade, constatando que os metais são empregados nas diversas áreas da indústria, sociedade e tecnologia.

A3 reconheceu a presença da metalurgia como base das sociedades contemporâneas. Esse resultado está em concordância com Atkins e Jones (2012), para os quais sem utilizar as propriedades físicas e químicas dos metais, não conseguiríamos atingir o grau de desenvolvimento social, socioeconômico e tecnológico que temos atualmente.

No turno 9, A6 remeteu ao domínio da técnica de fundição do minério de ferro na África, e como isso permitiu que os seres humanos conhecessem as propriedades físicas e químicas dos metais, aplicando-os nas mais diversas áreas sociais e tecnológicas (Burlatski, 1982; Chirikure, 2014). Atkins e Jones (2012) afirmaram que a metalurgia condicionou os seres humanos a saírem da Idade da Pedra. Os materiais confeccionados de metais apresentavam qualidade superior (maior resistência mecânica, mais duros) do que aqueles que eram produzidos utilizando madeira e pedra (Burlatski, 1982).

Alguns achados arqueológicos têm localizado as nações africanas no mapa das primeiras civilizações que dominaram a tecnologia de fundição e redução para produzir metais (Brasil, 2007; Scaramal, 2012; Chirikure, 2014). O Extrato 3 versou sobre o papel dos ferreiros africanos na extração e separação dos metais nos centros africanos e no Brasil.

Extrato 3: a metalurgia do ferro, mineração.

Turno 01. PF3: Por que os portugueses vieram para cá?

Turno 02. A7: À procura de ouro.

Turno 03. PF3: Agora, de onde que nós extraímos esses metais?

Turno 04. A8: Das minas.

Turno 05. A10: Solo.

Turno 06. PF3: [...]. *Você falou do solo [...], a gente acha o [metal] ouro na natureza?*

Turno 07. A9: *Bruto [metal sem ser na forma mineral]?*

Turno 08. A10: *Você tem que fundir [transformar o minério em metal]. Não, ouro você encontra, agora ferro [não].*

Turno 09. A9: *Não, você [não] encontra uma barra de ouro, mas o ouro em pedaços você acha, ele está bruto. Ele não está lapidado, ele não está fundido [separado de seu minério], (...).*

Turno 10. A3: *Ele não está puro, tem que fazer todo um processo para [extrair] ele.*

Turno 11. A9: *É, ele vai ter que passar por um processo [de mineração].*

Turno 12. A3: *O cobre não é uma mistura de um monte de metal?*

Turno 13. PF3: *Não é uma mistura de um monte de metal. Nós não encontramos esses metais na forma metálica, tipo uma barra de ferro, um pedaço de cobre, um pedaço de ouro ou um pedaço de prata. A gente encontra eles na forma [mineral] de silicatos e óxidos. Por exemplo, a magnetita é um óxido de ferro. Não é uma mistura de um monte de metais, é uma combinação de um monte de elementos químicos [...].*

Turno 14. PF4: [...]. *Explique a frase “muitos africanos escravizados foram pessoas escolhidas a “dedo” para trabalhar nas forjas”.*

Turno 15. A6: *É que.... Assim.... Que melhor dominava algumas técnicas.*

Turno 16. A6: *Tem a ver com habilidade.*

Turno 17. A12: *É que lá na terra natal deles, eles usavam uma técnica, por exemplo, as mulheres lá eram boas na produção de cerâmica, e ajudavam a fazer os barros e forno lá, enquanto os outros homens trabalhavam lá, picando as madeiras, esses trem.*

Segundo Silva (2008), Portugal nunca teve grandes reservas de minério, e essa carência levou os portugueses a se lançarem ao mar, em busca de metais como ouro, prata e cobre. Até o século XVI, os portugueses importavam esses metais do continente africano (Albuquerque e Fraga Filho, 2006; Paiva, 2002). Com as descobertas de grandes reservas minerais no Brasil, o foco foi deslocado. Tal situação aparece marcada nos turnos 01 e 02 do Extrato 3.

Nossos resultados nos turnos 14, 15 e 16 mostraram que os/as estudantes relataram sobre o tráfico criminoso de africanos, que seguiu uma lógica bem particular, a seleção de mão de obra qualificada. Segundo Paiva (2002), os/as africanos/as escravizados/as no continente americano foram selecionados pelos traficantes: eles capturavam aquelas pessoas que dominavam determinados conhecimentos técnicos para então enviá-los ao Brasil para trabalhar na agricultura ou mineração.

Segundo Silva (2008), Portugal nunca teve grandes reservas de minério, e essa carência levou os portugueses a se lançarem ao mar, em busca de metais como ouro, prata e cobre. Até o século XVI, os portugueses importavam esses metais do continente africano (Albuquerque e Fraga Filho, 2006; Paiva, 2002). Com as descobertas de grandes reservas minerais no Brasil, o foco foi deslocado.

Segundo Sodré (2005), o intenso tráfico de humanos entre a África e o Brasil trouxe benefícios tecnológicos, econômicos, culturais e científicos para a América e Europa. Fanon (1968, p. 77) afirmou que a América e Europa capitalista foram edificadas sobre o dorso de africanos escravizados, “o bem estar e o progresso da Europa foram construídos com o suor e o cadáver dos negros, árabes, índios e amarelos”. No Brasil, os/as negros/as foram responsáveis pelo planejamento e manutenção das lavouras de cana-de-açúcar, café e a cadeia produtiva de metais (Paiva, 2002; Pena, 2004; Nascimento, 2019).

Foram os/as escravizados/as que planejaram e aperfeiçoaram as técnicas de mineração do ouro, e construíram estradas e túneis para escoar os metais produzidos no interior do Brasil (Paiva, 2002; Cunha Júnior, 2010; 2015; Pinheiros, 2019). Os/as africanos/as que trabalharam em regiões onde se praticava a mineração eram conhecedores/as da constituição dos materiais e das técnicas que proporcionavam a transformação dos minérios em metais como ferro, ouro, prata, chumbo, estanho e cobre (Paiva, 2002; Pena, 2004).

No turno 17, A12 enunciou que os/as escravizados/as tinham o domínio técnico sobre a produção de cerâmicas, combustíveis e fornos de mineração. Paiva (2002, p. 1) salientou que os africanos “conheciam muito mais sobre a matéria que os portugueses”, isto é, conheciam as técnicas para transformar os minérios em metais como o ouro, ferro, cobre. Essas técnicas estendiam-se ainda na confecção de instrumentos de trabalho, a forja.

PF3 iniciou as discussões abrindo espaço para o diálogo. A7, no turno 02, destacou que os portugueses vieram para cá com o objetivo de explorar as terras de nosso continente e encontrar metais preciosos, como o ouro, demonstrando a produção da contra palavra.

PF3, no turno 03, teve a finalidade de levar os/as educandos/as refletirem sobre o processo de extração e separação dos metais. A8 e A10, nos turnos 04 e 05 respectivamente, enunciaram que os metais são extraídos da crosta terrestre. Esse resultado apontou que os/as estudantes têm um certo grau de compreensão dos processos metalúrgicos, pois, de acordo com Klein e Dutrow (2012), a maioria dos metais são encontrados na crosta terrestre na forma de óxidos e silicatos.

Os turnos 03, 04, 12 e 13 representaram um diálogo em sala de aula entre PF3 e os/as A8, A10 e A3, os quais mostraram que os/as estudantes tinham entendimentos sobre a reatividade dos metais, uma vez que A10 afirmou que o ouro pode ser encontrado na natureza em sua forma metálica, mas os demais metais precisam passar por um processo metalúrgico.

O ouro é um dos metais de transição mais resistentes à oxidação. Esse metal pode ser encontrado na crosta terrestre

na forma de pepitas, como ocorreu A9, no turno 09. Outros metais, como o ferro, são oxidados facilmente no contato da atmosfera com a crosta terrestre, formando óxidos e hidróxidos, como os óxidos de ferro, magnetita e hematita (Klein e Dutrow, 2012). No turno 09, A9 usou o termo fundição, para dizer que os metais precisam ser extraídos de seus minerais.

É possível observar no extrato 3, turnos 01, 03, 06 e 13 que os/as professores/as (PF3 e PF4) não narraram, dissertaram ou expuseram diretamente os conceitos ou os conteúdos do currículo de química, mas desafiaram e incentivaram os/as estudantes a refletir sobre a técnica de mineração e instauraram um ambiente de problematização. Concordamos com Freire que “não é possível ensinar técnicas”, conceitos ou conteúdos sem uma reflexão sobre os mesmos, pois “a educação [é] como situação eminentemente gnosiológica, dialógica por consequência” (1976, p. 86).

Nesse contexto, educação é diálogo, comunicação entre professores e estudantes em torno de um contexto ou conceitos. No Extrato 3, as interações discursivas geraram cadeias de turnos nos quais os/as estudantes dialogam sobre o conteúdo científico (turnos 07, 08, 09, 10, 11 e 12). Os/as professores/as e estudantes alternaram-se na conversação, sendo que os/as educadores/as conduzem as discussões comentando as respostas dos/as estudantes ou fazendo perguntas, levando-os a pensar sobre as ideias lançadas. Pois defendemos que:

Se o objetivo do ensino é fazer com que os estudantes desenvolvam um entendimento do tópico em estudo, esses estudantes devem engajar-se em atividades dialógicas, seja de forma interativa ou não-interativa: participando de, ou escutando a, uma interação dialógica entre o professor e a classe; discutindo ideias com seus colegas em pequenos grupos; pensando sobre as ideias. Seja de que forma isso se concretize, cada estudante precisa ter a oportunidade de trabalhar as novas ideias, ‘especificando um conjunto de suas próprias palavras’ em resposta a essas ideias, para que possa apropriar-se dessas ideias, torná-las suas próprias ideias (Mortimer e Scott, 2002, p. 302).

Segundo Freire (2005), a educação é essencialmente diálogo, ou seja, só há aprendizado se existir comunicação em sala de aula. Assim, o/a professor/a que nega a dialogicidade como essência da educação, narrando ou dissertando conteúdos, apenas conduz os/as educandos/as a memorização mecânica. No Extrato 3, podemos observar alguns elementos de dialogicidade nos turnos 03 a 12, nos quais a professora PF4 e o professor PF3 contextualizaram a técnica de mineração, levando os/as estudantes a refletir e dialogar sobre a prática de mineração.

Para Freire (1976), ser dialógico “é vivenciar o diálogo (...) é não invadir, é não manipular, é não sloganizar. Ser

dialógico é empenhar-se na transformação constante da realidade” (p. 43). No entanto, ser dialógico não significa negar o diálogo assimétrico ou a assimetria da conversação, prática social comum nas salas de aula, na qual o/a professor/a inicia, conduz à conversação, exercendo pressão sobre os/as estudantes (Marcuschi, 2003).

Sem conversação, os/as estudantes podem decorar os números de oxidação (NOx) de um metal, mas isso se torna irrelevante se o/a estudante não entender o real significado do conceito químico de oxirredução. Pretende-se, com o ensino de química, levar o/a estudante a compreender os fenômenos e as transformações da matéria em nível microscópico e a representá-los utilizando a linguagem científica. É neces-

sário compreender o significado científico dos fenômenos, pois memorizar os diferentes estados de oxidação do ferro, por exemplo, não significa traduzir esse conhecimento para a sua realidade social.

Defendemos que o papel do/a professor/a de química é problematizar os conceitos científicos, como os turnos 01, 06 e 13, pro-

porcionando aos estudantes condições para que se construa um diálogo em sala de aula causando a reflexão dos estudantes sobre os fenômenos, reações e elementos químicos.

Assim, quando um/uma professor/a interage com os/as estudantes numa aula de ciências, como demonstrou o Extrato 3, criou-se a possibilidade de aprendizagem em sala de aula. Parafraseando Mortimer e Scott (2002), a participação do/a professor/a é fundamental para construção dos conhecimentos científicos, uma vez que os/as estudantes podem observar e discutir durante dias porque a esponja de aço ou materiais enferrujam e nunca chegarem a uma conclusão científica sobre o fenômeno, reações de oxirredução, ou mesmo identificar os fatores que favorecem a formação da ferrugem.

No Extrato 4, apresentamos uma discussão sobre as reações de oxirredução.

Extrato 4: Reação de oxirredução, corrosão, formação da ferrugem e pilha de Daniell.

Turno 01. A2: Vira ferrugem.

Turno 02. A2: O sal da maresia.

Turno 03. A1: Ferro.

Turno 04. A4: A pilha de Daniell.

Turno 05. A4: Oxirredução é quando ocorre uma troca de carga entre as duas placas (eletrodo). Uma perde (elétrons) e a outra ganha (elétrons).

Turno 06. A7: Esse negócio de carga é aquele que tem sinal de mais (positivo) e sinal de menos (negativo).

Turno 07. PF4: Isso, que tem um positivo e um negativo [referindo-se às cargas elementares da matéria].

Turno 08. PF4: (...) esses processos de oxidação são um dos tipos de reações químicas que acontecem na vida. (...).

Segundo Freire (2005), a educação é essencialmente diálogo, ou seja, só há aprendizado se existir comunicação em sala de aula. Assim, o/a professor/a que nega a dialogicidade como essência da educação, narrando ou dissertando conteúdos, apenas conduz os/as educandos/as a memorização mecânica.

Por exemplo, na sua casa você deve ter várias evidências de oxidação. (...).

Turno 09. A2 - Ferrugem

Turno 10. A5 - Quando a gente vai lavar vasilha, que a gente pega o Bombril lá, está todo amarelo.

Turno 11. A2: Tem vários tipos [de reação de oxirredução], não é?

Turno 12. PF2: Esse negócio que A2 falou aí do Bombril, se transformou, enferrujou, mudou, isso é uma reação de oxidação, certo. (...). Por exemplo, quem tem vasilha de cobre em casa?

Turno 13. A11: Se ficar pegando chuva várias vezes, várias vezes, ela enferruja.

Turno 14. A12: Fica azul.

Turno 15. PF2: Ele é que cor quando está bem limpinho? Metálico, um avermelhado bonito. Não é isso? E quando vem a chuva, que cor que ele fica?

Turno 16. A12: Meio azul [referindo-se a oxidação de uma peça de cobre].

Turno 17. A10 - De cobre.

Esses resultados (Extrato 4) apontam que os/as estudantes identificaram as condições necessárias para ocorrer uma reação química, formação da ferrugem. Os resultados dos turnos 1 e 2 apontaram que os/as estudantes tentam elencar as condições necessárias para ocorrer a formação a oxidação do metal: A2 usou o termo “vira ferrugem”. A2 identificou um aspecto fenomenológico das reações de oxirredução. Esse processo de corrosão é comum em nosso cotidiano e reduz vida útil dos materiais (Atkins; Jones, 2012; Merçon *et al.*, 2004).

Os resultados do Extrato 4 apontaram que os/as estudantes procuraram explicar o fenômeno de formação da ferrugem com base nos critérios que potencializam as reações químicas responsáveis pela formação da ferrugem, como a chuva e umidade relativa do ar. A11, no turno 13, identificou que a presença de ar úmido é condição essencial para formação da ferrugem.

De acordo com Francisco Júnior (2010), o conhecimento é contextual e fruto da experiência do sujeito. Nos turnos 13 e 14, A11 e A12 trouxeram para a sala de aula suas experiências com o fenômeno de oxidação de uma peça de cobre, exposta ao ar livre.

No turno 2, A2 usa o termo “sal da maresia” referindo-se ao fenômeno que acelera o processo de corrosão nas regiões costeiras. Esse termo não se refere apenas à umidade relativa do ar, mas se refere a outro fator importante que potencializa corrosão dos materiais nas regiões costeiras: a presença de sais dissolvidos na água do mar (Merçon *et al.*, 2004).

A água do mar apresenta uma elevada concentração de íons dissolvidos, o que acelera a formação da ferrugem nos metais expostos ao ar úmido (Merçon *et al.*, 2004). Nesse

caso, uma gota de água funciona como uma célula eletrolítica: o eletrólito potencializa o processo de corrosão, ou seja, a maresia reduz o tempo de vida útil dos metais.

No turno 05, A4 mencionou que uma reação de oxirredução é a troca de carga (elétrons). Essa troca de elétrons está presente nas reações químicas, formação da ferrugem, na oxidação dos utensílios domésticos e geração de energia elétrica em pilhas e baterias. A discente A4, no turno 04, citou um exemplo de célula galvânica utilizada na produção de energia elétrica, a pilha de Daniell. São inúmeros os dispositivos eletrônicos que precisam de pilhas ou baterias para funcionar: *smartphones*, computadores, *notebooks*, *tablets*, rádios portáteis e relógios são apenas alguns exemplos.

Algumas considerações

Nossos resultados se mostraram como uma alternativa para resgatarmos e inserirmos as epistemologias negras no ensino de química. Situamos os/as negros/as como agentes atuantes na formação cultural, científica e tecnológica do Brasil. Apontam possibilidades para desconstruir a ideia de que os/as escravizados/as eram desprovidos de conhecimentos técnicos, e que é possível ensinar química a partir do contexto sociocultural dos/as estudantes, apresentando os fenômenos presentes em seus cotidianos. Assim, ao escolher um tema como o ciclo do ouro-mineração no Brasil para discutir as reações de oxidação e redução, parece ter potencializado o processo de ensino nas aulas de ciências.

Notas

- i. Este artigo é uma versão ampliada e revisada do texto apresentado pelos autores na XIX edição do Encontro Nacional de Ensino de Química, 2018.
- ii. Em 2008, a Lei n. 11.645/2008 alterou a de 2003 com a inclusão da temática indígena nas escolas públicas e privadas de ensino Fundamental e Médio.

De acordo com Francisco Júnior (2010), o conhecimento é contextual e fruto da experiência do sujeito. Nos turnos 13 e 14, A11 e A12 trouxeram para a sala de aula suas experiências com o fenômeno de oxidação de uma peça de cobre, exposta ao ar livre.

Antônio C. B. Alvino (alvinoufg@gmail.com), doutorando em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Goiás. Professor da Rede Estadual de Goiás, em Goiânia. Goiânia, GO – BR. **Aliny G. Silva** (linyag.silva@gmail.com), estudante da licenciatura em química da Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia. Goiânia, GO – BR. **Geisa L. M. Lima** (geisalouise@gmail.com), estudante da licenciatura em química da Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia. Goiânia, GO – BR. **Marysson J. R. Camargo** (maryssoncamargo23@hotmail.com), doutorando em química pela Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia. Goiânia, GO – BR. **Márcia B. Moreira** (nenabarcelos@gmail.com), doutoranda em química pela Universidade Federal de Goiás. Professora Efetiva do Colégio de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação da UFG. Goiânia, GO – BR. **Anna M. C. Benite** (anna@ufg.br), bacharel e licenciada em Química, mestre e doutora em Ciências (Química) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente do Instituto de Química Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO – BR.

Referências

ALBUQUERQUE, W. R. e FRAGA FILHO, W. *Uma história do negro no Brasil*. Salvador: Centro de Estudos Afro-Orientais; Brasília: Fundação Cultural Palmares, 2006.

BENITE, A. M. C.; SILVA, J. P. e ALVINO, A. C. B. Ferro, ferreiros e forja: o ensino de química pela Lei Nº 10.639/03”. *Educação em Foco*, Juiz de Fora, v. 21, n. 3, p. 735-768, 2016.

ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BIKO, B. S. *Escrevo o que eu quero*. São Paulo: Ática, 1990.

BRASIL. Lei 10.639, de 9 de janeiro de 2003. *Altera a Lei 9.394/96 para incluir no currículo oficial da Rede de Ensino a obrigatoriedade da temática “História e cultura afro-brasileira”*. Brasília, 2003.

_____. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. *Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*. Brasília, 1996.

_____. Ministério da Educação – MEC/Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade – SECAD, 2007.

BURLATSKI, F. *Materialismo histórico*. Moscou: Editora Progresso, 1982.

CHIRIKURE, S. *Geochemistry of Ancient Metallurgy: examples from Africa and elsewhere*, 2014. doi 10.1016/B978-0-08-095975-7.01214-6.

CUNHA JÚNIOR, H. *Tecnologia africana na formação brasileira*. Rio de Janeiro: CeaP, 2010.

_____. Arte e tecnologia africana no tempo do escravismo criminoso. *Revista Espaços Acadêmicos*, nº. 166, 2015.

DEMO, P. *Pesquisa participante: saber pensar e intervir juntos*. Brasília: Liber Livro, 2004.

FANON, F. *Os condenados da terra*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1968.

FANON, F. *Pele negra, máscaras brancas*. Salvador: EDUFBA, 2008.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E. *Analogias e situações problematizadoras em aulas de ciências*. São Carlos: Pedro e João Editores, 2010.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

_____. *Extensão ou comunicação?* Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

KLEIN, C.; DUTROW, B. *Manual de Ciência dos Minerais*. 23ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LE BOTERF, G. Pesquisa participante: propostas e reflexões metodológicas. In: BRANDÃO, C. R. (Org.). *Repensando a pesquisa participante*. São Paulo: Brasiliense, 1984. p. 51-81.

MARCUSCHI, L. A. *Análise da Conversação*. 5ª. ed. São Paulo: Ática, 2003.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C. e MAINIER, F. B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. *Química Nova na Escola*, n. 19, 2004.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 3, 2000.

MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

NASCIMENTO, A. *O quilombismo: documento de uma militância pan-africanista*. 3ª ed. rev. São Paulo: Perspectiva; Rio de Janeiro: Ipeafro, 2019.

PAIVA, E. F. Bateias, carumbés, tabuleiros: mineração africana e mestiçagem no Novo Mundo. In: PAIVA, E. F. e ANASTASIA, C. M. J. (Orgs.) *O trabalho mestiço: maneiras de pensar e formas de viver – séculos XVI a XIX*. São Paulo/Belo Horizonte: Annablume/PPGH-UFMG, 2002, p. 187-207.

PENA, E. S. Notas sobre a historiografia da arte do ferro nas Áfricas Central e Ocidental. In: Encontro Regional de História – O lugar da história, XVII, 2004, Campinas. *Anais...* Campinas: ANPUH/SPUNICAMP, 6 a 10 de setembro de 2004. Cd-rom.

PINHEIRO, B. C. S. Educação em Ciências na Escola Democrática e as Relações Étnico-Raciais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.19, p. 329-344, 2019.

SCARAMAL, E. S. T. O ensino de história da África em debate. In: MORAES, C. C. P.; LISBOA, A. S. e OLIVEIRA, L. F. (Org.). *Educação para as relações etnicorraciais*. 2ª. ed. Goiânia: FUNAPE/UFMG/Ciar, 2012.

SODRÉ, M. *Reinventando a educação: diversidade, descolonização e redes*. Petrópolis: Vozes, 2012.

_____. *A verdade seduzida*. Rio de Janeiro: DPA, 2005.

SILVA, J. R. Homens de ferro. Os ferreiros na África central no século XIX. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2008.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. *História geral da África, I: Metodologia e pré-história da África*. 2a. ed. rev. Brasília: UNESCO, 2010.

VANIN, J. A. *Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro*. São Paulo: Moderna, 1994.

Abstract: *Iron metallurgy in Africa: Law 10.639 / 03 in the teaching of Chemistry*. This paper deals with the implementation, in the teaching of chemistry, of Law n. 10.639 / 2003. We present the contributions of African and Diaspora peoples to the development of Brazilian metallurgy. Twenty-nine high school students were involved in this investigation, aged between 14 and 20 years old, and eight chemistry teachers in initial and continuing education. The investigation was recorded in audio and video, transcribed and analyzed according to the criteria of the conversation analysis. Our results demonstrate possibilities to teach chemistry from an epistemic African-based approach.

Keywords: african technology, law n. 10.639/2003, iron.