

UFSC – Departamento de Química

Área de Educação Química

QMC 5119 – Introdução ao Laboratório de Química – 2011/1

Prof. Marcos Aires de Brito
Prof. Fábio Peres Gonçalves
Prof. José Carlos Gesser

Experiência nº 10: A Química Verde e o Tratamento de resíduos de Cr^{6+}

1. Questão de estudo

- Como tratar os resíduos de cromo produzidos no experimento de equilíbrio químico?
- Por que tratar resíduos de Cr^{6+} ?

2. Tratamento dos resíduos de cromo

Temos como objetivo nesta prática o tratamentos dos resíduos de Cr^{6+} , que se acumulam em experimentos, realizados nos laboratórios de Química Geral (QMC 106 e QMC 108) do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sobre equilíbrio ácido-base envolvendo os íons cromato e dicromato em solução aquosa. Desse modo, os alunos e monitores do Curso de Química poderão ser formados para tratar resíduos de cromo (VI), quando necessário, bem como adquirir formação em harmonia com os princípios da Química Verde. Uma vez trabalhando na indústria química, poderão tratar resíduos até gerando lucro, por exemplo, com a venda de pigmentos. Além do mais, o tratamento para a eliminação e a destinação dos resíduos gerados em cada experimento acadêmico, também tem o propósito de enfatizar a importância e a responsabilidade de cada um de nós com os efeitos do que se produz no laboratório de Química.

O tratamento e a reciclagem de resíduos industriais, ou até mesmo aqueles gerados em laboratórios de ensino e pesquisa têm contribuído para a redução da contaminação ambiental. Entretanto, técnicas de tratamento, em geral, apresentam alto custo e a necessidade de profissionais com conhecimento para tal, tornando-se desvantajosas em relação às técnicas de redução na fonte. Desta forma, a sustentabilidade é o objetivo e a Química Verde um dos meios para alcançá-lo.

A Química Verde é definida pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) como: "A invenção, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas". Logo a Química Verde se utiliza de técnicas químicas e metodológicas que reduzem ou eliminam o uso de solventes, reagentes, produtos e subprodutos que são nocivos ao meio biótico e abiótico.

A Química Verde é orientada por 12 princípios que precisam ser considerados quando se pretende implantá-la em uma indústria ou instituição de ensino e/ou pesquisa na área de Química. São os seguintes:

1. **prevenção.** É mais barato evitar a formação de resíduos tóxicos do que tratá-los depois que eles são produzidos;
2. **eficiência atômica.** As metodologias sintéticas devem ser desenvolvidas de modo a incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final;

3. **síntese segura.** Devem-se desenvolver metodologias sintéticas que utilizam e geram substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente;
4. **desenvolvimento de produtos seguros.** Deve-se buscar o desenvolvimento de produtos que após realizarem a função desejada, não causem danos ao ambiente;
5. **uso de solventes e auxiliares seguros;** A utilização de substâncias auxiliares como solventes, agentes de purificação e secantes precisa ser evitada ao máximo; quando inevitável a sua utilização, estas substâncias devem ser inócuas ou facilmente reutilizadas;
6. **busca pela eficiência de energia.** Os impactos ambientais e econômicos causados pela geração da energia utilizada em um processo químico precisam ser considerados. É necessário o desenvolvimento de processos que ocorram à temperatura e pressão ambientes;
7. **uso de fontes de matéria-prima renováveis.** O uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizada no desenvolvimento de novas tecnologias e processos;
8. **evitar a formação de derivados.** Processos que envolvem intermediários com grupos bloqueadores, proteção/desproteção, ou qualquer modificação temporária da molécula por processos físicos e/ou químicos devem ser evitados;
9. **catálise.** O uso de catalisadores (tão seletivos quanto possível) deve ser escolhido em substituição aos reagentes estequiométricos;
10. **produtos degradáveis.** Os produtos químicos precisam ser projetados para a biocompatibilidade. Após sua utilização não deve permanecer no ambiente, degradando-se em produtos inócuos;
11. **análise em tempo real para a prevenção da poluição.** O monitoramento e controle em tempo real, dentro do processo, deverá ser viabilizado. A possibilidade de formação de substâncias tóxicas deverá ser detectada antes de sua geração;
12. **Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes.** A escolha das substâncias, bem como sua utilização em um processo químico, devem procurar a minimização do risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões.

Desta maneira, ao se procurar tecnologias que empregam a Química Verde, deve-se estar atento a três pontos principais:

1. o uso de rotas sintéticas alternativas;
2. o uso de condições reacionais alternativas;
3. o desenvolvimento de produtos químicos menos tóxicos que as alternativas atuais e mais seguras.

Breves comentários sobre o cromo

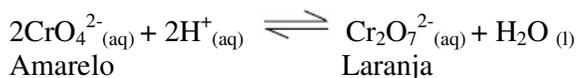
O Cromo é um elemento químico, que “silenciosamente” faz parte de nossas vidas. Tem uma relação importante com nossa saúde, parte de nossa economia e o meio ambiente. O cromo é um elemento traço essencial (mas também pode ser tóxico) para o ser humano e outros seres vivos. O cromo (III) tem ocorrência natural, enquanto cromo (VI) e cromo (0) são geralmente produzidos por processos industriais. Na indústria, o cromo é empregado principalmente para fazer aços inoxidáveis e outras ligas metálicas. Na forma do mineral cromita (FeCr_2O_4), é empregado na indústria de refratários para fazer tijolos de fornos metalúrgicos.

Reações envolvidas no tratamento do Cr^{6+}

O experimento apresentado neste roteiro é uma sequência daquele de “Equilíbrio-químico”, no qual se evidenciou o equilíbrio cromato-dicromato através da adição de espécies ácidas e básicas:



Representação da estrutura da estrutura do íon dicromato

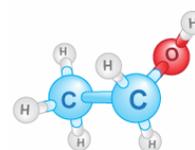


O dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) é sólido laranja-avermelhado de massa molar 294,19 g/mol é solúvel em água e insolúvel em etanol, possui empregabilidade como corante, em indústrias de cola, vidro, fotografia, curtimento do couro, entre outras aplicações.

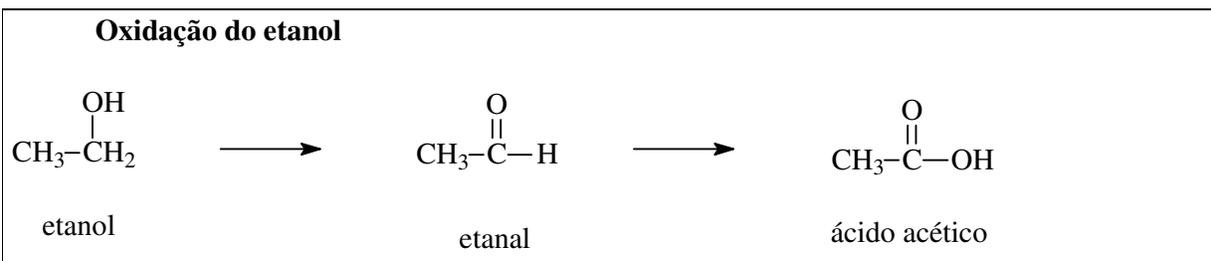
O Cr^{6+} é um forte agente oxidante, com um potencial de redução em meio ácido de + 1,33 eV:



O agente redutor deste experimento será o etanol. Na reação álcool sofre oxidações sucessivas formando as espécies acetaldeído (etanal) e ácido acético. Uma parte do acetaldeído se perde por evaporação enquanto o restante sofre oxidação no meio reacional.



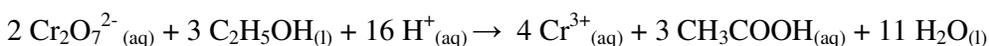
Representação da estrutura da molécula de etanol



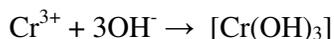
O nox (número de oxidação) médio do carbono se calcula da seguinte forma:



A equação iônica geral da reação é:



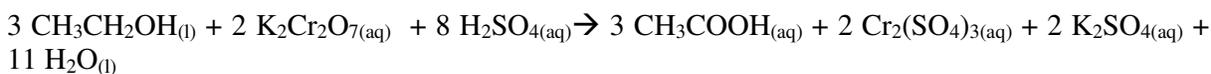
Após a reação se completar a solução é neutralizada e um excesso de base gera a precipitação do hidróxido de cromo (III).



Como o hidróxido de cromo (III) é pouco solúvel em água ($K_s = 6,3 \times 10^{-31}$), o precipitado é filtrado em funil de Büchner e colocado na estufa a 100 °C por aproximadamente 1 hora.

Curiosidade:

Há um tipo de bafômetro que se fundamenta na reação estudada:



Para saber mais sobre bafômetros, consulte o seguinte site que apresenta alguns detalhes de como funciona o bafômetro químico: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/bafometros3.htm>

4. Pré- Laboratório

1. Indique o agente oxidante e o redutor da reação.
2. Escreva as semirreações redox envolvidas no processo.
3. Calcule o nox médio do carbono em etanol, acetaldeído e ácido acético.
4. Qual o efeito do excesso de ácido sulfúrico e etanol na reação?
5. Defina produto de solubilidade (Ks).
6. Como justificar este balanceamento da reação que ocorre no bafômetro químico?
7. Leia o artigo indicado abaixo que descreve um modelo de construção de um bafômetro que pode ser explorado no ensino médio. Comente sobre a utilização deste experimento em aulas de Química no ensino médio destacando possíveis pontos positivos e negativos.

Artigo sobre o bafômetro:

FERREIRA, Geraldo A. Luzes; MÓL, Gerson de Souza; SILVA, Roberto Ribeiro. Bafômetro: um modelo demonstrativo. Química Nova na Escola, n.5, p.32-33, 1997. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc05/exper2.pdf>

5. Material:

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| - Funil de Buchner | - H ₂ SO ₄ 2M |
| - Papel filtro | - Resíduo contendo Cr ⁺⁶ |
| - Kitassato de 500mL | - Etanol |
| - Béquer de 250mL | - Na ₂ CO ₃ |
| - Proveta de 50mL | |
| - Bastão de vidro | |
| - Vidro relógio | |

6. Procedimento experimental

Parte A – Etapa Redox

Em um béquer de 250 mL adicione 50 mL do resíduo contendo Cr^{6+} , em seguida, misture etanol à solução, com um pouco de excesso, de acordo com a estequiometria da reação. Em seguida resfrie a solução em banho de gelo enquanto, sob agitação, adicione lentamente ácido sulfúrico 2,0 M, utilizando também um excesso estequiométrico. Depois da adição, coloque a solução na capela química e deixe-a em repouso (reagindo por um período entre 30 e 40 minutos).

Observação 1: é necessário se ter cuidado para que a solução não ultrapasse 60°C , devido à formação de subprodutos a alta temperatura.

Observação 2: poderá ocorrer a formação de cristais laranja escuro do alúmen de crômio e potássio = $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_2](\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Parte B – Etapa da neutralização da solução e precipitação de hidróxido de cromo (III)

Nas soluções aquosas ácidas contendo resíduos de cromo (III), adicione lentamente carbonato de sódio (Na_2CO_3) até que não se observe a liberação de borbulhas (gás carbônico) e espere pela completa precipitação do hidróxido de cromo (III) triidrato (essa etapa deve ocorrer em $\text{pH} \approx 8$), conforme a seguinte equação química:



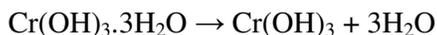
Filtre o precipitado em funil de Büchner, lavando-o bem com água destilada para evitar impurezas solúveis e seque-o na estufa em 100°C por volta de 1 hora. Armazene o resíduo sólido em recipiente adequado, o qual deverá ser devidamente identificado com etiqueta contendo o tipo de resíduo (fórmula química), data, identificação do laboratório, identificação dos alunos que sintetizaram o composto, a massa (g) etc. Descarte a solução aquosa na pia com bastante água corrente.

O hidróxido de cromo (III) triidrato ($\text{Cr}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), um pó azul esverdeado, é insolúvel em água.

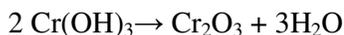
Faça o teste de solubilidade do sólido obtido para reforçar esta informação e se certificar que você obteve esse produto.

Para a preparação do Óxido de Cromo (III):

1º - Coloque o hidróxido de cromo (III) na estufa por 30 minutos a 90°C , para desidratá-lo, onde deve ocorrer a reação química de acordo com a seguinte equação:



2º - Coloque o hidróxido de cromo (III) na mufla por 1 hora acima de 800°C , onde deve ocorrer a reação química de acordo com a seguinte equação



Questão para discutir nas conclusões do relatório

- Qual é a relação entre o experimento realizado com os conceitos de Química Verde?