

## REAÇÕES DE OXI-REDUÇÃO: UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM EM SALA DE AULA

*Oxi-Reduction Reactions: an Approach Proposal in Classroom*

**Sabrina Gabriela Klein** (sabrindaklein92@gmail.com)

**Mara Elisa Fortes Braibante** (maraefb@gmail.com)

**Hugo Tubal Schmitz Braibante** (hugots09@gmail.com)

*Universidade Federal de Santa Maria*

*Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria, RS.*

*Recebido em: 17/06/2019*

*Aceito em: 16/12/2019*

### Resumo

O presente trabalho apresenta os resultados de uma investigação educacional no ensino de Química voltada para o estudo do conteúdo de reações de oxidação-redução. A pesquisa investigou como a temática poluição pode contribuir para a construção do conhecimento de reações redox, e nesse artigo, apresenta-se uma proposta de abordagem para o conteúdo, bem como, os resultados encontrados por meio de uma intervenção em sala de aula com estudantes do ensino médio. Para isso, apresentamos uma breve revisão teórica sobre as reações redox bem como estudos que apontam as principais dificuldades de ensino e aprendizagem. As intervenções em sala de aula foram organizadas através do tema poluição que foi trabalhado sobre dois enfoques: poluição do solo e poluição da água. Os resultados demonstram que a forma proposta foi, de maneira geral, eficaz para uma evolução conceitual, amenizando as dificuldades encontradas no ensino desse conteúdo.

**Palavras-chave:** reações redox; poluição do solo e da água; ensino e aprendizagem;

### Abstract

The present paper presents the results of an educational research in the teaching of Chemistry focused on the study of the oxy-reduction reactions content. The research investigated how the thematic pollution can contribute to the construction of redox reactions knowledge, and in this paper, presents a proposal for approaching the content as well as the results found through a classroom intervention with high school students. For this, we present a theoretical revision on the redox reactions as well as studies that point out the main difficulties of teaching and learning. Classroom interventions were organized through the theme pollution that was developed on two approaches: soil pollution and water pollution. The results demonstrate that the proposed model was, in general, effective for a conceptual evolution, mitigating the difficulties presented in teaching of this content.

**Keywords:** redox reactions; soil and water pollution; teaching and learning

## INTRODUÇÃO

Neste trabalho iremos apresentar alguns aspectos teóricos envolvendo as reações de oxidação-redução e uma proposta para seu ensino em sala de aula com estudantes de ensino médio. A proposta emergiu de uma pesquisa maior, regida pelo problema: como a temática poluição, considerada em duas perspectivas –poluição do solo e da água- sob um enfoque CTSA, pode favorecer o processo de ensino aprendizagem do conteúdo de reações redox para estudantes do nível médio? A escolha por esse conteúdo surge em vista dos obstáculos de ensino-aprendizagem, apontados na literatura, que ele apresenta (De Jong, Acampo e Verdonk, 1995; Silva, 2008; Österlund, Berg e Ekborg 2010; Klein e Braibante, 2015). Dentro desta perspectiva, pensando uma maneira de contribuir para superar essas dificuldades, realizou-se uma pesquisa com 18 estudantes da segunda série do ensino médio de um colégio estadual localizado em Santa Maria, RS.

Para superação da aula tradicional, optou-se pela utilização de temas no ensino de química, em virtude de ser uma ferramenta que permite a problematização do conteúdo a ser ministrado pois os temas podem ser extraídos do contexto dos sujeitos (Vogel e Mari, 2014). Essa mesma ideia é compartilhada por Braibante e Pazzinato (2014) ao sugerir que o uso de temáticas favorece o processo de ensino e aprendizagem e a formação do caráter cidadão dos alunos.

Na perspectiva de escolha de um tema que abrangesse as reações de oxidação-redução e também pudesse contribuir para a formação cidadã, surge o tema “Poluição”. Esse tema possui alto potencial para discussões ambientais responsáveis pela construção de hábitos e atitudes que possam favorecer o desenvolvimento de posicionamento mais crítico frente aos problemas da sociedade. As reações redox e o tema poluição foram desenvolvidos sob duas perspectivas: a poluição do solo pela abordagem da contaminação de pilhas e baterias (reações inorgânicas) e a poluição da água com foco para o tratamento de efluentes (reações orgânicas).

Julgou-se importante primeiramente, explorar alguns conceitos envolvidos neste tipo de reação por meio de um referencial teórico que demonstrará os diferentes enfoques e definições usados para explicá-las. Em seguida, será apresentado brevemente estudos que descrevem as principais dificuldades associadas à aprendizagem (estudantes) como também ao ensino desse conteúdo (professores). Reunindo esses conhecimentos, propõem-se uma abordagem para as reações em nível de ensino médio a qual será descrita e avaliada com os resultados obtidos nas intervenções em sala de aula.

## AS REAÇÕES DE OXI-REDUÇÃO

Em relação aos conceitos referentes as reações de oxidação-redução, muitas denominações são empregadas como, reações redox, ou reações de oxidação-redução, ou reações de oxidação-redução ou ainda reações de oxirredução, bem como os diversos enfoques para explicá-las. A IUPAC (2014, p. 1048) descreve a oxidação, para a química da atmosfera, como sendo: 1) remoção completa de um ou mais elétrons da estrutura molecular; 2) aumento no número de oxidação de qualquer átomo em qualquer substrato; 3) Ganho de oxigênio ou perda de hidrogênio de qualquer substrato orgânico. Todas as reações de oxidação cumprem os critérios 1 e 2, e muitas se encontram no critério 3, porém isso nem sempre é de fácil demonstração.

Os termos oxidação e redução surgiram pela primeira vez no final do século XVIII, como sendo um sentido literal da reação que ocorre com o elemento oxigênio e sua conversão. Após alguns

estudos descobriu-se que haviam reações sem o oxigênio. Assim, em 1884, o químico Muir ampliou o conceito original aplicando-o às mudanças químicas que resultam em uma adição de uma carga negativa ou decréscimo de carga positiva. Vinte anos depois, os químicos Caven e Lader tentaram racionalizar o conceito de processos equivalentes descrevendo a oxidação com a conversão de um menor para um maior estágio de combinação com oxigênio, por meio da adição de qualquer oxigênio ou um átomo eletronegativo, ou pela remoção de um átomo de hidrogênio. O processo de redução é o inverso (Jensen, 2007).

Enquanto isso, na área da eletroquímica, Ostwald em 1893, observou que processos de oxidação e redução nos eletrólitos consistem na aquisição ou na liberação de cargas iônicas e oxidantes são substâncias que adquirem carga negativa ou liberam carga positiva e redutores são aqueles em que o oposto ocorre (Jensen, 2007). De acordo com o mesmo autor, em 1915, Fry, concluiu que o desenvolvimento de uma valência positiva por um átomo, pela perda de elétrons corresponde a oxidação, e quando um átomo desenvolve uma valência negativa, através do ganho de elétrons ele é reduzido.

Assim, aparecem na literatura várias formas de descrever os processos de oxidação-redução, muitos de acordo com os critérios da IUPAC, como por exemplo, os autores Joesten e Wood (1996) que definem as reações redox como: (1) oxidação é a reação com o oxigênio, na qual um ou mais produtos da reação e os produtos de oxidação, ganharam oxigênio; (2) oxidação é a perda de hidrogênios por um reagente, e (3) oxidação é a perda de elétrons de valência por um átomo, íon. A redução é o oposto (Quadro 1).

**Quadro 1** – Diferentes definições das reações de oxi-redução

<b>Oxidação</b>	
<b>Definição</b>	<b>Usado para</b>
Oxidação é o ganho de oxigênio	Reações que envolvem oxigênio
Oxidação é a perda de átomos de hidrogênio	Reações que envolvem hidrogênio
Oxidação é a perda de elétrons	A maioria dos tipos de reações
<b>Redução</b>	
Redução é a perda de oxigênio	Reações que envolvem oxigênio
Redução é o ganho de átomos de hidrogênio	Reações que envolvem hidrogênio
Redução é o ganho de elétrons	A maioria dos tipos de reações

Fonte: Adaptado de Joesten e Wood (1996)

Para Ringnes (1995 apud Osterlund e Ekborg, 2009), existem quatro modelos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), para explicar as reações redox. Porém, ao analisarmos esses modelos, estes estão de acordo com três critérios da IUPAC, em que o modelo de oxigênio e o modelo do hidrogênio encaixam-se no critério 3, o modelo de elétrons no critério 1 e modelo do número de oxidação no critério 2.

**Quadro 2** – Modelos de oxidação-redução

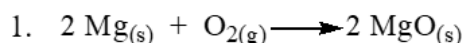
Modelo	Redução	Oxidação
Modelo do Oxigênio	Perda de oxigênio	Ganho de oxigênio
Modelo de Hidrogênio	Ganho de hidrogênio	Perda de hidrogênio
Modelo de Elétrons	Ganho de elétrons	Perda de elétrons
Modelo do número de oxidação	Diminuição do número de oxidação	Aumento do número de oxidação

Fonte: adaptado de Ringnes (1995 apud Osterlund; Ekborg, 2009)

Encontramos ainda uma definição que utiliza a oxidação como sendo uma diminuição da densidade eletrônica e a redução como um aumento. Isso foi proposto por Anselme (1997) e esta forma de definir não aparece, pelo menos de forma explícita, nas regras da IUPAC.

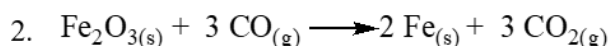
Dessa forma, partindo destas diferentes definições de uma reação redox, exploraremos cada uma delas, bem como estabeleceremos uma relação com os critérios instituídos pela IUPAC. Assim, quanto o critério 1 e 2 da IUPAC: 1) remoção completa de um ou mais elétrons de uma entidade molecular; 2) aumento no número de oxidação de qualquer átomo em qualquer substrato; dizemos que uma espécie está oxidada quando esta perde elétrons e reduzida quando ganha elétrons. (Atkins e Jones, 2006).

De acordo com os mesmos autores, para reconhecer uma reação redox envolvendo metais precisamos descobrir se existe uma transferência de elétrons de uma espécie para outra. Uma maneira é através do número de oxidação (NOX). Isso porque, quando ocorre uma oxidação, há um aumento no número de oxidação e em uma redução o número de oxidação diminui. Assim, uma reação redox envolvendo metais ocorre quando os números de oxidação se alteram. Chamamos de agente oxidante aquele que provoca a oxidação, sendo esta a espécie que reduz, e agente redutor aquele que provoca a redução, portanto se oxida. Exemplificando essa forma de conceituação os autores Atkins e Jones (2006) apresentam a reação (1) de oxidação-redução entre o magnésio e o oxigênio:



Durante essa reação os átomos de magnésio sólido perdem dois elétrons para formar íons  $\text{Mg}^{2+}$  e os átomos de oxigênio molecular ganham dois elétrons para formar o  $\text{O}^{2-}$ . Essa transferência de elétrons de uma espécie para outra é reconhecida como etapa essencial da oxidação.

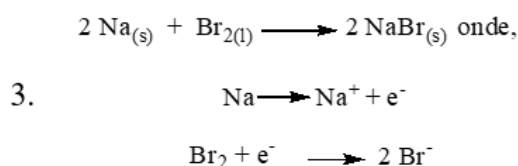
Como exemplo de redução temos a reação (2) entre o óxido de ferro III e monóxido de carbono:



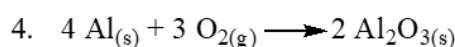
Nessa reação os íons  $\text{Fe}^{3+}$  do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  são convertidos em átomos de Fe que ao ganhar elétrons ficam com carga zero. Este é o padrão comum das reduções, um átomo ganha elétrons de uma

espécie, e assim, sempre que a carga diminui dizemos que houve redução. Dessa forma, a oxidação é o processo de perda de elétrons e a redução de ganho, mas como os elétrons são partículas reais e não podem ser “perdidas”, sempre que uma espécie se oxida outra deverá se reduzir. Não é possível considerar a oxidação separadamente da redução, uma transferência precisa da outra para a reação acontecer (Atkins e Jones, 2006).

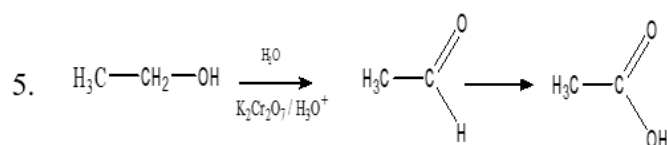
Para Joesten e Wood (2006) oxidação como perda de elétrons, é a definição mais geral, em que um átomo ou íon é dito oxidado quando perde elétrons. Quando um átomo neutro se transforma em um íon positivo, ele deve ter perdido elétrons e se oxidado. Como exemplo, apresentam a reação (3) entre Sódio e Bromo



Para o terceiro critério da IUPAC (Ganho de oxigênio ou perda de hidrogênio), mais especificamente para o modelo que utiliza a oxidação pelo ganho de oxigênio, Joesten e Wood (1996) explicam que isso ocorre quando oxigênio se combina com outro elemento ou composto. Como exemplo, vejamos a reação do metal alumínio, reagindo com o oxigênio. Neste caso dizendo que, em tal reação (4), o metal foi oxidado.



Para elucidar a oxidação como perda de hidrogênio, os mesmos autores explicam que isso ocorre geralmente em reações orgânicas, sendo que a perda de hidrogênio não é a causa da oxidação, mas é uma forma de reconhecer quando a oxidação ocorre. Citando como exemplo, a oxidação (5) do etanol (álcool) a etanal (aldeído) e posteriormente a oxidação deste a ácido etanoico (ácido carboxílico).

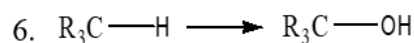


Os autores mencionam que a definição mais geral é a oxidação como perda de elétrons por um átomo ou íons. Assim, para cada uma das três definições de oxidação correspondem as definições de redução: (1) redução é a perda de oxigênio por um reagente; (2) redução é o ganho de hidrogênio por um reagente; (3) redução é o ganho de elétrons de valência por um átomo, molécula ou íon.

Analisando outros pontos de vista, o autor Anselme (1997), afirma que o domínio dos conceitos e definições de oxidação como perda de elétrons e redução como ganho de elétrons é relativamente simples, porém a constatação de que a aplicação desse conhecimento não é intuitivamente transferível para a Química Orgânica. Em seu artigo, o autor apresenta algumas reações e explica cada uma delas em detalhes, demonstrando que não é tão simples utilizar a definição

clássica em reações de oxidação-redução para a química orgânica.

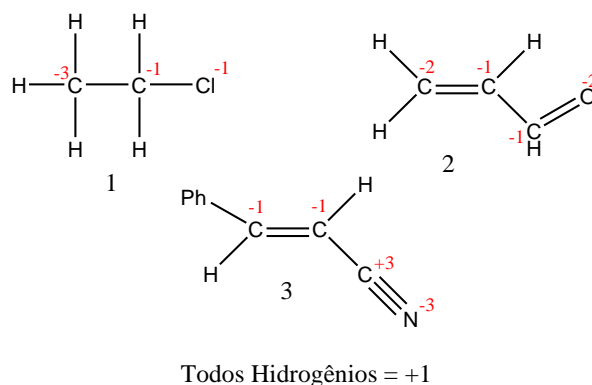
O autor evidencia que a definição clássica de ganho e perda de elétrons não se enquadra totalmente nas reações de oxidação-redução da química orgânica. Ele acredita que uma definição mais ampla e funcional pode ser considerada como sendo a oxidação do carbono uma diminuição da densidade eletrônica e a redução como aumento da densidade eletrônica ao redor do átomo envolvido, ao invés de considerar simplesmente a perda e o ganho de elétrons. Isso pode ser demonstrado pela conversão de alcano a álcool (6).



Na análise deste caso, o carbono do alcano compartilhando o par de elétrons com o hidrogênio menos eletronegativo passa a compartilhá-lo com o oxigênio mais eletronegativo no álcool. A densidade eletrônica ao redor do carbono diminuiu, portanto, ele se oxidou. Esta perspectiva surge como mais uma maneira para explicar uma reação redox.

Uma outra abordagem é utilizando os números de oxidação, proposta por Menzek (2002), sendo essa uma forma mais simples para explicar as reações redox na química orgânica. Não podemos esquecer que na química orgânica estamos trabalhando com compostos covalentes, enquanto na química inorgânica, compostos iônicos. Esse fato leva a uma diferença na hora de atribuir o número de oxidação aos compostos, pois deve-se levar em conta a eletronegatividades dos átomos ligados ao carbono, assim cada átomo da molécula adquire uma carga parcial. A densidade eletrônica em torno do carbono diminui se este estiver ligado a átomos mais eletronegativos, como por exemplo, oxigênio e cloro, sendo assim possuem a tendência de polarizar a ligação covalente.

Menzek (2002) apresenta os seguintes exemplos de compostos orgânicos com seus números de oxidação (Figura 1):



**Figura 1:** Determinação dos números de oxidação em compostos orgânicos

Ele afirma, que essa forma de apresentação ajuda para a compreensão das reações de oxirredução, porém os números de oxidação desses átomos de carbono não são totalmente corretos, pois os efeitos indutivos (I) e mesoméricos (M) não foram considerados.

Dentro da definição utilizada na química orgânica, de perda de hidrogênio e adição de oxigênio, Menzek afirma que o átomo de carbono é mais eletronegativo que o hidrogênio, mas menos que o oxigênio. Dessa forma, um composto recebe elétrons se houver perda de oxigênio ou ganho de hidrogênio, e perde elétrons se houver perda de hidrogênio ou adição de oxigênio. O elemento que

recebe ou perde elétrons é geralmente o carbono. Para verificar se houve oxidação ou redução em compostos orgânicos, visto que estes possuem, na maioria das vezes, mais de um carbono em sua estrutura, e cada carbono pode possuir um número de oxidação diferente, dependendo a quem está ligado, podemos ainda, de acordo com Menzek, considerar o número médio de oxidação. Se este número médio aumenta, houve oxidação e vice-versa.

## DIFICULDADES NO ENSINO-APRENDIZAGEM

As reações redox foram e continuam sendo consideradas difíceis de ensinar e aprender. Muitas pesquisas vem sendo desenvolvidas com o propósito de identificar as principais dificuldades, tanto de ensino quanto de aprendizagem, do conteúdo (De Jong, Acampo e Verdonk, 1995; Sanger e Greenbowe, 1997; Huddle e White, 2000; Özakaya, 2002; Silva, 2008; Österlund e Ekborg, 2009; Österlund, Berg e Ekborg, 2010; Akram, Surif e Ali, 2014; Autor 1 e Autor 2, 2015). Acredita-se que essas inúmeras dificuldades encontradas surgem devido aos conhecimentos prévios necessários para seu entendimento tais como: ligações químicas, modelo atômico, reações químicas, propriedades dos elementos químicos, entre outros, conforme destacado por Silva (2008).

Três importantes dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos estudantes, descritas em estudos, são: 1) dificuldade em compreender a oxidação e a redução como reações complementares (De Jong e Treagust 2002 apud Österlund, Berg e Ekborg, 2010); 2) dificuldade em identificar os agentes oxidantes e redutores (De Jong e Treagust, 2002 apud Österlund, Berg e Ekborg, 2010); 3) a compreensão que reações redox é definida como perda e ganho de oxigênio (Österlund e Ekborg, 2009).

Outra pesquisa, mais recente, referente às concepções apresentadas por estudantes de nível médio a respeito do entendimento do conteúdo de reações redox, verificou-se que a maioria dos estudantes não sabe identificar as reações redox dos demais tipos de reações, averiguou-se que os estudantes apresentam dificuldades em identificar a espécie que sofre redução e a espécie que sofre oxidação. Ainda demonstrou-se algumas relações confusas, como associar a palavra oxidação com oxigênio, ou água como causadora de oxidação. Por fim, observou-se que poucos sabem utilizar o modelo atômico corretamente para explicar a perda ou ganho de elétrons (Autor 1 e Autor 2, 2015).

Outro fator que colabora são os diferentes modelos utilizados para as explicações, visto que muitas vezes estes são utilizados no estudo das diferentes áreas de química, sem fazer relação entre elas. Österlund, Berg e Ekborg (2010) salientam que os autores de livros devem levar em consideração os estudos que indicam as dificuldades dos estudantes e devem ajuda-los a compreender as mudanças de modelos usados para as reações redox, visto que apenas utilizam de diferentes formas em cada área sem justificar o porquê.

De Jong, Acampo e Verdonk (1995) ao investigarem professores, concluíram que as reações redox são difíceis também de ensinar, demonstrando que os maiores problemas estão nas atividades de ensino utilizadas pelos professores, que não levam em consideração as necessidades dos estudantes em entender novas concepções. Isso é realizado oferecendo aos estudantes problemas inadequados,

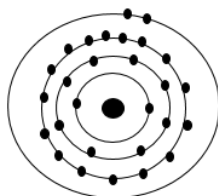
explicações supérfluas, terminologias confusas, ignorando as concepções alternativas dos alunos, e minimamente falando de aplicações industriais.

Em virtude desses fatos, propomos a seguir uma maneira para explicar esses conteúdos aos estudantes do ensino médio.

## PROPOSTA PARA EXPLICAÇÃO DO CONTEÚDO A NÍVEL MÉDIO DE ENSINO

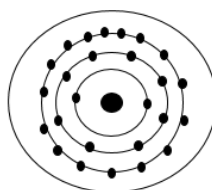
Conforme mencionado, existem diferentes formas de conceituação para as reações redox, mas Silverstein (2011) afirma que a primeira coisa a se fazer é determinar o número de oxidação, pois se houver um aumento no número de oxidação um átomo deve ter sido oxidado e consequentemente outro deve ter sido reduzido. Em concordância, propomos aqui, uma explicação que leva em consideração a estrutura atômica, de forma que os conceitos só serão significativos quando o entendimento partir do nível atômico molecular. Busca-se dessa forma um entendimento mais profundo que permita ao estudante a compreensão do fenômeno e não a simples memorização.

A definição de perda e ganho de elétrons apresenta como consequência o aumento e a diminuição do NOX. Esse aumento ou diminuição do número de oxidação ocorre devido à perda ou ganho de elétrons. Para entender essa relação, é necessário pensar na estrutura atômica. Como exemplo, para facilitar o entendimento, analisaremos a seguinte reação:  $\text{Zn}^0(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}^0(\text{s})$ . Pela definição identificamos que o zinco sofre oxidação, pois o número de oxidação átomo de Zn passa de 0 para 2+, ou seja, houve um aumento. O átomo de Cu sofre redução, pois houve uma diminuição do número de oxidação, de +2 para 0. Até o momento, teríamos a definição normal. Porém, vamos analisar isso em termos moleculares, começando com o átomo de Zn que possui 30 elétrons ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$ ), representado na Figura 2.



**Figura 2**– Átomo de  $\text{Zn}^0$

Nessa representação, apresentamos os 30 elétrons do átomo de zinco neutro, sendo que na sua última camada encontram-se 2 elétrons. Agora representaremos o átomo de Zn oxidado, quando ele **perde** dois elétrons na Figura 3.

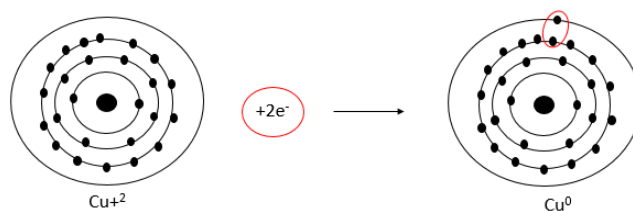


**Figura 3**– Átomo de  $\text{Zn}^{2+}$



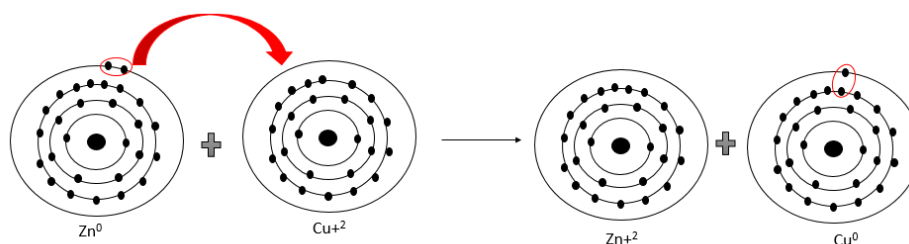
Na representação da Figura 14, o átomo de zinco perde dois elétrons, ficando com 18 elétrons na última camada. Com a perda destes dois elétrons, o átomo fica carregado eletricamente, e para demonstrar isso dizemos que este átomo ficou  $Zn^{2+}$ , isso porque ele está com dois prótons (carga +) a mais que o número de elétrons (carga negativa). Dessa forma, conseguimos explicar porque o aumento do número de NOX ( $Zn^0 \rightarrow Zn^{+2}$ ) ocorre devido à perda de elétrons.

O mesmo acontece com o Cu, 29 elétrons ( $1s^22s^22p^63s^23p^64s^13d^{10}$ ) ele representado como  $Cu^{+2}$ , significa que este átomo está com 2 prótons a mais que o número de elétrons, ou seja, possui dois elétrons a menos como podemos ver pela representação a seguir, em que a esquerda apresentados o átomo de  $Cu^{2+}$ , e a direita temos o átomo  $Cu^0$  que **recebeu** dois elétrons (redução) (Figura 4):



**Figura 4**– Semi-reação do Cobre

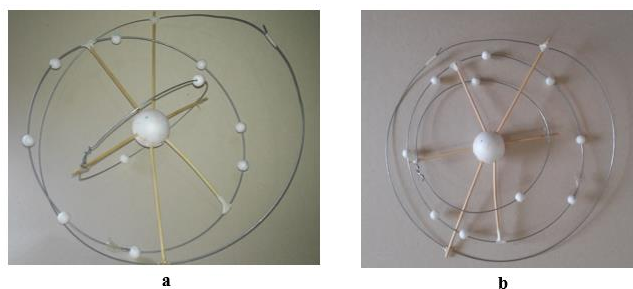
Demostramos a reação global de forma esquemática na Figura 5,



**Figura 5**– Reação global entre Zinco e Cobre

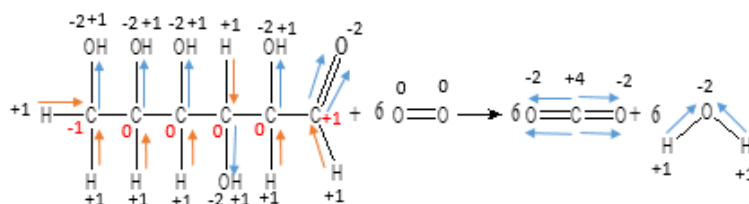
Utilizando esta forma de explicação não é necessária memorização normalmente utiliza: **aumentou** NOX **oxidou**, **diminui** **reduziu**. Também não são necessárias utilizar as regras para determinação do NOX, pois basta utilizar as propriedades dos elementos químicos, sua localização na tabela periódica e o entendimento das ligações químicas para inferir o NOX, mas para isso, estes conteúdos também devem estar bem estabelecidos, o que pode gerar uma outra pesquisa.

Em sala de aula, utilizamos como analogia, um modelo 3D confeccionado com arames e bolas de isopor para representar os átomos de uma reação, bem como a transferência de elétrons envolvida em uma reação (Figura 6). Vale ressaltar que o modelo utilizado possui limitações, por exemplo, não consegue dar conta do dinamismo dos átomos, dos movimentos e das proporções, mas como afirma Mendonça (2011) a modelagem serve para favorecer o contato com o nível macroscópico e beneficia o aprendizado pois as explicações do que ocorre com a matéria em nível submicroscópico favorece a visualização de modelos abstratos.



**Figura 6**– a) modelo atômico 3D b) modelo atômico planificado

Ao passarmos para as reações redox orgânicas, acreditamos que a nível de ensino médio seja importante demonstrar também as mudanças de NOX envolvidas nas reações, para que não haja uma confusão entre os domínios da Química. Como vimos, nem sempre as reações se encaixam com a definição de perda de hidrogênio ou ganho de oxigênio. Baseado em Menzek (2002), apresentamos um exemplo de reação orgânica de oxirredução envolvida no tratamento de efluentes aeróbico, em que estas foram as reações exploradas em sala de aula, baseados no tema poluição, demonstrado na Figura 7.



**Figura 7**– Reação envolvida no tratamento aeróbico de efluentes: determinação do NOX

Analisando a reação percebemos que houve uma oxidação nos átomos de carbono, e uma redução nos átomos de oxigênio, sendo que os carbonos da molécula de glicose com NOX de -1, 0 e +1 perderam elétrons, adquirindo todos os Carbonos NOX +4 na molécula de CO<sub>2</sub> e os oxigênios da molécula de O<sub>2</sub>, passaram de NOX 0(zero) para -2, indicando o ganho de elétrons.

Essa abordagem foi desenvolvida com estudantes do ensino médio utilizando-se para isso dá contextualização fornecida pelo tema “Poluição”. As intervenções em sala de aula foram divididas em duas partes. A primeira denominada “Pilhas e baterias: funcionamento, impacto ambiental e consequência para a saúde humana”, sendo que as reações inorgânicas de oxi-redução foram desenvolvidas. A segunda, “Tratamento de efluentes e oxidação química”, em que as reações orgânicas foram exploradas. O quadro 3 apresenta de forma sucinta a descrição de cada intervenção, as quais foram estruturadas de acordo com os três momentos pedagógicos (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2009).

**Quadro 3** – Descrição das intervenções

<b>Parte 1- Pilhas e baterias: funcionamento, impacto ambiental e consequências para saúde humana</b>	
<b>Organização</b>	<b>Desenvolvimento</b>
Problematização Inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atividade em grupo, socialização da tarefa 1- problematização;</li> <li>- Roda de conversa;</li> <li>- Imagens e questões problemas sobre poluição;</li> <li>- Discussão de notícias sobre tecnologia.</li> </ul>
Organização do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O que é meio ambiente; o que é poluição; lei da conservação da matéria; tipos de poluentes; poluição do solo; contaminação por pilhas e baterias;</li> <li>- Desafio 1- Pesquisa no laboratório de informática</li> <li>- Apresentação do desafio 1;</li> <li>- Noções iniciais de NOX – modelo atômico e reação redox;</li> <li>- NOX, reações redox;</li> <li>- Resolução de exercícios e tabela de potencial padrão de redução;</li> <li>- Retomada em potencial e explicação do funcionamento da pilha de Daniel;</li> <li>- Experimento pilha de Cu/Mg; Descarte e reciclagem de pilhas;</li> <li>- Revisão sobre pilhas; metais pesados; consequências dos metais pesados para o solo e a saúde humana;</li> <li>- Lista de Exercícios;</li> <li>- Correção dos exercícios.</li> </ul>
Aplicação do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolução de problemas em grupo sobre as pilhas;</li> <li>- Apresentação dos cartazes confeccionados a partir dos problemas; Introdução a análise química qualitativa e orientação sobre o trabalho em laboratório;</li> <li>- Determinação de metais pesado em amostra de solo contaminado;</li> </ul>
<b>Parte 2: Tratamento de efluentes e oxidação química</b>	
<b>Organização</b>	<b>Desenvolvimento</b>
Problematização do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculo de consume de água em um dia;</li> <li>- Problematização: água o que temos a ver com ela?</li> <li>- Notícias.</li> </ul>
Organização do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Água e poluição da água;</li> <li>- Desafio: Tipos de tratamento de efluentes;</li> <li>- Tratamento de efluentes;</li> <li>- Vídeo ETA e ETE e revisão;</li> <li>- Reações biológicas no tratamento de efluentes;</li> <li>- Reações físico-químicas: eletro floculação.</li> </ul>
Aplicação do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atividade experimental: descontaminação da água por eletro floculação;</li> <li>- Desafio.</li> </ul>
Encerramento	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisão unindo as duas partes de intervenções;</li> <li>-Atividade final de produção textual;</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelos autores

Levando em consideração os pressupostos teóricos, em que a teoria do conhecimento é construída e não transmitida pelo professor (Werneck, 2006), nossas atividades de ensino foram pensadas de forma a facilitar a construção do conhecimento por parte dos alunos, em que o professor atua como um mediador desse processo. A aplicação desta pesquisa nas intervenções em sala de aula

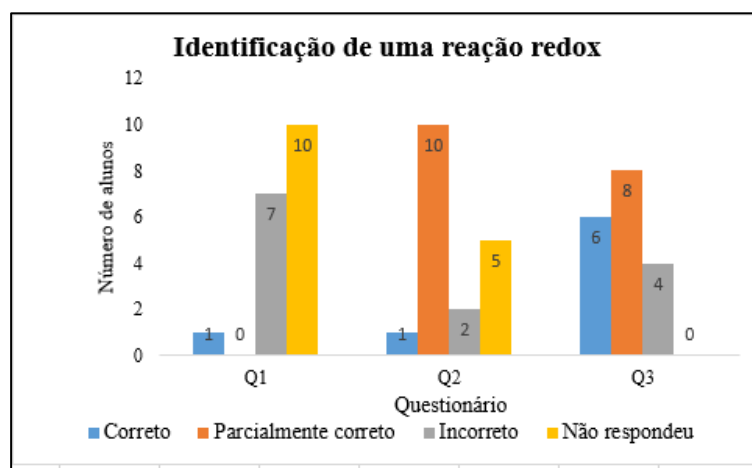
contou com a utilização de diferentes metodologias tais como: atividades experimentais; atividades de modelagem e resolução de problemas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados questionários; produções textuais; gravações de áudios e também as observações do pesquisador, visto que este participou integralmente do processo. Esses diferentes instrumentos foram analisados, predominantemente, através da Análise Textual Discursiva (ATD) (Moraes, 2003).

Entre muitos elementos da análise, neste trabalho, optou-se os 18 sujeitos envolvidos, serão analisados através da categoria **Construção do conhecimento químico** subdividida nas subcategorias: *evolução do conhecimento de reações redox inorgânicas*; *evolução do conhecimento de tratamentos de efluentes*; Essa categoria emergiu a partir de três questionários, um aplicado antes das intervenções (Q1), outro durante (Q2) e o outro após (Q3) Os resultados da pesquisa geraram outras categorias, que avaliaram a evolução a respeito de aspectos ambientais, conhecimentos de pilhas e baterias e tratamento de efluentes. Porém, o foco deste trabalho é a aprendizagem do conteúdo e a validação da proposta de explicação mencionada, por isso apenas o aspecto relacionado a construção do conhecimento será discutido.

Quanto a subcategoria- *Evolução do conhecimento de reações de oxi-redução inorgânicas*- Esse tópico contempla três das questões aplicadas nos questionários. Uma delas foi repetida em três questionários. As demais foram aplicadas somente nos Q1 e Q2. Uma das questões investigava o reconhecimento de uma reação redox por parte dos alunos. A questão, apresentava quatro alternativas que englobavam reações químicas e solicitava que os estudantes apontassem a reação de oxi-redução, sendo que havia duas respostas corretas. Como resultado, apresentamos um gráfico (Figura 8), e que estão elencados os dados obtidos, comparando os três instrumentos avaliativos.



**Figura 8** – Gráfico referente a identificação a questão de identificação de uma reação de oxi-redução

A partir do exposto foi considerada a resposta *correta* daqueles que responderam as duas alternativas. Como *parcialmente correto*, aqueles que responderam uma das alternativas corretas, e *incorreto* quem não respondem corretamente nenhuma das alternativas.

Verificamos que o reconhecimento de uma reação redox inicialmente não era conhecimento dos sujeitos. Apenas um estudante respondeu de forma correta, mas não justificou suas escolhas. A maioria dos estudantes não respondeu a questão, alegando não ter visto o conteúdo. A aplicação foi feita no início do ano, quando os estudantes ainda não haviam tido contato com as reações redox. Assim, justifica-se o fato da maioria não conseguir responder a questão, mas salienta-se que normalmente, um pouco sobre as reações redox, como NOX, são desenvolvidas no primeiro ano do ensino médio.

No Q2, ainda verificamos muitas dificuldades com essa questão. Apenas um aluno respondeu as duas alternativas, e 10 assinalaram apenas uma das alternativas. Ao final observamos uma evolução. Como por exemplo, o estudante 15, respondeu no Q1, que não sabia responder a questão e no Q2 ele conseguiu responder uma das alternativas, como está representado na Figura 9 e ao final, além de responder as duas alternativas corretas, ele representa todas as reações justificando as que não são redox pois não há mudança no número de oxidação (Figura 10), outros estudantes tiveram uma evolução bem semelhante.

1) Das reações abaixo representadas, quais são reações de oxidação-redução? Como você chegou a esta conclusão?

a)  $KI_{(s)} + H_2O \rightarrow K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$

b)  $Cu_{(s)} + 2 Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2 Ag_{(s)}$

c)  $HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

d)  $2 NaBr_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2 NaCl_{(s)} + Br_{2(g)}$

R: Porque o Cu estava neutro e perdeu 2 e<sup>-</sup>, sendo assim ele oxidou.

Figura 9– Resposta do E15 no questionário Q2

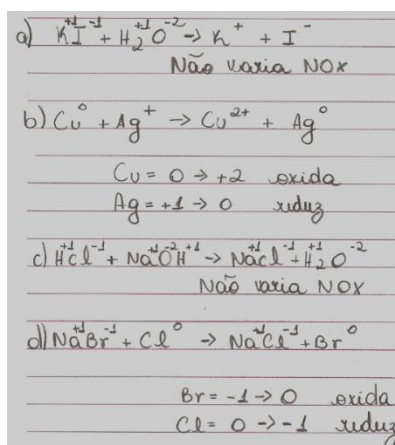
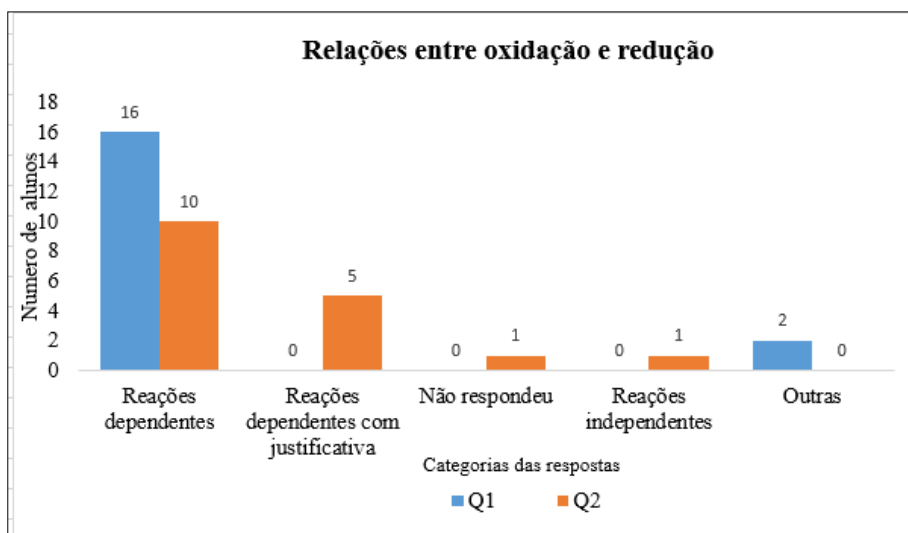


Figura 10– Resposta do E15 no Q3

Outra questão procurou saber como os estudantes entendem a simultaneidade das reações redox. O questionamento utilizado foi: Falar em oxidação separadamente de redução é o mesmo que bater palma com uma mão só. O que você entende por essa afirmação? Os resultados estão dispostos na forma de gráfico (Figura 11).



**Figura 11**– Gráfico referente a dependência das reações

As respostas foram categorizadas em: *Reações dependentes*, em que os estudantes disseram de alguma forma que a oxidação e a redução ocorrem simultaneamente; *Reação independentes*, foram agrupadas as respostas que indicavam como processos que não dependem um do outro. Além desta, outra categoria foi de *outras Respostas*, em que alguns estudantes tiveram resposta que não contemplaram o que a questão estava questionando. E ainda *não respondeu*. Foi possível verificar que no Q1 a maioria soube interpretar a analogia como a incapacidade de uma oxidação ocorrer sem que uma redução também ocorra. Porém, em nenhuma resposta encontramos a explicação do porquê uma depende da outra. Como podemos observar em algumas respostas:

*E15: Que não há como.*

*E6: É algum componente químico que precisa de outro para exercer suas funções.*

Para o Q2 foi perceptível um avanço nas justificativas quando comparadas as respostas iniciais, como podemos observar nos textos dos mesmos estudantes fornecidas no questionário Q2.

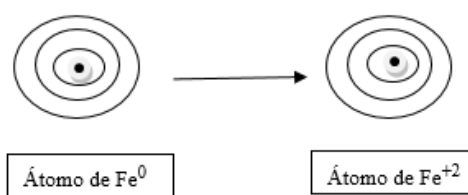
*E15: “Para ocorrer oxirredução, é preciso que um átomo perca ou receba elétrons de outro átomo”.*

*E6: “Que é impossível, um precisa da outra para acontecer, quando uma se oxida, automaticamente a outra substância está se reduzindo”.*

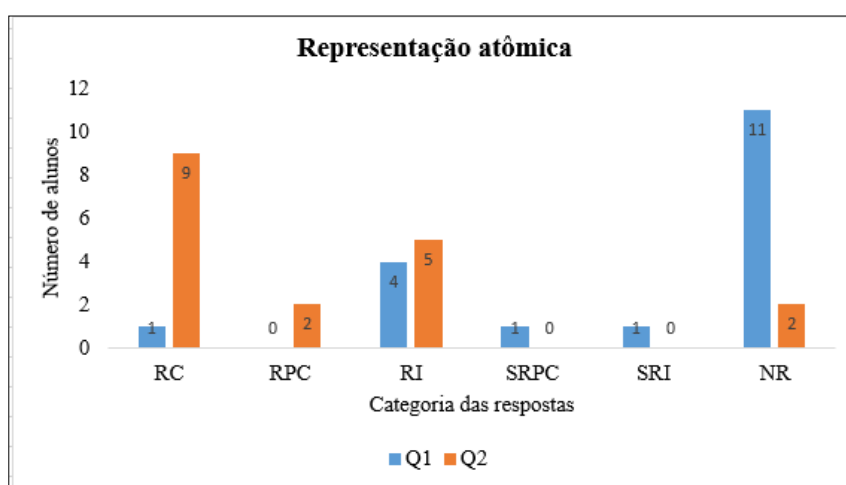
Desta forma, verifica-se uma evolução no entendimento de que oxidação não ocorre sem redução, visto que quando uma espécie perde elétrons a outra deve receber. Os estudantes complementaram suas respostas justificando a relação de dependência, não apenas analisando a analogia, como de início.

Além disso também foi avaliado o entendimento dos estudantes a respeito da representação atômica de um átomo que perde elétrons. Com a seguinte pergunta: Observe essa semi reação:

$\text{Fe}^0 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$  e levando em consideração que o número de elétrons do átomo de ferro é 26, represente no esquema abaixo essa semi-reação:



Para a análise, criamos algumas categorias a partir das respostas encontradas: *Representação correta (RC)*, em que foram agrupadas as respostas dos estudantes que representaram o modelo atômico de forma correta, distribuindo os 26 elétrons do átomo de ferro, pelas três camadas, sendo, 2 elétrons na primeira, 8 elétrons na segunda e 16 elétrons na terceira. Para o átomo de  $\text{Fe}^{+2}$ , o qual perde dois elétrons, são 2 elétrons na primeira, 8 elétrons na segunda e 14 elétrons na terceira camada; *Representação incorreta (RI)*, em que estudantes realizaram a representação porém de forma incorreta; *Sem representação e parcialmente correto (SRPC)*, para os alunos que não representaram porém responderam de alguma forma que possibilitou entender que o conhecimento esta parcialmente correto. *Sem representação e Incorreto (SRI)*, para os alunos que não representaram e ainda deram outras respostas incorretas e por fim a categoria *não responderam (NR)*. Os resultados podem ser melhor visualizados pelo gráfico (Figura 12).

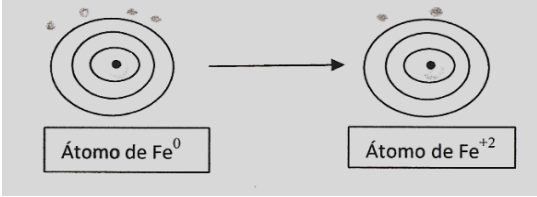
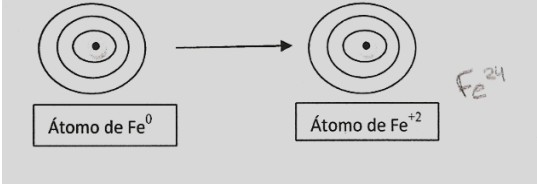
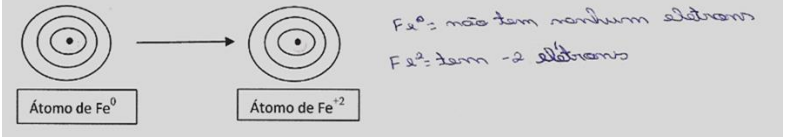


**Figura 12**– Gráfico da representação atômica

Para exemplificar, quais resposta foram consideradas em cada categoria mencionada, vejamos alguns exemplos do Q1 (Quadro 4).

**Quadro 4**– Categorias e exemplos Q1

Categoria	Exemplo
Representação correta (RC)	

Categoria	Exemplo
Representação incorreta (RI)	
Sem representação e parcialmente correta (SRPC)	
Sem representação e incorreta (SRI)	

Fonte: Elaborado pelos autores

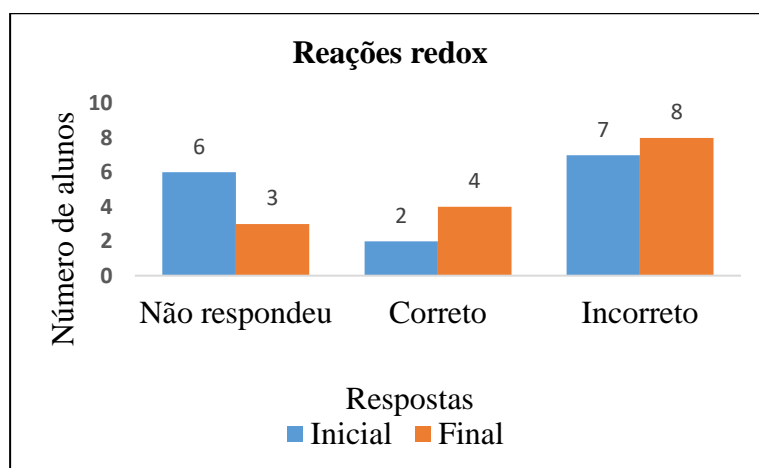
Foi possível perceber que os estudantes não possuíam conhecimento sobre estrutura atômica, conforme analisado no Q1, pois apenas um estudante soube representar forma correta e somente os alunos 8, 12 e 14 demonstraram entender o significado do  $\text{Fe}^{2+}$  mas apenas o estudante 8 soube representar. Ainda, quatro alunos tentaram representar, mas sem sucesso, e muitos não chegaram a responder a questão. Salientamos que a estrutura atômica é um conhecimento desenvolvido no primeiro ano do ensino médio, assim, os estudantes deveriam trazer algum conhecimento prévio. Porém, no Q2 verificamos uma evolução pois dos 16 estudantes que responderam, 11 apresentaram algum acerto, mesmo que apenas nove tenham representado de forma totalmente correta.

É possível observar uma grande evolução na representação do modelo atômico por parte dos estudantes. Além disto demonstraram entender o significado da notação  $^{+2}$ . De início, verificamos diversas formas errôneas de representação ou até mesmo sem representação, com outras respostas incorretas. Mas, após as aplicações, percebemos um avanço, mesmo que ainda cinco estudantes não tenham respondido corretamente, pois como justificamos anteriormente alguns ou realizaram a contagem errada do total de elétrons ou acertaram a quantidade de elétrons mas distribuíram de forma errada pelas camadas.

Essa evolução conceitual, do nosso ponto de vista, é muito importante para o entendimento da reação redox. Acreditamos que esse entendimento foi favorecido pelo uso do modelo atômico confeccionado, descrito na metodologia junto com a realização de outras atividades.

Quanto a outra subcategoria- *Evolução do conhecimento de reações de oxirredução orgânicas* - averiguamos a evolução do conhecimento quanto as reações orgânicas de oxirredução, com exemplo de uma reação envolvida no processo de tratamento de efluentes. Para facilitar a análise, construímos um gráfico (Figura 13), com as respostas obtidas no questionário inicial (Q1) e final (Q3) dessa parte das intervenções.

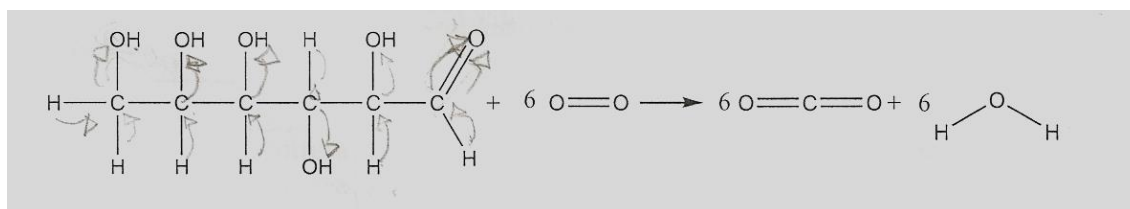




**Figura 13** – Gráfico com o resultado de acertos e erros da questão

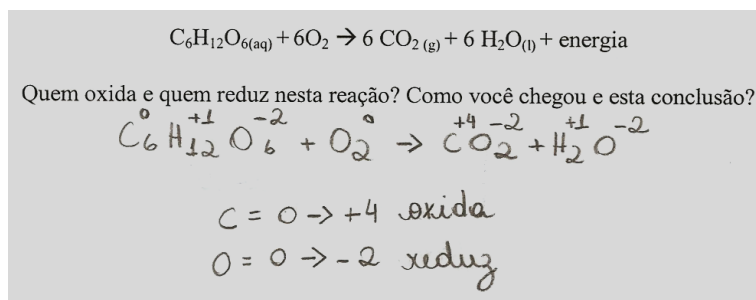
Por meio da análise do gráfico da Figura 13, é possível observar a dificuldade em resolver a questão. Observamos um maior número de erros no questionário final. No Q1 muitos nem chegaram a responder a questão. Apenas quatro estudantes conseguiram responder completamente a questão. Porém, salienta-se que são estudantes da segunda série do ensino médio e que não tiveram ainda nenhum contato com a química orgânica. Outro fator, que provavelmente tenha contribuído para esse resultado, é o tempo disponibilizado para essa parte da intervenção que foi bem menor, devido ao período de greve na escola. Mesmo assim, evidenciamos como positiva a evolução obtida pelos estudantes, mesmo que muitos não tenham conseguido responder totalmente a questão, mas demonstraram empenho na sua realização e entendimento parcial. Vejamos alguns exemplos.

O estudante E5, no questionário inicial ele disse não saber, ao final ele demonstrou através das flechas (Figura 14) corretamente, mas não consegue atribuir o NOX.

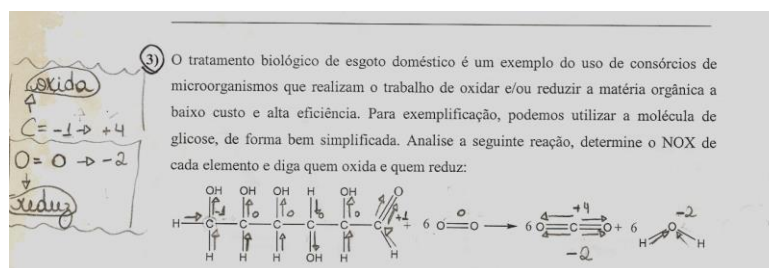


**Figura 14**– Resposta do estudante E5 no questionário final

Um exemplo de resposta correta é a fornecida pelo E15, que ao início, como podemos observar na Figura 15, soube determinar o NOX médio e respondeu corretamente a questão, e, ao final (Figura 16), novamente responde corretamente e demonstra a atração de elétrons pelos átomos mais eletronegativos, além de demonstrar corretamente o NOX de cada átomo de carbono da molécula.



**Figura 15**– Resposta fornecida pelo E15 no Q1



**Figura 16**– Resposta fornecida pelo E15 no Q2

Desta forma, acreditamos que a parte do conteúdo referente as reações talvez devesse ser explorada com mais tempo para concretizar o conhecimento daqueles estudantes que ainda não conseguiram compreender corretamente esse processo. Porém, salientamos que houve uma evolução conceitual, mesmo que pequena.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente pesquisa foram apresentados alguns resultados obtidos por meio da aplicação de intervenções que relacionavam o conteúdo de reações de oxi-redução e a temática poluição ambiental. Desta forma o foco desse trabalho foi averiguar a validade da proposta utilizada para explicar o conteúdo, bem como contribuir para o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo em questão. Os questionários aplicados a priori e a posteriori nos permitiram avaliar e validar a sequência desenvolvida para explicar as reações redox. Foi possível constatar uma evolução conceitual satisfatória, através das comparações com os questionários iniciais, que demonstraram os conhecimentos prévios, e os questionários aplicados depois das intervenções. Ainda restaram algumas dificuldades no entendimento das reações orgânicas, visto que foi o primeiro contato desses alunos com esse tipo de reação. Outro fator pode ter sido o menor tempo disponibilizado para trabalhar a parte 2, em comparação a parte 1, isso porque enfrentamos um período de greve escolar.

Dessa forma, acredita-se que as atividades propostas contribuíram para a aprendizagem das reações redox dos estudantes de nível médio, sujeitos dessa pesquisa. Esperamos que as intervenções descritas neste trabalho venham a ser utilizadas por outros professores, facilitando o ensino desse conteúdo, atingindo dessa forma, uma população maior de estudantes, para que nossa contribuição com relação ao assunto trabalhado seja maior.

Gostaríamos de salientar ainda, algumas lacunas encontradas que podem vir a ser objetos de novas pesquisa, que venham a se associar e, com isso, contribuir ainda mais com nossa pesquisa. Alguns conhecimentos prévios científicos como: ligações químicas, modelo atômico, reações químicas, propriedades dos elementos químicos são fundamentais para o entendimento desse

conteúdo. Em nossa pesquisa associamos o modelo atômico para explicar as reações e verificamos que isso facilitou o entendimento das reações. Porém, uma dificuldade encontrada foi a determinação do NOX por parte dos estudantes. O NOX, normalmente é determinado por regras, o que acaba se tornando uma decoreba. Ainda faltam estudos sobre como explicar o NOX de forma mais significativa.

## REFERÊNCIAS

AKRAM, M., & SURIF, J. B., & ALI, M. Conceptual Difficulties Of Secondary School Students in Electrochemistry. **Asian Social Science**. V. 10. N. 9.p. 276-281. 2014.

ANSELME, J-P Understanding Oxidation-Reduction in Organic Chemistry. **Journal of Chemical Education**. V. 74, n. 1, p. 69-72. 1997.

ATKINS, P., & JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman. 2006.

BRAIBANTE, M. E. F., & PAZINATO, M. S. O ensino de Química através de temáticas: contribuições do LAEQUI para a área. **Ciência e Natura**. V. 36, ed. Especial II, p. 819-826. 2014.

DELIZOICOV, D., ANGOTTI, J. A., & PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3 ed. São Paulo: Cortez. 2009.

DE JONG, O., ACAMPO, J., & VERDONK, A. Problems in Teaching the Topic of Redox Reactions: Actions and Conceptions of Chemistry Teachers. **Journal of Research in Science Teaching**. V. 33, N. 10, p. 1097-1110. 1995.

HUDDLE, P. A., & WHITE, M. D. Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. **Journal of Chemical Education**. v. 77. n. 1. p.- 104-110. 2000.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). Compendium of Chemical Terminology. Gold Book. Version 2.3.3. 2014.

JENSEN, W. B. The origin of the oxidation-state concept. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n. 9, p. 1418-1419. 2007.

JOESTEN, M. D, & WOOD, J. L. **Word of Chemistry**. 2 ed. EUA: Saunders College Publishing. 1996.

KLEIN, S. G.; BRAIBANTE, M. E. F.; Reações de oxidação-redução: concepções conceituais de estudantes de nível médio. X Encontro Nacional de Ensino de Ciências. Águas de Lindóia, SP. 2015. Disponível em: <<http://www.automacaodeeventos.com.br/sigeventos/enpec2015/sis/inscricao/resumos/0001/R1088-1.PDF>>. Acesso em: 30 Out. 2015.

MENDONÇA, P. C. C.; A influência de atividades de modelagem na qualidade dos argumentos de estudantes de química do ensino médio. **Tese de doutorado**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2011.

MENZEK, A. A new approach to understanding oxidation-reduction of compounds in Organic Chemistry. **Journal of Chemical Education**. v. 79, n.6, p. 700- 702. 2002.

- MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compressão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**. v. 9, n.2, p. 191-211. 2003.
- ÖSTERLUNND, L. L, BERG, A., & EKBORG, M. Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe?. **Chemistry Education Research and Practice**. V. 11, p. 182-192. 2010.
- ÖSTERLUNND, L. L., & EKBORG, M. Student's Understanding of Redox Reactions in Three Situation. **Nordina**, v. 5 n.2, 2009.
- ÖZAKAYA, A. R.; Conceptual Difficulties Experienced by Propospective Teachers in Electrochemistry: Half-Cell Potential, Cell Potential, and Chemical and electrochemical Equilibrium in Galvanic Cells. **Journal of Chemical Education**. v. 79. n. 6. P.- 735-738. 2002.
- SANGER, M. J., & GREENBOWE, T. J. Students' Misconceptions in Electrochemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge. **Journal of Chemical Education**. v. 74 n. 7. p- 819-823. 1997.
- SILVA, S. M. DA, Concepções Alternativas de Calouros de Química sobre Conceitos Fundamentais da Química Geral. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.
- SILVERSTEIN, T. Oxidation and reduction: too many definitions? **Journal of Chemical Education**. v. 88, n. 3, p. 279-281. 2011.
- VOGEL, M., & MARI, C. F. O uso de temas químicos sociais como proposta de ensino de Química. In: **Tópicos em Ensino de Química**. Org: SANTANA, E. M de; SILVA, E. L. da; São Carlos: Pedro & João Editores, 2014.
- WERNECK, V. R.. Sobre o processo de construção do conhecimento: o papel do ensino e da pesquisa. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v.14, n.51, p. 173-196. 2006.