

# **A importância da compreensão dos pré-requisitos para a aprendizagem: o conceito de ressonância em questão.**

## **The importance of understanding the prerequisites for learning: the concept of resonance in question.**

### **Resumo**

A maneira como os estudantes desenvolvem suas ideias sobre os fenômenos naturais mesmo antes da escolarização é estudado desde a segunda metade do século XX, esses estudos apontam que tais ideias são descritas como coerentes ou controversas ao currículo de ciências podendo ocasionar dificuldades de aprendizagem para os alunos. Verificamos a importância de utilizá-las como alicerce para a aprendizagem de novos conceitos e a necessidade de identificar quais são os pré-requisitos conceituais para o processo de aprendizagem. Neste trabalho focamos nosso estudo em um conceito fundamental para o Ensino de Química Orgânica, o de Ressonância buscando responder a uma questão fundamental relacionada ao processo de ensino e aprendizagem desse conceito, ou seja: “Quais são os pré-requisitos conceituais que devem ser levados em conta no momento da elaboração de uma sequência didática para a aprendizagem do conceito de ressonância?”. Identificando dificuldades de aprendizagem nos pré-requisitos abrimos caminhos para aprendizagem.

**Palavras chave:** ensino de química, dificuldades de aprendizagem, ressonância.

### **Abstract**

The way students develop their ideas about natural phenomena even before the schooling is studied since the second half of the twentieth century, these studies indicate that such ideas are described as coherent or controversial to the science curriculum which may cause learning difficulties for students. We have verified the importance of using them as the bases for learning new concepts and the need to identify what are the conceptual prerequisites for the learning process. In this paper we focus our study on a fundamental concept for Organic Chemistry Teaching, the Resonance one seeking to answer a fundamental question related to the teaching and learning process of this concept, so: "What are the conceptual prerequisites that must be taken into account when drawing up a didactic sequence for learning the concept of resonance?". Identifying learning difficulties in prerequisites open paths to learning.

**Key words:** chemistry teaching, learning disabilities, resonance.

### **Introdução**

Na segunda metade do século XX já se iniciavam as pesquisas em todo o mundo sobre a maneira como os estudantes desenvolvem suas ideias sobre os fenômenos naturais muito antes da sua escolarização e seu contato com o ensino de ciências (DRIVER, 1988; ZOLLER, 1990; NAKHLEH, 1992). Nestas pesquisas, essas ideias são descritas como coerentes ou controversas com o que será apresentado no currículo de ciências. Tal situação pode ocasionar

dificuldades de aprendizagem para os alunos, presumindo que sua existência origina ideias inadequadas quando comparadas à literatura (SCHIMIDT, 1997). Driver (1988) aponta diferentes maneiras de denominar essas ideias. Usualmente conhecidas como ‘concepções alternativas’, são também chamadas na literatura de preconceções, ideias intuitivas, esquemas conceituais alternativos, teorias ingênuas, entre outros.

Esses estudos (ZOLLER, 1990; NAKHLEH, 1992; SCHIMIDT, 1997; POSADA, 1999; AZCONA, et al., 2004), focalizam o levantamento das concepções alternativas e nas estratégias de ensino que iriam auxiliar os professores e alunos a compreender e processar de maneira adequada os conceitos estudados, assumindo que uma concepção antiga, fracamente enraizada, seria suscetível à mudança. Sob a perspectiva construtivista, a compreensão só ocorre quando o sujeito constrói e transforma ativamente seus próprios conhecimentos, e não apenas os adquire de maneira cumulativa (POSADA, 1999), evidenciando a superação de uma concepção alternativa num processo que depende da capacidade de raciocínio e da capacidade de gerar relações lógicas entre as novas evidências, e as próprias concepções presentes em sua estrutura conceitual (ZOLLER, 1990).

Para o professor, é importante utilizar estas concepções como alicerce para a promoção do processo de aprendizagem significativa de um novo conceito científico, de modo que o novo conhecimento se relacione com outros conceitos relevantes na estrutura cognitiva do aluno (ZOLLER, 1990). Azcona, et al. 2004 apontam que para o estudo de um determinado conceito, é necessário identificar quais habilidades e conhecimentos anteriores os alunos possuem, ou seja, quais são os pré-requisitos conceituais para o processo de aprendizagem.

Em relação aos conceitos científicos, necessitamos também compreender o contexto de surgimento dos mesmos, além de identificar outros conceitos aos quais estes se relacionam ou se diferenciam, levando em consideração os contextos sócio-históricos de formação e das mudanças sofridas ao longo do tempo (FURIÓ, AZCONA e GUIASOLA, 1999). Ao relacionar o contexto histórico do surgimento do conceito, o professor identifica os problemas que levaram à construção do conhecimento científico, auxiliando na previsão das dificuldades de compreensão que os alunos podem encontrar em sua aprendizagem. A esses conhecimentos, dá-se o nome de ‘pré-requisitos conceituais’ (FÚRIO; MARTINEZ, 2003; AZCONA, et al., 2004). Neste trabalho focamos nosso estudo em um conceito fundamental para o Ensino de Química Orgânica, o de Ressonância, termo utilizado para explicar a existência de distâncias interatômicas intermediárias entre aquelas correspondentes a ligação simples e duplas ou duplas e triplas. Aqui buscamos responder a uma questão fundamental relacionada ao processo de ensino e aprendizagem desse conceito, ou seja:

- Quais são os pré-requisitos conceituais que devem ser levados em conta no momento da elaboração de uma sequência didática para a aprendizagem do conceito de ressonância?

A resposta dessa questão interessa-nos, pois para a continuidade da pesquisa cujo objetivo é a construção de subsídios para uma sequência didática, focada no ensino de Ressonância, a partir da qual, com base neste estudo, seja possível superar as dificuldades frequentemente encontradas. Assim, neste trabalho apresentamos o resultado de uma pesquisa exploratória realizada com professores universitários da disciplina Química Orgânica no intuito de levantar os conhecimentos necessários à aprendizagem do conceito de Ressonância, chamados a partir daqui de pré-requisitos.

## **Metodologia**

Esta pesquisa define-se como pesquisa qualitativa, utilizada como uma das formas para o estudo de fenômenos e relações que envolvem seres humanos com toda a sua complexidade e

em âmbito natural. Entre suas características está a compreensão do fenômeno de modo integrado considerando o contexto que o abrange (GODOY, 1995). O método escolhido para a análise dos dados foi a Análise de Conteúdo. Tal método é constituído por um conjunto de técnicas utilizadas para a realização da análise de dados qualitativos. Por esse motivo, a análise de conteúdo, enquanto metodologia de pesquisa descreve e interpreta o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Para Bardin (1977) a análise de conteúdo visa estudar o processo comunicativo e as mensagens aí inseridas, definindo-a como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações, visando, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, obterem indicadores quantitativos ou não, que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (p.42)

Os sujeitos desta pesquisa constituem-se em cinco docentes de universidades públicas dos Estados de São Paulo e do Paraná, que atuam na área específica de Química Orgânica a mais de dez anos e que lecionam as disciplinas de Química Orgânica em suas unidades de ensino. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semi-estruturadas (LUDKE e ANDRÉ, 1986). Neste caso, as entrevistas foram estruturadas com base em duas questões fundamentais: 1) Quais os pré-requisitos conceituais fundamentais para a aprendizagem do conceito de ressonância? e 2) Qual a importância de se ensinar o conceito de ressonância?

A partir das entrevistas foram identificadas as unidades que traziam núcleos de sentido dos textos. Posteriormente foram estabelecidas as categorias, e as unidades de significado. Todos os fragmentos utilizados nas citações dos professores foram transcritos das entrevistas. Os professores, sujeitos de pesquisa, não foram identificados com seus nomes verdadeiros. Foram utilizados os codinomes Alves, Márcia, Júnior, Marcos e Helena para referenciá-los.

## Resultados e Discussões

A transcrição e leitura das entrevistas, permitiu identificar os pontos recorrentes nas falas desses docentes, dos quais pode-se elencar as unidades de sentidos apresentadas no Quadro 1.

Unidade de sentido	Categorias	Registros dos professores
Conceito fundamental (pré-requisito)	Ligação química	“(…) por que o composto pode ser menos estável, força de ligação eles não sabem direito o que é então, por exemplo, tudo isso está ligado ao que? Ligação química!” (Bia)
	Hibridização	“(…) conceito de hibridização: $sp^1$ , $sp^2$ , $sp^3$ , que esta envolvido na geometria, um é tetraédrico, um e trigonal plana e a outra é linear, então eu acho que isso é o básico para entender a ressonância (…)” (Marcos)
	Estabilidade dos compostos	“(…) quando você olha para o nitrogênio, o nitrogênio tem um par de elétrons livres, então você tem estabilidade (…)” (Márcia)
	Orbitais moleculares	“Ressonância ela só ocorre porque, porque tem orbitais “ $p$ ” alinhados nos átomos adjacentes” (Marcos)
	Propriedades periódicas (Eletronegatividade)	“(…) em uma carbonila, o que acontece em uma carbonila? Repare que a eletronegatividade que, como propriedade periódica, está em toda nossa conversa eu falo eletronegatividade que é um conceito que muitos alunos vêm para a Química Geral sem, às vezes, sem ter muito ideia” (Marcos)
	Uso de modelos	“(…) nós desenhamos uma molécula tentando naquele desenho representar o que a molécula é” (Alves)

Atitudes de aprendizagem	Aprender olhar a Química	“Se você conseguir enxergar uma molécula, e conseguir enxergar os grupos funcionais e conseguir enxergar a acidez e basicidade dos compostos e a ressonância (...) você precisa saber alguns conceitos básicos e a ressonância, você vai ter que também ter isso claro” (Márcia)
	Representar as propriedades	“Nós precisamos ao desenhar uma molécula (...) representar as propriedades químicas e físicas que ela tem de verdade e não só ilusórias” (Alves)
	Relacionamento de ideias	“(…) quando o sódio perde aquele elétron de onde vem aquela carga positiva, eles acham que é porque ele perdeu um elétron, né? Tá, mas e porque ele perdeu um elétron. Tem um próton a mais no núcleo, não é isso agora? Se você for fazer... Ah, a carga formal vem daí?” (Helena)
	Aplicação ao cotidiano	“(…) Combate a radicais livres só é possível devido a formação de estruturas de ressonância da molécula que absorve o radical livre” (Júnior)
Importância do conceito “Ressonância”	Justifica estabilidade	“Ressonância é importante, pra gente entender estabilidade de algumas moléculas, principalmente naturais, os fenóis naturais, os polifenóis. Então é importante pra entender reatividade de algumas moléculas (...)” (Marcos)
	Entender técnicas	“Nas técnicas também! Espectroscopia, se você não entender ressonância você também não vai conseguir entender (...)” (Márcia)
	Representar uma estrutura com suas propriedades	“Aquele substancia benzeno, que é o caso clássico (...) para nós entendermos as suas propriedades químicas e espectroscópicas, enfim, físicas, nós não podemos escrever ele sem levar em consideração a teoria de ressonância.” (Alves)
	Acidez e basicidade	“A razão pelo qual um ácido carboxílico é mais ácido do que um álcool, é preciso que você leve em consideração essa possibilidade, quer dizer, não tem outro jeito. Então é a necessidade porque sem ela você não explica” (Alves)
	Compreender as reações orgânicas	“(…) É, eu acho que, primeiro pra se ensinar ressonância você entende grande parte das reações orgânicas, porque que elas ocorrem, é porque o grande “tcham” da reação orgânica” (Júnior)

Quadro 1: Categorias levantadas nas entrevistas dos professores. Fonte: Autores.

Na visão dos professores entrevistados o conceito de Ligação Química é um importante pré-requisito para o ensino da ressonância. Para Alves é muito importante se compreender os tipos de ligação química, modelados pela ciência. Em suas palavras: “(…) *descrever ressonância é a ligação química deslocalizada, portanto o conceito inicial que se tem que ter é a de ligação química localizada (...) ou seja, agora não é mais ligação química localizada entre dois átomos, e sim entre um conjunto de átomos*”

Da mesma maneira, a “Deslocalização de elétrons” em uma ligação química também é citada por outros entrevistados. Na opinião de Márcia, “(…) *você tem que saber o que acontece quando você tem compostos que tenha pares de elétrons livres, e porque que você, quem são esses pares, porque eles estão ali, o que acontece em uma deslocalização de pares de elétrons livres também entra em ressonância*”. Segundo Atkins e Jones (2006, pg. 174), quando tratamos de ressonância “os elétrons que podem ocupar posições diferentes nas estruturas de ressonância são chamados de elétrons deslocalizados”, ou seja, na deslocalização um par de elétrons compartilhado distribui-se entre diversos átomos e não apenas a um par de átomos.

Outro importante ponto indicado é o movimento dos elétrons necessário para a compreensão dos “Orbitais Moleculares”. Nas palavras de Júnior: “(...) *para entender ressonância, tem que saber, como eu disse, teoria de orbitais, certo? (...) Como os elétrons se movimentam em um, entre, diferentes átomos.*” Atkins e Jones (2006) indicam que:

Na teoria dos orbitais moleculares, os elétrons ocupam orbitais chamados orbitais moleculares, que se espalham por toda a molécula. Em outras palavras, enquanto nos modelos de Lewis e de ligação de valência os elétrons estão localizados em átomos ou entre pares de átomos, na teoria dos orbitais moleculares todos os elétrons de valência estão deslocalizados sobre toda a molécula, isto é, não pertencem a nenhuma ligação em particular. (p. 218)

Portanto, relacionar o movimento dos elétrons em um orbital molecular pode ser considerado um erro conceitual, pois segundo os autores, o movimento dos elétrons ocorre em todo o orbital, ou seja, em toda a estrutura e não apenas em um ou outro átomo. Por outro lado, na visão de Marcos, quando tratamos do conceito de orbitais, torna-se imprescindível estudar “Geometria Molecular”. Ele afirma que “(...) *orbital molecular é que também esta junto com a geometria, tem que saber geometria, carbono tetraédrico, saber essas coisas que também dificulta o entendimento na visualização do alinhamento dos orbitais (...)*”.

Em apenas duas das entrevistas apareceram conceitos como “Propriedades Periódicas”, mais especificamente a Eletronegatividade. Helena faz as seguintes considerações: “(...) *Tabela Periódica, eu vou falar para você na parte dos compostos orgânicos, então ele vê a correlação desse elemento na tabela periódica, o número máximo de reações que ele pode fazer, a partir do momento que ele se liga a outro elemento, eletronegatividade, que ele prevê cargas parciais, o conceito de carga formal (...)*”.

Algo muito significativo nessa pesquisa foi exposto por Alves, ao dizer que o “Uso de Modelos” na Química é um fator limitante para os estudantes, uma vez que ao representar uma molécula não é coerente com a realidade quando tratamos da ressonância. Alves considera que “(...) *you começa os conceitos da Química Orgânica e de repente aparece essa coisa, essa tal de ressonância, onde nós vimos, em algum momento falar assim ‘olha só, isso não é o que parece ser, né?!’ (...), nós desenhamos uma molécula tentando naquele desenho representar o que a molécula é, no que diz respeito as suas características químicas (...)*”. O uso de modelos desempenha um papel crucial no desenvolvimento de diversas áreas, principalmente das Ciências. Representando um objeto ou até mesmo uma ideia, eles buscam facilitar a visualização e interpretação de conceitos e até mesmo fenômenos. Para Kuhn (2007) os modelos auxiliam no entendimento do que pode ser aceito ou não como uma explicação para um determinado fenômeno, apoiando o desenvolvimento da Ciência. Justi e Gilbert (2010) apontam que a modelagem é um processo complexo que envolve muitas habilidades e competências que devem ser dominadas pelos estudantes. Partindo destes princípios, quando tratamos da ciência Química, o uso de modelos mentais apresenta um papel central, uma vez que os mesmos auxiliam na compreensão de diversos conceitos químicos.

Um fator que chamou nossa atenção no decorrer das entrevistas, foi a confusão quanto a importância e existência dos pré-requisitos para o estudo de Ressonância. Uma parcela dos professores entrevistados não percebe esta importância ou não tem definido o que é, de fato, um pré-requisito de aprendizagem. Ao ser questionado, Júnior diz que “(...) *basicamente você tem que saber Físico-Química, porque tem muitos alunos que não gosta, quem gosta de Orgânica, não gosta de Físico-Química, e quem gosta de Físico-Química não gosta de Orgânica, e, só para você saber, existe uma linha de pesquisa chamada Físico-Química-Orgânica, (...). Precisa saber Química Quântica, para ver teoria de orbitais. Saber Química*

*Geral eu acho que é o básico! (...). Então você tem que saber a parte Quântica de Química, de Físico-Química a respeito de teoria de orbitais e um pouco de Química Geral, de ligação química, (...) também é necessário as vezes pra você entender o que é um catalisador”*

Ao analisarmos a fala de Júnior, podemos perceber que em seu ponto de vista praticamente todo o conteúdo estudado nas disciplinas básicas (Química Geral) e de formação em Química (Química Orgânica, Analítica, Inorgânica e Físico-Química), torna-se fundamental para se compreender a ressonância. No entanto, quando avaliamos os currículos propostos para o curso de Química pelas “Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica”, (GARCIA e KRUGER; 2009), verifica-se que conteúdos relacionados à Química Quântica não se constituem em disciplinas obrigatórias. Observa-se incoerências entre os currículos dos cursos de Química e os temas necessários ao ensino de Ressonância.

Entretanto, Márcia manifesta-se da seguinte forma: “(...) eu acredito também que é o que nós estávamos falando, é um processo, a aprendizagem é um processo, é onde você tem, então você apresenta em Química Geral um determinado conteúdo, eles aprendem uma porcentagem disso, claro, menos que 50%! Quando eles passam para a Química Inorgânica, eles acabam também tendo um aprendizado, uma certa porcentagem disso, de conceitos. Quando eles passam pra Orgânica, um pouco mais, Orgânica II e assim por diante. Então eles vão, existe aí um processo de aprendizagem, porque nós acabamos tocando nos mesmos pontos, não interessa se é Físico-Química, Analítica, se é Orgânica ou se é Inorgânica, os pontos são os mesmos, a base é a mesma, a Química é uma só.”

Podemos observar que os dois entrevistados, Júnior e Márcia, emitem opiniões contrárias em relação ao processo de ensino-aprendizagem, sendo que enquanto um garante que o aluno precisa aprender tudo, o outro firma que o aluno consegue aprender apenas uma parcela desse conhecimento. Para Márcia a aprendizagem é um processo evolutivo, não ligado a construções isoladas, ou seja, conhecimentos novos que não fazem relação com nenhum outro conhecimento, sem contexto, tornam-se mecânicos, acarretando dificuldades pois somente pode ser utilizado em situações semelhantes ao contexto de aprendizagem (ILLERIS, 2013).

Outra unidade de significado encontrada nas entrevistas relaciona-se às “Atitudes de aprendizagem” ou evidências de aprendizagem esperadas pelos professores. Márcia cita a importância de se saber “Olhar para a Química” de modo a visualizar pelos grupos funcionais toda a reatividade desses compostos, inclusive suas propriedades. Para ela isso só é possível se os alunos fizerem exercícios, em suas palavras: “(...) o que eu percebo é que depois de algum tempo isso começa a ter uma noção e um maior problema, eles acham que eles vão aprender olhando, e você só aprende exercitando (...) façam esse, esse, esse, façam esse porque é o fazer, porque a hora que pegamos para fazer vão aparecer às dúvidas é aí que ele vai checar mesmo os conceitos”. Em outras palavras, Márcia garante que o processo de aprendizagem só acontece através da repetição. Ausubel (1976) afirma que a aprendizagem por repetição se relaciona com a estrutura cognitiva do aluno de um modo arbitrário, transformando-se em um processo mecânico, onde o aluno só consegue reproduzir o aprendido se exposto ao mesmo contexto, ou seja, a aprendizagem por repetição não se tornará uma aprendizagem significativa, uma vez que esta, necessita da relação com as ideias preexistentes na estrutura cognitiva do aluno.

Outras atitudes de aprendizagem que foram citadas e que estão diretamente relacionadas aos conhecimentos solicitados nos pré-requisitos são: 1) “Representar as propriedades”, para tornar possível o uso de modelos e a compreensão das propriedades químicas; 2) “Relacionamento de Ideias” pois aprendemos a construir um raciocínio ao longo da construção do conhecimento químico; 3) “Aplicação ao Cotidiano”, para enxergar a Química presentes em nosso dia-a-dia, inclusive em relação ao fenômeno da ressonância.

Helena indica um problema no processo de ensino e aprendizagem: a dificuldade em desenvolver a imaginação. Em suas palavras: *“Tem uma professora nossa aqui que dá aula de Química Geral, um dia ela veio e fez um desabafo, um aluno chegou para ela e disse que ele não acreditava em um elétron porque ele nunca tinha visto um. Era um cara que estava fazendo a disciplina não sei quantas vezes, então ele contestava isso. Eu falei para ela ‘você deve falar para ele que ele nunca deve ficar doente então, porque quem já viu um vírus ou uma bactéria aqui?’.”*

Quando questionados sobre a importância da aprendizagem do conceito de Ressonância, a principal categoria evidenciada foi o fato de que a ressonância “Justificar a estabilidade”. Além do trecho já exposto, para os demais professores entrevistados, *“(...) na tautomeria ceto-enólica, tem alguns compostos que a forma enol é muito mais estável exatamente por causa de ressonância, então ela justifica estabilidade.”* (Márcia). Alves insiste na representação das moléculas, ou seja, quando acontece ressonância há uma nova visão de entendimento das propriedades da molécula representada. Desse modo, ele continua seu raciocínio indicando a “Acidez e a Basicidade” dos compostos que possuem ressonância. Em sua opinião, sem levá-la em conta, não haveria real entendimento. Do mesmo modo, aponta-se que compreender o fenômeno de ressonância leva os alunos a uma boa compreensão das reações orgânicas, e principalmente, o motivo pelo qual elas ocorrem.

## Conclusões

As entrevistas realizadas abordaram o tema “Ensino de Ressonância” e foram planejadas de modo que fosse evidenciado o processo de ensino e aprendizagem do conceito, incluindo a identificação dos pré-requisitos para o ensino indicados por professores experientes da área de Química Orgânica juntamente com a importância do estudo deste conceito específico.

Os pré-requisitos identificados neste estudo são: Ligação Química, Hibridização, Estabilidade dos compostos, Orbitais moleculares, Propriedades Periódicas com ênfase no conceito de Eletronegatividade, o Uso de Modelos, Atomística, Acidez e Basicidade e Balanço de Cargas. Esses pré-requisitos conceituais são significativos para o momento da elaboração de uma proposta diferenciada de ensino do conceito em específico de Ressonância, de modo que as dificuldades de aprendizagem dos estudantes nos conceitos que antecedem o estudo sejam de conhecimento dos professores para que assim possam ser superadas.

Ao questionar os professores entrevistados quanto a existência dos pré-requisitos, foram identificadas muitas “Atitudes de Aprendizagem” esperadas pelos professores como evidências do processo de aprendizagem. As categorias aqui observadas foram: Aprender olhar a Química, Representar as propriedades, Relacionar ideias e a Aplicação do conhecimento ao cotidiano. Esta última, no caso de formação de professores essencial ao processo de ensino na educação básica e responsabilidade do processo de formação.

Quando questionados quanto à importância do estudo desse conceito percebem-se as seguintes indicações Justificativa de Estabilidade, Entendimento de técnicas, Representação de estruturas e suas propriedades, Acidez e Basicidade e a Compreensão das reações orgânicas. Assim formula-se a seguinte questão: os problemas no ensino do conceito de ressonância estariam associados as dificuldades dos professores na identificação de pré requisitos e das dificuldades de aprendizagem expostas neste trabalho?

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, aliados à discussão de dados relativos às concepções dos licenciandos sobre alguns destes temas apontados pelos docentes, levantadas em outra pesquisa, pretende-se produzir atividades mais relevantes e adequadas às necessidades dos estudantes, para gerar um processo de ensino onde as aprendizagens sejam mais significativas e úteis no contexto de formação na licenciatura.

## Referências

- AUSUBEL, D.P. **Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo**, 1 ed. em espanhol. México: Editora Trillas, 1976.
- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- AZCONA, R; FURIÓ, C; INTXAUSTI, S; ÁLVAREZ, A. ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia? Importancia de los prerrequisitos. **Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 40, p. 7-17, 2004.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. **Investigacion y Experiencias Didacticas**, v.6, n.2, p.109-120, 1988.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. **Enseñansa de las ciencias**, v. 17, n. 3, p. 359-376, 1999.
- FURIO, C; MARTÍNEZ, K.P. La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la “cantidad de sustancia” y el “mol”. **Didáctica de las ciencias experimentales y sociales**, n. 17, p. 55-74, 2003.
- GARCIA, I.T.S; KRUGER, V. Implantação das Diretrizes Curriculares Nacionais para formação de professores de Química em uma Instituição Federal de Ensino Superior: Desafios e Perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2218-2224, 2009.
- GODOY, A.S. Pesquisa qualitativa: tipos Fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, p. 20-29, 1995.
- ILLERIS, Knud. Uma compreensão abrangente sobre a aprendizagem humana. ILLERIS, K et al. **Teorias Contemporâneas da aprendizagem**. Porto Alegre: Pensa, p. 15-30, 2013.
- JUSTI, R.S; GILBERT, J.K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, p. 369-387.
- KUHN, T. S; **A estrutura das revoluções científicas**, 9ª ed., Perspectiva: São Paulo, 2007.
- LUDKE, M; ANDRÉ, E.D.A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- NAKHLEH, M.B. Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. **Journal of Chemical Education**, v. 69, n. 3, p. 191-196, 1992.
- POSADA, J.M. Concepciones de los alumnos sobre el Enlace Químico antes, durante y después de la enseñanza formal. **Problemas de Aprendizaje. Investigación Didáctica**, v. 17, n. 2, p. 227-245, 1999.
- SCHIMIDT, H. Students' misconceptions – Looking for a pattern. **Science Education**, v. 81, n. 2, p. 123-135, 1997.
- ZOLLER, U. Students' misunderstandings and misconceptions i college freshman chemistry (General and Organic). **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 10, p. 1053-1065, 1990.