

# A construção e compartilhamento de significados a respeito do conceito de orbital por um professor do Ensino Superior

## The construction and sharing of meanings about the concept of orbital by a teacher of Higher Education

**Evandro Fortes Rozentalski**

Programa Internunidades em Ensino de Ciências – Universidade de São Paulo  
[rozentalski@usp.br](mailto:rozentalski@usp.br)

### Resumo

O conceito de orbital é central no Ensino de Química para a compreensão quântica da matéria. Diante disso, pretendemos investigar um elemento fundamental para a *construção e compartilhamento* de significados: o *professor*. Para tanto, adotamos a perspectiva sociocultural, especialmente, as ideias de Vygotsky e Bakhtin como referencial teórico-metodológico. Analisamos duas aulas de uma disciplina de Química Geral do Ensino Superior que visam introduzir este conceito. É possível observar ao longo das aulas a construção e o compartilhamento de significados que se iniciam em considerações gerais, as quais enfatizam aspectos ontológicos do orbital e terminam em considerações particulares, enfatizando aspectos epistemológicos em torno desse conceito. Em tais aulas, não se nota ações do professor para construir significados que unam essas diferentes ênfases, por sua vez, inibindo a construção de significados que só seriam possíveis por meio do estabelecimento explícito de relações entre o conjunto de enunciados de cada ênfase.

**Palavras chave:** orbital, ensino superior, professor, perspectiva sociocultural.

### Abstract

The concept of orbital is central in Chemical Education for quantum understanding of matter. Thus, this article aims to inquire a key element in the *construction and sharing* of meanings on this concept: the *teacher*. In order to do so, we adopted the sociocultural perspective, especially Vygotsky's and Bakhtin's ideas as a theoretical and methodological framework. We analyzed two lessons of General Chemistry in Higher Education aimed at introducing this concept. It is possible to observe during the lessons both the construction and sharing of meanings which begin with general considerations, that emphasize orbital's ontological aspects and end up with particular considerations, approach epistemological aspects about this concept. In these lessons, the teacher doesn't make any action to join these different emphasis, in turn, inhibiting the meanings' construction that would be possible only with the explicit establishment of relations between the set of utterances from each emphasis.

**Key words:** orbital, higher education, teacher, sociocultural perspective.

## Introdução

Em pesquisa recente, Rozentalski (2013) investigou o estatuto ontológico e epistemológico<sup>1</sup> do conceito de orbital em livros didáticos de Química Geral voltados para o Ensino Superior ao longo do século XX. O que se observou nos livros foi uma introdução não problematizada do conceito de orbital. Não é somente a questão do estatuto ontológico do orbital que se deixa de problematizar nos livros, mas também o alcance e os limites de tal conceito, bem como os significados de suas representações. A ausência de problematização conduz esses livros a adotarem implicitamente e irrefletidamente uma concepção para o orbital sem vislumbrar as consequências ontológicas e epistemológicas dessa escolha. Tais dificuldades são delegadas ao estudante, a quem caberá superá-las. Contudo, o mais provável é que essas dificuldades sejam assimiladas irrefletidamente pelos estudantes.

Diante disso, com o intuito de ampliar e diversificar o rol de pesquisas a respeito do conceito de orbital, esta pesquisa visa investigar um elemento fundamental para a construção e compartilhamento de compreensões sobre esse conceito, o professor. Neste trabalho, em especial, estamos interessados em investigar como isso ocorre no contexto do Ensino Superior por meio da análise dos *enunciados* produzidos pelo professor ao longo de suas aulas.

Para orientar nossa análise elaboramos a seguinte questão de pesquisa: *Quais significados a respeito do orbital são construídos e compartilhados pelo professor em suas aulas?* Para respondê-la, nos fundamentamos na perspectiva sociocultural no Ensino de Ciências, em especial, nas ideias de Vygotsky e Bakhtin, as quais podem ser direcionadas para analisar o processo de produção de significados em sala de aula.

## Fundamentação teórica

### A perspectiva sociocultural

O cerne da perspectiva sociocultural reside nos trabalhos de Lev Vygotsky (1896-1934), em que o desenvolvimento humano é entendido, embora não unicamente, pelo seu viés sócio-histórico-cultural, isto é, como um processo que ocorre por interações sociais, influenciada por fatores históricos e culturais (RIBAS; MOURA, 2006). Em paralelo à dimensão sócio-histórico-cultural (externa ao sujeito), tal perspectiva considera também, a dimensão individual (interna ao sujeito), estabelecendo, assim, um par dialético que visa entender como os processos psicológicos superiores estão relacionados ao contexto social, cultural e histórico.

O trânsito entre o par interno-externo/individual-social é mediado pela *linguagem*. É nela que os signos se materializam e seu acesso torna-se objetivo, permitindo inferir a respeito das estruturas internas de desenvolvimento dos processos psicológicos superiores (FREITAS, 2002).

Segundo Vygotsky (*apud* GIORDAN, 2008), a linguagem (todo o tipo de signos convencionais) possui *status* de ferramenta psicológica. A partir do seu emprego e controle, o sujeito recria e reorganiza sua estrutura comportamental, de maneira que, ao fazer isso, ele produz *significados*. Nesse âmbito, a palavra torna-se unidade de análise da linguagem e a compreensão do processo de significação envolve a análise quanto ao que se passa com a

---

<sup>1</sup> Uma discussão ontológica diz respeito ao ser, ao que existe ou não existe no mundo, ou à natureza do mundo; uma discussão epistemológica se refere à discussão do conhecimento, à sua possibilidade ou natureza de um dado conhecimento (PESSOA JR., 2009).

palavra. Por sua vez, a palavra nos leva à noção de conceito e ao processo de significação relacionado a ela mesma, pois a palavra exerce papel mediador no processo de formação de conceitos. Na realização de atividades, é a palavra que será empregada para organizar, designar ações e resolver problemas.

### **A teoria da enunciação de Bakhtin**

É neste contexto que a filosofia da linguagem de Mikhail Bakhtin (1895-1975) incorpora-se à perspectiva sociocultural, em especial, sua teoria da enunciação enquanto instrumento para interpretar o processo de elaboração de conceitos. Na perspectiva bakhtiana, o *enunciado* é a unidade de análise dos processos de interação verbal. Dado que a formação de conceitos é mediada por signos, sua compreensão não reside no nível das normas lingüísticas, mas na identificação de seus contextos concretos de validade, cujo significado é revelado em enunciações particulares (MACHADO, 2000). Assim, a construção dos conceitos se constitui na interação verbal, situada historicamente e delimitada pelos arranjos sociais de quem emprega a língua.

Essa interação é de natureza ininterrupta, não tendo começo ou fim dentro do sujeito. Isso implica em conceber a construção de enunciados tendo em vista enunciados anteriores, no sentido de formar os elos de uma cadeia enunciativa: ao tomar um enunciado particular este deve ser entendido como seguindo o fluxo de um enunciado anterior e que visa responder enunciados futuros. A separação entre esses enunciados não se restringe unicamente ao nível temporal, mas, pode abranger, também, o espacial (outro contexto). Naturalmente, o enunciado externalizado é passível de ser delimitado quanto ao seu início e fim, ao contrário da enunciação que reside no discurso interno de cada sujeito (GIORDAN, 2008).

Por sua vez, enunciados são sustentados pelo princípio dialógico, visto que se dirigem a alguém, isto é, possuem locutor (um sujeito que enuncia) e interlocutor (uma audiência). Ao enunciar, agimos sobre alguém. Este compreende e responde os enunciados dirigidos a ele (*ação responsiva*). Além disso, os enunciados são estruturados conforme a situação social e o meio social em que se encontra locutor e tendo vista o auditório ao qual se dirige (GOULART, 2007).

A natureza dialógica da enunciação explicita que o próprio locutor, em alguma medida, ao enunciar está, também, respondendo a enunciados anteriores (dele mesmo ou de outros), ou seja, relaciona-se com eles no sentido de se fundamentar neles ou polemizar com eles. Por sua vez, o interlocutor para compreender o enunciado deve se posicionar em relação a ele, contextualizá-lo e produzir contrapalavras ao enunciado do locutor (GOULART, 2007). Isso não significa que a resposta a um enunciado seja dada imediatamente após a interação verbal, podendo sofrer um processo de compreensão retardada, ao qual só será eventualmente respondida em contextos diferentes em relação ao contexto de enunciação inicial. Nesse sentido, o dialogicidade de Bakhtin se dá pela oposição (confronto entre diferentes enunciados) e pela recontextualização (reformulação do enunciado de acordo com outros enunciados) (GIORDAN, 2008). Visto isso, quando dirigimos a teoria da enunciação para compreender a produção de significados, vislumbramos que este não se adere ao enunciado, mas à cadeia enunciativa.

### **Metodologia**

As aulas relativas ao conceito de orbital analisadas por este trabalho são oriundas de uma disciplina semestral de Química Geral do Ensino Superior ofertada no primeiro semestre de 2014 para os calouros do curso de Química de uma universidade pública paulista. Essas

foram registradas em vídeo por outra pesquisadora e compõem uma pesquisa mais ampla, mas assim como este trabalho tem seu foco no professor (ensino).

As aulas teóricas são regidas por um único professor. Este é bacharel e licenciado em Química desde 1983; pesquisador na linha de Química Inorgânica desde 1989; e regente da disciplina há mais de 8 anos.

Nossa unidade de análise é a cadeia enunciativa em torno do conceito de orbital, introduzido ao longo de duas aulas. Para este fim, segmentamos as aulas em *mapas*, primeiro na forma de *episódios*, e depois na forma de *sequências* (GIORDAN, 2008). Os mapas visam organizar as informações obtidas no sentido de localizar temporalmente as atividades realizadas durante a aula, mitigando o retorno ao registro e, também, selecionando os aspectos que vão ao encontro das intenções de pesquisa. Acrescenta-se ainda que, embora cada um dos mapas tenha diferentes enfoques (unidades analíticas), eles comunicam-se, informando um ao outro reciprocamente, de modo a proporcionar um sentido mais amplo para a análise (SILVA; MORTIMER, 2010).

A partir da criação de mapas de episódios para cada uma das aulas, construímos mapas de sequências discursivas baseadas neles. Uma sequência discursiva possui um tema ou enunciado característico, assim como os episódios, distinguindo-se desses últimos por exibirem suas estruturas de interação (SILVA; MORTIMER, 2010). Diante disso, selecionamos os episódios que objetivaram desenvolver ou revisar, em algum momento deles, o conceito de orbital.

Após a identificação das sequências discursivas de interesse, transcrevemos os trechos a fim de realizar uma análise pormenorizada dessas. Por fim, buscamos responder a questão de pesquisa através da avaliação dos aspectos ontológicos e epistemológicos dos enunciados.

## Resultados e discussão

As aulas investigadas duraram em média 1 h 10 min. A primeira aula a respeito do orbital se caracterizou, inicialmente, por construir e compartilhar os fundamentos que alicerçam esse conceito: a proposição de de Broglie a respeito do comportamento ondulatório da matéria; o princípio da incerteza; e a mecânica ondulatória de Schrödinger. Por meio destes, destacou-se que a matéria possui comportamento ondulatório e, mais especificamente, que o elétron apresenta comportamento ondulatório.

Posteriormente, o professor empreendeu sequências discursivas para delimitar a origem teórica do conceito de orbital, no âmbito da mecânica ondulatória de Schrödinger. Essas não se constituem como uma *definição* para o conceito de orbital, mas numa cadeia de enunciados que nos levarão ao conceito de orbital. Ao longo dessas, o professor apontou que os números quânticos definem o orbital, contudo, sua finalidade aqui não é proporcionar um *significado* ao orbital, mas dar um *sentido* ao que seguirá.

Posto isso, o professor pergunta à classe “O que é um orbital s?”. Inicialmente, diferentes respostas são dadas pela classe: um nível de energia; e uma região onde o elétron pode ser encontrado. Ambas são categoricamente rejeitadas pelo professor, o que leva, finalmente, alguns alunos a enunciarem a resposta esperada pelo professor: um modo de vibração. O professor reelabora esta e a enuncia como *um modo de vibração tridimensional possível para o elétron*.

Essa dificuldade dos alunos em enunciar a resposta esperada pelo professor pode ser justificada pela distância temporal dos enunciados. Os enunciados imediatamente anteriores à

pergunta do professor não nos ajudam a responder o que é um orbital nos moldes esperados pelo professor. Na verdade, o enunciado que responde a tal questão se encontra mais distante, particularmente no início da aula, onde o professor apresentou argumentos (teóricos e experimentais) para o comportamento ondulatório do elétron e, especialmente, na descrição ondulatória do elétron empreendida por Schrödinger. Nesta, o professor recorreu ao conceito de onda estacionária, entendida através da analogia com a corda do violão, para descrever o comportamento do elétron no átomo.

Tendo em vista esse primeiro significado construído para o orbital, podemos responder preliminarmente à questão de pesquisa: o orbital é uma vibração tridimensional possível para o elétron. Esta se caracteriza por um forte apelo ao ontológico, pois aponta que a entidade em jogo (o elétron) possui um comportamento particular (vibra tridimensionalmente) na Natureza. Como esclarecem Silva e Mortimer (2009), “embora tais entidades possam adquirir, no discurso do professor e dos alunos, um status de entidades reais, assumindo certa materialidade, elas pertencem ao campo conceitual, não decorrendo diretamente dos fenômenos em si mesmos” (p. 105). Apesar disso, ainda que residam no nível conceitual, tal significado construído pelo professor estabelece vínculos fortes com a dimensão ontológica (ainda que intangível), em detrimento da dimensão epistemológica. Esta última seria contemplada, por exemplo, se o professor incorporasse ao seu enunciado que tal comportamento do elétron é descrito pela equação de Schrödinger, transitando, assim, entre as entidades da Natureza e as teorias e modelos que utilizamos para descrevê-las e explicá-las.

Diante disso, como os elos entre esses enunciados não são construídos em aula pelo professor, delega-se aos estudantes o papel de unir estes enunciados. Se tais elos não forem estabelecidos, a referida dimensão ontológica pode predominar no estudante quanto ao que é um orbital, negligenciando-se o papel do modelo para descrever o elétron e a relação indissociável entre objeto-modelo.

Ainda na primeira aula, o professor incorpora um novo significado ao orbital: *cada orbital possui uma energia diferente, pois diferentes modos vibracionais são possíveis para o elétron e cada um deles possui energia definida*. A cadeia de enunciados expressa pelo professor se iniciou a partir de uma compreensão geral do orbital, no sentido de caracterizar o que é um orbital, posteriormente, dirigindo considerações para um primeiro aspecto que distingue um orbital do outro: suas diferentes energias. Nessa última, a palavra orbital foi substituída por *orbitais*, o que detonou uma ideia geral em direção à ideias particulares. Ainda que o professor tenha enfatizado as diferentes energias que distinguem um orbital do outro, há uma característica em comum entre os orbitais: eles possuem energias, ou mais exatamente, os elétrons possuem energia.

Até aqui, o professor construiu e compartilhou significados mais gerais a respeito do orbital. No entanto, na última parte da primeira aula, ele estabelece novos significados, de natureza mais específica, por meio dos números quânticos  $n$ ,  $\ell$  e  $m_\ell$ , os quais foram mencionados brevemente no início da aula, mas que permaneceram enunciados sem respostas durante toda a discussão inicial do orbital relatada anteriormente.

Diante disso, somam-se ao orbital os significados de que esse: possui uma *dimensão* (tamanho); um *formato* definido; uma *orientação* definida no *espaço*. Além disso, o professor destaca que esses aspectos em conjunto distinguem um orbital do outro, dado que cada um deles é determinado por um número quântico específico e esses, por sua vez, podem assumir diferentes valores. Observa-se que os números quânticos, ou mais precisamente, o conjunto de soluções permitidas, implicam em uma diversidade de orbitais. Tendo em vista o início e o fim da explanação sobre os orbitais, houve uma tensão não declarada entre uma compreensão geral do orbital (início da aula) e as particularidades oriundas de cada orbital (fim da aula).

Para que esses âmbitos dialogassem, o professor adotou como estratégia a recorrência sucessiva em entender cada um dos números por meio da compreensão inicial a respeito do orbital, quando, por exemplo, descreve que  $m_l$  é a *vibração do elétron com orientação definida*.

Outro aspecto destacado pelo professor no decorrer de todas as sequências discursivas a respeito dos números quânticos se refere à origem deles: a equação de onda de Schrödinger. Se inicialmente predominou a dimensão ontológica do orbital, nos números quânticos houve um esforço por parte do professor em salientar o papel da equação, um constructo teórico (dimensão epistemológica), para descrever o elétron e que nos leva a inferir dimensões, formas e orientações para os orbitais. Naturalmente, uma aula pode ser planejada para que no decorrer dela diferentes dimensões sejam enfatizadas, como parece ser o caso da aula deste professor, cada qual conduzindo à produção de diferentes significados. No entanto, essa deve ser acompanhada, posteriormente, por esforços que visem unir essas diferentes ênfases (ou diferentes enunciados), proporcionando, por sua vez, um novo significado. Como o professor analisado não empreendeu esse esforço, esse último significado não é compartilhado com os alunos, restando a eles construí-lo.

Na segunda aula, o professor revisa, inicialmente, todos os conceitos compartilhados na aula anterior. Feito isso, observa-se que esta aula objetiva aprofundar os aspectos em torno do orbital por meio da introdução dos seguintes conteúdos: definição de distribuição de probabilidade ( $\Psi^2$ ) e distribuição radial ( $\Psi^2 \cdot 4\pi r^2$ ); definição de nuvem eletrônica; comportamento dos orbitais conforme a distribuição adotada (probabilidade ou radial); definição de plano nodal; e definição de orbitais degenerados.

Inicialmente, o professor aprofunda nesta segunda aula uma ideia presente no enunciado: um modo de vibração tridimensional *possível* para o elétron. Para conferir significado ao *possível* do enunciado, o professor recorre aos constructos matemáticos-teóricos  $\Psi^2$  (função de densidade de probabilidade) e  $\Psi^2 \times 4\pi r^2$  (Função de distribuição radial) para ressaltar a descrição probabilística do elétron, o que, por sua vez, conduz à ideia de *possível* enunciada na primeira aula – são estes constructos que nos dirão a probabilidade de uma determinada vibração do elétron ocorrer.

A construção de significados a respeito destes constructos matemáticos-teóricos foi acompanhada pelo uso de gráficos cartesianos, os quais foram exibidos pelo professor em *slides*, e objetivaram compartilhar com os alunos o comportamento desses constructos para diferentes orbitais, isto é, a probabilidade de encontrar o elétron em função da distância do núcleo.

Primeiramente, destaca-se a recorrência ao signo  $\Psi$  na forma de  $\Psi^2$  durante a aula, mas sem que haja um estabelecimento de significado por parte do professor a respeito do conceito que o origina, a saber, o conceito de função de onda  $\Psi$ . A única compreensão compartilhada pelo professor diz respeito ao primeiro ser obtido pela elevação ao quadrado do último. Nesse sentido, não há qualquer preocupação em destacar semelhanças e diferenças entre  $\Psi$  e  $\Psi^2$ .

Como descrito anteriormente, o professor rejeitou categoricamente em um primeiro momento a resposta de um aluno de que o orbital é uma *região onde o elétron pode ser encontrado*. Apesar disso, depois de enunciar a resposta correta à questão, o professor avisou ao aluno que sua resposta não estava errada e que ela seria entendida mais adiante. De fato, nesta segunda aula o professor retomou a resposta do aluno para introduzir o conceito de densidade de probabilidade ( $\Psi^2$ ). O que se verifica é que tal resposta do aluno não está em completo desacordo com a seguinte ideia enunciada pelo professor: *a probabilidade de encontrar o elétron ou de vibração em função da distância do núcleo*. Assim, uma interpretação possível para a rejeição categórica do professor em relação ao significado levantado pelo aluno pode

ser entendida pelo viés do planejamento do professor, em que este preparou suas aulas para que esse significado mais elaborado somente fosse construído e compartilhado na segunda aula.

O conceito de  $\Psi^2$ , acompanhado por uma série de gráficos cartesianos sobre o comportamento do elétron em relação ao núcleo, reforçam o papel da teoria e dos modelos empreendidos na descrição do elétron, ainda que nenhuma consideração tenha sido feita pelo professor no sentido de descrever como eles são obtidos. O próprio professor destacou em sua fala que nesta disciplina, o interesse reside nos *resultados* e não no processo de obtenção, que seria empreendido em disciplinas futuras, especialmente nas físico-químicas. De qualquer modo, nesta segunda aula houve uma ênfase na dimensão epistemológica, exemplificados pelos constructos teórico-matemáticos que subsidiaram a construção de todos os gráficos cartesianos exibidos em aula.

Quando comparamos a compreensão inicial em torno do orbital – *um modo de vibração tridimensional possível para o elétron* – com a compreensão desta aula – *a probabilidade de encontrar o elétron ou de vibração em função da distância do núcleo, a qual é calculada (descrita) pelos constructos matemáticos-teóricos  $\Psi^2$  ou  $\Psi^2 \times 4\pi r^2$*  – constatamos que elas enfatizam dimensões diferentes: a primeira enfatiza o comportamento de um ente na natureza; enquanto a segunda indica qual constructo teórico descreve esse ente na natureza e qual é a natureza dessa descrição. Naturalmente, a indicação do comportamento desse ente (primeira compreensão) não se dá de maneira isolada, ao contrário, essa se sustenta no constructo teórico, oriundo da segunda ênfase, e, também, em resultados experimentais, todavia, essa compreensão não é contemplada no primeiro enunciado. Nas aulas investigadas, não se identifica o trânsito entre esses enunciados com o intuito de construir e compartilhar significados sobre essa relação.

## Considerações finais

A perspectiva sociocultural no Ensino de Ciências tem concentrado sua atenção, e com razão, em salas de aulas do Ensino Básico. No entanto, argumenta-se em favor de direcionar esse referencial também para as salas de aulas do Ensino Superior, dado que esta apresenta contornos sociais, históricos e culturais particulares, o que, por sua vez, produz regras sociais, objetivos, discursos e valores próprios. Ressalta-se que esse é um âmbito de formação de futuro professores para atuar no Ensino Básico e também, muitas vezes, de formadores de formadores (professores que formam professores) para atuar no Ensino Superior. Diante disso, pesquisas neste nível podem avaliar a ações do professor universitário e, posteriormente, fomentar ações em cursos de graduação e pós-graduação a fim de desenvolver práticas docentes mais críticas e plurais.

No que diz respeito ao objeto de interesse desta pesquisa, o conceito de orbital, nota-se que conforme o contexto em questão, diferentes dimensões são enfatizadas pelo professor: compreensões gerais a respeito do orbital enfatizam a dimensão ontológica; enquanto que compreensões específicas, baseadas nos constructos matemáticos-teóricos da mecânica ondulatória de Schrödinger, enfatizam a dimensão epistemológica em torno desse conceito. As diferentes ênfases identificadas no decorrer das aulas podem ser consideradas estratégias legítimas por parte do professor, no entanto, há que se ter ciência de que os enunciados articulados em cada um daqueles contextos apresentam particularidades quando vistos em conjunto, e cada conjunto produz significados específicos. Visto isso, o professor deve incluir em seu planejamento a construção e compartilhamento de elos entre esses enunciados, de maneira a proporcionar um significado que só seria possível por meio dessa ação.

## Agradecimentos

O autor agradece ao Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ) da Universidade de São Paulo por ceder os registros audiovisuais, e em especial à doutoranda Anielli Lemes, responsável pelas gravações das aulas.

## Referências

FREITAS, M. T. D. A. A abordagem sócio-histórica como orientadora da pesquisa qualitativa. **Cadernos de Pesquisa**, n. 116, 2002, p. 21–39.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008.

GOULART, C. Enunciar é argumentar: analisando um episódio de uma aula de História com base em Bakhtin. **Pro-Posições**, v. 18, n. 3, 2007, p. 93–107.

MACHADO, A. H. Pensando e falando sobre fenômenos químicos. **Química Nova na Escola**, n. 12, 2000, p. 38–42.

MARTINS, I. Dados como diálogo: construindo dados a partir de registros de observação de interações discursivas em salas de aulas de ciências. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Eds.). **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias**, 2006. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006. p. 297-321.

PESSOA JR., O. A classificação das diferentes posições em filosofia da ciência. **COGNITIO-ESTUDOS: Revista Eletrônica de Filosofia**, v. 6, n. 1, 2009, p. 54–60.

RIBAS, A. F. P.; MOURA, M. L. S. Abordagem sociocultural: Algumas vertentes e autores. **Psicologia em Estudo**, v. 11, n. 1, 2006, p. 129–138.

ROZENTALSKI, E. F. **O estatuto ontológico e epistemológico do orbital em livros didáticos de química geral no século XX**: uma análise de seus fundamentos, suas representações e implicações para a aprendizagem. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, 2010, p. 121–153.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. Aspectos Epistêmicos das Estratégias Enunciativas em uma Sala de Aula de Química. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 2, 2009, p. 104–112.