

Utilização de recursos digitais como ferramentas para o ensino de “radiatividade” no nível médio

Marcelo Maia Cirino¹ (PQ), Aguinaldo Robinson de Souza² (PQ)

¹Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá (UEM), mmcirino@uem.br

²Departamento de Química, Universidade Estadual Paulista (UNESP), arobinso@fc.unesp.br

Palavras-Chave: Recursos digitais, *Objetos de aprendizagem*, *Teoria da Ação Mediada*, *radiatividade*.

Resumo: Este trabalho procurou identificar como estudantes do Ensino Médio elaboram significados, relacionados aos conceitos de “radioatividade”, utilizando como ferramentas mediadoras softwares educativos, mais especificamente *Objetos de Aprendizagem*. Utilizando a abordagem da teoria sociocultural de James V. Wertsch, as etapas de significação dos conceitos foram rastreadas através da captura das interações com as telas dos aplicativos, dos diálogos entre professor-aluno/aluno-aluno e da análise dos questionários aplicados. Foi possível também verificar, através da pesquisa, a significativa influência do papel dessas ferramentas socioculturais no domínio e apropriação de gêneros discursivos típicos da Química escolar.

INTRODUÇÃO –

No Ensino Médio é recorrente a falta de interesse, por parte dos alunos, de diversos conteúdos abordados em sala de aula e mesmo nos laboratórios, durante as aulas práticas. Os motivos que os levam a agir segundo esse padrão, são bem conhecidos atualmente pelos pesquisadores que atuam na área de Educação Química. Não pretendemos discutir e aprofundar neste trabalho essa motivação, fartamente documentada na literatura, mas investigar uma das formas de tornar mais atrativo, e porque não dizer mais interativo, o envolvimento dos estudantes com o processo de aprendizagem: a utilização, em situações de sala de aula, das tecnologias de informação e comunicação, as chamadas TIC na sigla em português. Na verdade, o que pretendemos colocar em discussão é a análise do processo que envolve a elaboração de significados em sala de aula, utilizando recursos computacionais, mais precisamente *Objetos de Aprendizagem* (OAs). Este trabalho se propõe a realizar uma análise acerca dos caminhos instrucionais e cognitivos que permitem aos alunos elaborarem, com auxílio dos *Objetos de Aprendizagem* e a tutoria do professor, significação para os conceitos relacionados ao conteúdo de “radioatividade”, cuja abordagem faz parte dos programas da disciplina de Química, no Ensino Médio. É um assunto que apresenta forte apelo sócio-histórico e as aplicações tecnológicas decorrentes de seu domínio têm sido, ao longo das últimas décadas, assunto constante na mídia, no meio escolar, nas rodas científicas e no imaginário coletivo da humanidade.

Na grande maioria dos livros didáticos de Química, destinados ao Ensino Médio, o tratamento dispensado ao tema “radioatividade” leva em conta basicamente aspectos relacionados à dimensão submicroscópica da modelagem teórica que envolve a compreensão e significação de conceitos de alto grau de abstração, o que torna o tema extremamente desafiador para qualquer professor que pretenda trabalhar com seu aprendizado. Assim, optamos pela investigação desse conteúdo partindo do pressuposto de que o mesmo oferece excelente oportunidade de introduzir “ferramentas socioculturais” como o computador e seus softwares dedicados, na tarefa de auxiliar o professor a conduzir um processo de elaboração de significados em conjunto com os alunos envolvidos. Os sujeitos da pesquisa foram estudantes da segunda série do Ensino Médio de uma escola da rede particular da cidade de Marília, localizada na região centro-oeste do estado de São Paulo. Com autorização prévia dos professores e da direção da escola, os softwares (*Objetos de Aprendizagem*) foram instalados nos computadores e, num segundo momento, os alunos fizeram uso dos mesmos nas aulas que se desenvolveram no laboratório de informática da escola. As interações dos alunos com os OAs foram registradas por um programa especialmente voltado para essa finalidade, também previamente instalado nas máquinas, e o áudio da intervenção do professor foi capturado com auxílio de uma câmera digital. Além disso, os alunos foram submetidos a alguns

testes e questionários cuja elaboração foi baseada nos trabalhos de Posso (2010), Pinheiro (2007) e Giordan (2006). Utilizamos como documentos os arquivos digitais produzidos através das interações com os Objetos de Aprendizagem, realizadas individualmente com cada um dos alunos, e as transcrições das respostas aos questionários e entrevistas. Como referencial teórico, para interpretar e analisar esses dados utilizamos a Teoria da Ação Mediada, de James V. Wertsch (1988, 1991, 1999), os trabalhos de Wertsch e colaboradores (1994, 1998, 2002) e as contribuições das teorias desenvolvidas por L. S. Vigotski (1998, 2000, 2005) e Bakhtin (1986, 2000, 2004). Assim, como objetivos deste trabalho, procuramos:

- Planejar e executar uma unidade didática que permita aos alunos desenvolver, com a mediação dos Objetos de Aprendizagem e auxílio do professor, etapas de elaboração, reelaboração e significação para os conceitos relacionados ao tema “radioatividade”.
- Identificar a evolução e o percurso das etapas dessa elaboração de significados.

Nessa perspectiva, formulamos as questões que compõem, em diferentes níveis de profundidade, nosso objeto de estudo:

I) A elaboração de significados, como um processo mediado socialmente, pode ser modificada, de alguma forma, pela utilização dos Objetos de Aprendizagem escolhidos?

II) Qual o papel de ferramentas socioculturais, como esses Objetos de Aprendizagem, no domínio e apropriação de gêneros discursivos típicos da Química escolar?

O acesso aos significados produzidos pelos alunos ocorre quando eles agem com as ferramentas culturais, atribuindo significação aos conceitos e os utilizam para executar as ações planejadas pelo professor, pelos OAs ou ações em que os estudantes reconhecem a validade dos conceitos e os usam por conta própria. Após a transcrição das enunciações, relacionadas às interações (alunos-OAs e alunos-professor), na segunda etapa da pesquisa, classificamos os enunciados e as transcrições das significações, em categorias.

As TICs no Ensino –

Nos últimos anos temos presenciado alterações profundas na sociedade. No passado os objetivos da educação refletiam a ênfase da sociedade na necessidade de competências básicas (ler, escrever e fazer cálculos) e num conjunto de informações consideradas essenciais. No entanto a quantidade de informação considerada importante é cada vez maior. O mundo está em rápida mudança e não é possível restringir os objetivos da educação a conhecimentos ou competências específicas. A ênfase deverá ser colocada em outras capacidades como o *aprender a aprender*, que ajudará, no futuro, os cidadãos a lidar com as inevitáveis mudanças. O conhecimento, que se desatualiza e é rapidamente substituído, implica no desenvolvimento de estratégias metacognitivas e aposta na formação ao longo de toda a vida. Trata-se de formar pessoas preparadas para esta nova sociedade: a *Sociedade da Informação*. É necessário, portanto, de acordo com Brás (2003), formar não *conhecedores* mas, *aprendedores*. Em sua argumentação, Brás acredita que proporcionar experiências de aprendizagem, nas quais o aluno possa experimentar e aplicar a informação contribui para a construção do conhecimento pelo indivíduo. Interagindo com o mundo que o rodeia, ele constrói, testa e refina representações cognitivas de modo a compreender esse universo. Entretanto, em nossa opinião, as características de *aprendedores* e *conhecedores* podem conviver no mesmo sujeito, durante as etapas de sua escolarização formal (e informal também), sem prejuízo para o desenvolvimento cultural e cognitivo. A utilização de ambientes de modelagem e simulação tem demonstrado resultados satisfatórios na aplicação e desenvolvimento, dentre outros, dos princípios e habilidades citados acima (ROBERTS, 1999). Estas ferramentas computacionais permitem representar fenômenos cujo entendimento vai além de um fato isolado, possibilitando enxergar os mesmos como inseridos numa rede de relações mais amplas que podem abranger, inclusive, outras áreas do conhecimento, favorecendo a prática interdisciplinar. Por exemplo, quando um aluno cria um modelo sobre um reator nuclear, podem ser abordados, entre outros, aspectos físicos, químicos, relacionados ao meio ambiente, fisiológicos (biológicos), etc. O uso do computador, como ferramenta de apoio ao processo de ensino/aprendizagem, necessita ser administrada com cuidado, para que se adapte às reais necessidades do projeto pedagógico da escola e mantenha-se focada nos objetivos educacionais (SOARES *et al.*, 2000; FERNANDES *et al.*, 1996). Equipar as escolas com uma estrutura mínima em termos de equipamentos e disponibilizar programas específicos

para diversas disciplinas são tarefas importantes que o estado vem tentando cumprir, mas de acordo com os depoimentos de muitos professores é possível detectar certas dificuldades de aceitação e de adaptação a essa nova ferramenta didática (CIRINO e de SOUZA, 2009). Considerando o domínio atual e crescente da hipermídia e das novas tecnologias podemos ser levados a pensar que o professor passa a desempenhar um papel de menor relevância podendo mesmo vir a ser substituído pelas máquinas. No entanto, analisando o ambiente de aprendizagem da sociedade atual, verifica-se que ocorre exatamente o contrário. No meio da enorme quantidade de informação com que o aluno é bombardeado e que lhe chega de forma desorganizada, o professor assume agora um papel essencial de organizador e facilitador da aprendizagem, conduzindo e oferecendo sentido a estas informações. A informação massiva, existente nas bases de dados, exige uma maior capacidade de formulação de problemas e de espírito crítico, para que a escolha da informação seja pertinente. Deste modo, a responsabilidade do professor aumenta em vez de diminuir, uma vez que deixa de agir num plano disciplinar bem definido e limitado a um conhecimento que adquiriu na sua formação inicial. Para Giordan (2008), para a correta compreensão das funções das TIC no ensino e na aprendizagem é necessário considerar os efeitos produzidos pelas suas formas de uso em sala de aula, quando as mesmas estão mergulhadas num contexto que as toma como meios mediacionais capazes de sustentar a realização de ações motivadas por propósitos definidos pela própria cultura escolar (idem, 2008). Giordan propõe um programa de pesquisa que se constitui a partir de construtos teórico-metodológicos de raízes sócio-culturais no sentido de defender uma abordagem situada para organizar o ensino e investigar processos de elaboração de significados em sala de aula. Neste programa, o computador e o conhecimento químico são alçados à categoria de *ferramentas culturais* que são utilizados por alunos e professores para mediar ações internas e externas. Este autor se utiliza dos conceitos oriundos da *Teoria da Ação Mediada* de Wertsch (1991, 1999), que por sua vez se apoia nos estudos sobre a gênese do conhecimento de Vigotski e nos estudos literários e lingüísticos de Bakhtin.

A Teoria da Ação Mediada –

Para James V. Wertsch (1999), o propósito maior da análise sociocultural consiste em compreender como se relaciona o funcionamento da mente com o contexto cultural, institucional e histórico. Esta relação, entre a mente e o ambiente sociocultural, é algo que tem interessado muito os pesquisadores nas últimas décadas e tem recebido atenção redobrada, devido à crescente insatisfação existente com as análises que limitam o enfoque a algum aspecto em particular. Os problemas sociais tipicamente contemporâneos envolvem dimensões muito complexas e inter-relacionadas, como a psicológica, por exemplo, a cultural e a institucional, entre outras. Wertsch assinala ainda que a chave para uma conduta proveitosa nas Ciências Humanas é mirar o foco no relacionamento dialético entre agentes humanos e ferramentas culturais. É nesta relação que se pode descrever e interpretar a ação humana. Um conceito central nesta investigação, proposta por Wertsch (1991, 1999) é o de ação mediada. A ação mediada é definida por ele como a tensão irreduzível entre agentes ativos e ferramentas culturais. Ainda segundo este autor, os instrumentos de mediação e os indivíduos estão inerentemente implicados de tal maneira que o agir é definido como “*indivíduos-operando-com-instrumentos-de-mediação*”. Deste modo, as implicações da ação mediada para uma análise sociocultural da mente representa uma das mais prementes questões sociais de hoje. Esta tarefa, que Wertsch denomina “tarefa da análise sociocultural”, consiste em compreender de que modo o funcionamento da mente está relacionado com o contexto cultural, institucional e histórico. Para isto, propõe-se a tomar a ação mediada como unidade de análise que possibilite evitar o reducionismo individualista. A análise sociocultural visa compreender, por exemplo, as relações entre a subjetividade do agente, as ferramentas culturais, a internalização, a apropriação, a criatividade e as convenções culturais. Wertsch sugere que talvez possamos utilizar a ação mediada como um método produtivo de explicação das complexas relações entre a ação humana e seus múltiplos contextos cultural, institucional e histórico. A ação inclui tanto ação mental como ação prática. Com base nestas considerações, podemos dizer que as atividades, interações e questionamentos propostos pelos Objetos de Aprendizagem se configuram como situações-problema definidos para a resolução pelos alunos (com auxílio do

professor). Nesse contexto, os OAs (e todo seu conteúdo) estão sendo tratados neste trabalho como o meio mediacional primário ou o precursor das ações. Essa ênfase nas relações sociais como a origem da formação de conceitos no indivíduo e do desenvolvimento cultural em si é um aspecto das contribuições de Vigotski para a Ação Mediada e que torna possível as condições para que os alunos sejam avaliados em suas interações em sala de aula ao utilizarem os Objetos de Aprendizagem escolhidos (interações aluno-aplicativo, aluno-aluno, aluno-professor). Pelos argumentos destacados até aqui, consideramos que a abordagem sociocultural da ação mediada, proposta por James Wertsch, mostra-se bastante adequada para observar, descrever e analisar a interação dos alunos com os Objetos de Aprendizagem escolhidos. No núcleo dessa abordagem, existe a suposição básica de que o que está para ser descrito e explicado é a ação humana. A noção de ação adotada por Wertsch recebe a influência de várias perspectivas teóricas, cabendo destacar as várias “teorias da atividade” da psicologia soviética (Idem, 1999), a influência do método de investigação proposto por Kenneth Burke e a abordagem sociológica de Jurgen Habermas (1984). A unidade de análise da ação mediada proposta por Wertsch (1999), do *agente-agindo-com-a-ferramenta-cultural*, inspirou-se, fortemente nas ideias de Kenneth Burke (1969,1972, apud WERTSCH, 1999), sobre os princípios geradores da investigação da ação humana.

Domínio e Apropriação das ferramentas socioculturais -

Para caracterizar o modo como os agentes se relacionam com as ferramentas socioculturais, Wertsch (1999) enfatizou o uso de meios mediacionais particulares para levar ao desenvolvimento de habilidades específicas, mais até do que levar ao desenvolvimento de capacidades ou aptidões gerais. Assim, para compreender as formas de ação que um indivíduo pode realizar, é necessário examinar a história de encontros reais desse indivíduo com ferramentas culturais materiais. A análise desses encontros na ontogênese é, com frequência, formulada em termos da noção de “internalização”. De acordo com Wertsch, esse termo pode ser bastante enganoso porque ele encoraja a busca de conceitos internos, regras e outras entidades psíquicas bastante suspeitas (WITTGENSTEIN, 1972), além de sugerir uma oposição entre processos externos e internos. Em função disso, Wertsch esboçou dois significados que ele considera adequado ao termo internalização, quando aplicado à ação mediada. Um significado possível, na perspectiva de Wertsch (1991, 1998, 1999), é o que se pode chamar de “domínio”. A noção de domínio refere-se ao “saber como” utilizar uma ferramenta sociocultural com desenvoltura. Um segundo significado possível para o termo internalização é a noção de “apropriação” (WERTSCH, 1999). Esse termo deriva dos escritos de Bakhtin (1986) e refere-se ao processo pelo qual os agentes tomam algo emprestado de outros e o tornam próprio. Com relação à apropriação, Bakhtin afirma que nem todas as palavras se submetem a qualquer pessoa com a mesma facilidade (ou mesmo significado), podendo soar estranhas na boca daqueles que as pronunciam. Isso porque, ao apropriar-se da palavra de outros, os agentes as utilizam em um novo contexto, com sua própria intenção, imprimindo seu próprio acento. De acordo com Wertsch, os comentários de Bakhtin sobre a apropriação apontam para um importante aspecto da relação agente-ferramenta sociocultural: essa relação sempre implica resistência de alguma natureza. É importante também destacar que o domínio de uma ferramenta cultural não implica em apropriação. Esses processos são distintos e, como resultado, podem ser separados empiricamente.

Percurso Metodológico da Pesquisa –

Conforme já citado, um dos objetivos deste trabalho é identificar a evolução e o percurso das etapas de elaboração de significados para conceitos relacionados ao tema “radioatividade”, quando estudantes de Ensino Médio se utilizam de Objetos de Aprendizagem (como ferramentas socioculturais) em situações de ensino, em aulas de Química. Para tanto, escolhemos como sujeitos de nossa pesquisa estudantes entre 15 e 17 anos, alunos da segunda série do Ensino Médio de uma escola particular da cidade de Marília, localizada na região centro-oeste do estado de São Paulo. A turma era composta por 25 alunos e os 12 participantes (6 rapazes e 6 moças) foram escolhidos de acordo com a divisão já estabelecida pelo professor da disciplina, feita para facilitar a utilização do laboratório de informática da escola. Fizemos o acompanhamento das aulas teóricas e fomos apresentados à classe como

um professor convidado, que auxiliaria nas atividades de informática a serem desenvolvidas no laboratório. Para obter os dados e construir as nossas unidades de análise, foi necessário o auxílio de equipamentos e softwares dedicados a esse fim. A captura das telas com as respectivas interações dos alunos (inclusive o áudio) e os diálogos professor-aluno foram obtidos a partir da distribuição dos estudantes no laboratório de informática da escola. Uma opção de baixo custo e que se mostrou eficiente para o tamanho do laboratório utilizado, uma sala de aproximadamente 60 m², foi a instalação de uma câmera de vídeo digital com microfone embutido, apoiada num tripé afixado ao solo, no canto superior direito da parte frontal da sala. O software utilizado para gravar as telas de interação entre alunos-OAs foi o Camtasia Studio®, versão 7.1, da TechSmith®, desenvolvido nos EUA (Okemos, Michigan). Esse aplicativo para registro da tela do computador dispõe de várias funções que podem ser empregadas posteriormente à captação. Pode-se aumentar uma determinada região da tela, mediante ativação do recurso do zoom ou destacar essa região para observá-la em detalhe. O destaque do cursor do mouse envolvendo-o em um círculo colorido também permite seguir, com maior precisão as ações realizadas pelo usuário. Outros efeitos interessantes são o registro do som ambiente, dos sons do próprio teclado, do acionamento dos botões do mouse e até mesmo das imagens do usuário (com as diferentes reações e gestos) em frente à tela. É possível também intervir no registro das telas com recursos de destaque, como canetas coloridas ou adição de texto e/ou figuras e o programa ainda permite inclusão de anotações em blocos de notas separados.

Os Objetos de Aprendizagem que utilizamos neste trabalho estão hospedados na página do projeto RIVED, na internet (<http://rived.mec.gov.br>), e são os seguintes:

- I) Propriedades das emissões radiativas - cargas
- II) Propriedades das emissões radiativas - poder de penetração
- III) Tempo de Meia Vida - isótopos radiativos

Passamos então, à descrição desses objetos, no que diz respeito às suas configurações. Classificamos as telas desses OAs em: a) *telas de informação* - são as que descrevem ou disponibilizam ao usuário definições, introdução aos conceitos ou mesmo às relações do tipo CTSA sobre o tema abordado; b) *telas de intervenção* - como sugere o nome, podem envolver questionamentos e perguntas sobre o tema em questão; c) *telas de experimentos* - são as que também propiciam a intervenção do usuário, mas apresentam animações/simulações acerca dos fenômenos envolvidos numa abordagem de experimentação virtual, em níveis de modelagem submicroscópicas. A quantidade de telas de experimentos, na verdade, depende da intervenção/exploração das mesmas pelo usuário, pois para cada experimento proposto há uma variedade de opções no que se refere ao número de telas envolvido.

O planejamento para esta fase do trabalho incluiu nossa participação nas aulas da turma escolhida e na observação das atividades no laboratório de informática, onde foram utilizados os OAs ao longo de seis semanas, com duas aulas por semana, trabalhando juntamente com a classe e seu professor. Nosso cronograma previa duas semanas de aulas teóricas, três de aulas no laboratório de informática (utilizando os OAs) e uma semana para avaliação. Propusemos à turma investigada uma sequência didática que privilegiasse a construção individual dos significados, mas com a mediação dos Objetos de Aprendizagem, da intervenção do professor e da colaboração coletiva entre os alunos (veja Tabela 02, a seguir).

Definimos nossas unidades analíticas como sendo os “*enunciados produzidos pelos alunos - em situações de interação com o professor e com os Objetos de Aprendizagem – em aulas de Química*”. A partir de análise desses enunciados, acompanhamos percurso da elaboração de significados para os conceitos relacionados ao tema radioatividade. Para colocar em prática esta análise, priorizamos a investigação das telas de intervenção dos OAs. Assim, transcrevemos o que foi feito (as ações), falado (as vozes) e escrito (as respostas aos questionários QF e QI), ao longo das interações dos alunos com os softwares. As telas de intervenção que selecionamos para investigação, em cada um dos três módulos dos OAs utilizados, são as que permitem ao aluno tipicamente uma ação mediada pelas ferramentas disponibilizadas pelos OAs (eles próprios também ferramentas), quais sejam: ícones, figuras, equações químicas, símbolos químicos, animações e simulações que se propõem a representar, submicroscopicamente, o fenômeno (radioatividade), além da tela, teclado, mouse

e a intervenção discursiva do professor (dialógica ou internamente persuasiva). Ou seja, nestes casos, temos várias ferramentas reunidas numa outra ferramenta (o próprio AO). Como nosso objetivo era acompanhar a evolução das etapas de elaboração de significados, relacionados aos conceitos incluídos no tema “radioatividade”, optamos por três desses conceitos, que consideramos os mais relevantes no estudo desse assunto: 1) o conceito de “radioatividade”; 2) o conceito de “emissões radioativas”; 3) o conceito de “meia-vida (decaimento)”. Nossa proposta de análise foi inspirada nos trabalhos de Posso (2010) e Giordan (2006).

Tabela 02

Semana	Atividade	Aula	Atividade	
			Aula	
I	Levantamento de concepções alternativas sobre radioatividade Local: sala de aula	01	Levantamento de concepções alternativas sobre radioatividade Local: sala de aula	02
II	Debate sobre o tema (artigos de jornais, revistas, etc.) Local: sala de aula	03	Debate sobre o tema (artigos de jornais, revistas, etc.) Local: sala de aula	04
III	AI + Utilização do módulo: <i>Emissões Radioativas: cargas</i> Local: Laboratório Informática	05	Utilização do módulo: <i>Emissões Radioativas: cargas + QI</i> Local: Laboratório Informática	06
IV	AI + Utilização do módulo: <i>Emissões Radioativas: poder de penetração</i> Local: Laboratório Informática	07	Utilização do módulo: <i>Emissões Radioativas: poder de penetração + QI</i> Local: Laboratório Informática	08
V	AI + Utilização do módulo: <i>Tempo de Meia Vida - Isótopos radiativos</i> Local: Laboratório Informática	09	Utilização do módulo: <i>Tempo de Meia Vida - Isótopos radiativos + QI</i> Local: Laboratório Informática	10
VI	Avaliação sobre o uso dos OAs em situações de ensino Local: sala de aula	11	Avaliação proposta pelo pesquisador + QF Local: sala de aula	12

(Plano de aulas da pesquisa, com as atividades semanais propostas)

Legendas da Tabela 02: AI= aula introdutória; QI= questionário intermediário; QF= questionário final; OA= objeto de aprendizagem

Análise da evolução dos significados

Vamos iniciar com a significação para o conceito de “radioatividade”. Todos os alunos tiveram a oportunidade de elaborar, re-elaborar e significar este conceito, desde as aulas iniciais, onde o professor da turma levantou as concepções prévias e debateu os artigos de mídia recolhidos, passando pela utilização dos módulos dos OAs até a resolução das questões-problema, inseridas nos questionários QI e QF. As situações em que os dados foram coletados se referem especificamente àquelas onde os alunos utilizaram os OAs, ou seja, onde interagiram com as telas de cada módulo. Para maior compreensão sobre como organizamos, selecionamos e interpretamos, analiticamente, os dados coletados, mostramos os quadros a seguir. Eles mostram a elaboração de significados para um dos alunos participantes, sobre os

conceitos de “radiatividade” (Quadro 01), “emissões radioativas” (Quadro 02) e “meia-vida” (Quadro 03).

Quadro 01

Conceito: Radiatividade		
Ferramenta sociocultural (Em qual atividade foi empregada?)	Enunciados ↓ (Extraídos do contexto em que ocorreram)	Significação ↓ (Quais significados são atribuídos ao conceito?)
Módulo OA: <i>Emissões radiativas - cargas</i> (QI 01)	1.1] Rutherford usou radiação alfa, natural de um elemento em lâminas de ouro.	Processo natural.
Módulo OA: <i>Emissões radiativas - poder de penetração</i> (QI 02)	1.2] Porque tem mais espessura, a radiação não atravessa. Acho que tem a ver com a densidade.	Radiação não passa dependendo da espessura.
Módulo OA: <i>Tempo de meia-vida - Isótopos radiativos</i> (QI 03)	1.3] Ainda tem radiação escapando. Acho que vai demorar muito pra acabar o perigo.	Radiação como processo temporal e finito.
Avaliação Final (QF) questões 1 a 13	1.4] Propriedade natural de alguns átomos instáveis. Liberam partículas radiativas e radiações para virar estáveis, formando outro elemento.	Instabilidade, emissão natural de radiação, transformação.

Quadro 02

Conceito: Emissões radioativas		
Ferramenta sociocultural (Em qual atividade foi empregada?)	Enunciados ↓ (Extraídos do contexto em que ocorreram)	Significação ↓ (Quais significados são atribuídos ao conceito?)
Módulo OA: <i>Emissões radiativas - cargas</i> (QI 01)	2.1] O número de massa diminui de 4 e o número atômico de 2 unidades.	N.º atômico cai duas unidades e de massa decai quatro, quando emite alfa.
Módulo OA: <i>Emissões radiativas - poder de penetração</i> (QI 02)	2.2] As partículas alfa são positivas e têm baixo poder de penetração. Beta são leves com massa desprezível, são mais penetrantes que as alfa. Gama são radiações eletromagnéticas com alto poder de penetração.	As emissões podem ser bloqueadas, têm diferentes características quanto ao poder de penetração.
Módulo OA: <i>Tempo de meia-vida - Isótopos radiativos</i> (QI 03)	2.3] Não fez os cálculos de meia-vida (ver Anexo IV, questões 11 e 12)	Sem significação.
Avaliação Final (QF) questões 1 a 13	2.4] ${}_{87}\text{Fr}^{221} \rightarrow {}_{85}\text{Fr}^{217}$ ${}_{92}\text{U}^{235} \rightarrow {}_{90}\text{U}^{231}$	Transmutação não ocorreu? (incorreto)

Quadro 03

Conceito: Meia-vida e decaimento		
Ferramenta sociocultural (Em qual atividade foi empregada?)	Enunciados ↓ (Extraídos do contexto em que ocorreram)	Significação ↓ (Quais significados são atribuídos ao conceito?)
Módulo OA: <i>Emissões radiativas - cargas</i> (QI 01)	3.1] No experimento do Rutherford a meia-vida não tem importância.	Meia-vida não é importante, no estudo da radiatividade.
Módulo OA: <i>Emissões radiativas - poder de penetração</i> (QI 02)	3.2] Se a emissão for de alfa e gama juntas, pode demorar menos, porque não tem a alfa que é mais pesada e mais lenta.	Tempo de meia-vida depende do tipo de radiação emitida.
Módulo OA: <i>Tempo de meia-vida - Isótopos radiativos</i> (QI 03)	3.3] É o tempo que ele leva para perder metade da sua quantidade.	Existe um meio matemático de calcular o tempo de meia-vida.
Avaliação Final (QF) questões 1 a 13	3.4] A usina tá fechada...tá,...então ainda tá tendo emissão...os níveis devem estar altos ainda.	Meia-vida se relaciona com perda de metade da quantidade.

Resultados e Discussão

Nesta análise, procuramos dar prioridade àquelas relações que se escoram no “tema” e no “contexto” dos significados atribuídos, de acordo com nossos referenciais. Assim, o processo de significação que interpretamos, requisitou atenção especial ao tema concreto (radiatividade, emissões radiativas e meia-vida) para identificação dos significados que estão sendo atribuídos às palavras que designam os conceitos. Demos destaque também ao reconhecimento dos significados reais dos conceitos (através da descrição, explicação ou da generalização), possibilitado, em nossa opinião, pela compreensão e valoração do tema significado. A compreensão se baseou nas atitudes responsivas entre o sujeito e seu interlocutor (professor, telas dos softwares ou questões aplicadas) e a valoração, na relação dos significados com a realidade (no plano social ou interpsicológico). Foi possível perceber, por exemplo, no quadro 01, relativo ao conceito de “radiatividade”, que o aluno utiliza as palavras mais próximas do discurso de gênero científico, vinculando seus enunciados ao dos outros (do professor e dos OAs). Aqui também existe o aspecto psicológico (no plano intramental) de julgar quais linguagens sociais e gêneros discursivos são mais apropriados do que outros no cenário sociocultural empregado (situação de ensino/sala de aula). Nos turnos de fala 1.1 e 1.4, o aluno atribui ao fenômeno da radiatividade a significação “natural”:

1.1] “Rutherford usou radiação alfa, natural de um elemento...”

1.4] “Propriedade natural de alguns átomos instáveis...”

A evolução da significação para o conceito de “radiatividade” pode ser percebida nesses turnos de fala, quando o aluno indica ser o processo de emissão natural, para átomos cujos núcleos não são estáveis. A expressão “natural”, conforme nossa interpretação, aponta para processos em que não ocorre interferência humana. Nos questionários QI e QF, entretanto, o aluno adiciona mais detalhes aos enunciados:

QF 01] “É a propriedade que alguns átomos, os instáveis, têm de liberar partículas e radiações, para virar estáveis, eles acabam virando (sic) outros elementos...”

Percebe-se, aqui, uma evolução no significado atribuído ao conceito. Em termos de significação, agora o enunciado está fortemente vinculado ao tema e foi tomado do discurso do professor nas interações dialógicas das tríades I-R-F. Em outro contexto, introduzido nas perguntas do Questionário Intermediário (QI), sobre o experimento de Rutherford (espalhamento de partículas alfa em placas metálicas), o aluno conseguiu demonstrar “apropriação” da ferramenta sociocultural (conceito), ao estabelecer as conexões de

significação entre o uso do fenômeno radiativo e a proposta de um novo modelo atômico, agora nucleado. Podemos destacar, ainda, a utilização do termo “estável”, para se referir à causa primária relacionada aos processos radiativos. No contexto mais amplo da ferramenta sociocultural empregada, poderíamos falar em “privilegiação” da causa e não do efeito na significação do conceito. Outra dimensão, que não abordamos neste trabalho, mas que sem dúvida desempenha papel de destaque na construção do conhecimento, diz respeito à questão da clareza da mensagem nas tríades I-R-F, principalmente na Iniciação (I), onde o professor deve escolher as palavras mais precisas, ou mais relacionadas com sua “intenção significativa”, pois esses significados são percebidos como algo inerente à palavra escolhida.

Sobre o quadro 02, que traz os enunciados para o conceito de “emissões radiativas”, temos duas situações distintas. As características de cada emissão parecem ser, de início, o significado mais relevante do conceito, como nos turnos de fala 2.1 e 2.4:

2.1] “Emissões são: alfa, beta e gama. São constituídas de 2 prótons mais 2 nêutrons (alfa). De 1 elétron (beta), e radiação (gama).”

2.4] “Na emissão beta o número de massa permanece constante e o número atômico aumenta uma unidade”.

Nos turnos de fala seguintes outras significações vão sendo, aos poucos, adicionadas às características, como o poder de penetração e os tipos de emissão associados a átomos de elementos químicos diferentes. 2.3] “Fica emitindo alfa...ou beta...é...depende do elemento né ?”

QF 05] “...a radiação alfa tem baixo poder de penetração, ...a beta tem poder de penetração maior que o de alfa, e gama...tem alto poder de penetração.”

Percebe-se aqui a apropriação no plano psicológico das ferramentas discursivas sobre o tema, e a principal influência dos OAs foi, a nosso ver, a intensa (re)negociação entre a forma de significação inicial e a forma evolutiva do conceito.

No quadro 03, ainda sobre o aluno investigado, agora relacionado ao conceito de “meia-vida”, percebemos a forte associação com a noção de decaimento radioativo e, por conta disso, fizemos nossas observações vinculando ambos, na prospecção dos extratos de enunciação. Percebemos que este aluno se mostra confuso, de início, ao estabelecer significação equivocada ao conceito, no turno 3.2:

3.2] “Se a emissão for alfa e gama juntas, pode demorar menos, porque não tem a alfa, que é mais pesada e mais lenta.” Curiosamente, a ferramenta sociocultural empregada (OA que aborda especificamente o conceito de decaimento e meia-vida), não discute, em nenhuma das telas, a possibilidade levantada pelo aluno. Ou seja, no aspecto cognitivo, faz sentido relacionar a emissão de partículas mais pesadas (e lentas), como as partículas alfa, com o tempo de meia-vida do material radiativo apresentado. Entretanto, os enunciados desse aluno continuam na linha de transição para níveis de significação mais elevados e vinculados ao tema, como mostram os turnos de fala 6.1, 6.3 e 6.4.

6.1] “No experimento de Rutherford a meia-vida não tem importância...”

6.3] “É o tempo que ele leva (o material) para perder metade da sua quantidade...”

6.4] “A usina tá fechada...tá...então ainda tá tendo emissão...os níveis devem estar altos ainda...” No fim das contas, com respeito ao papel da mediação nos três módulos dos OAs investigados, foi possível perceber o domínio sobre as ferramentas embutidas nas telas de intervenção, principalmente no que diz respeito ao uso do gênero discursivo da Química escolar. No caso do Objeto de Aprendizagem que aborda os conceitos de decaimento e meia-vida, a relação interdisciplinar com a matemática exigida nas etapas de produção de tabelas e gráficos vinculados ao processo de decaimento, envolveu outras ferramentas culturais, numa complexa rede onde cada enunciado é um nó específico que mantém relação com outros nós. O cruzamento dos dados obtidos, considerando-se todas as situações em que foram produzidos os significados indica, portanto, que esse aluno conseguiu transitar de maneira bastante satisfatória, sobre essa rede conceitual, no sentido de elevar o nível da significação para a noção de meia-vida. Em seguida à pesquisa dos significados, identificados através dos extratos de fala transcritos, procuramos estabelecer categorias de significação, comuns a todos os participantes. Esta categorização nos auxiliou na compreensão do processo de evolução dos significados para os três conceitos escolhidos na investigação (radiatividade, emissões radiativas e meia-vida) e foi elaborada com base nas análises de produção de significados: I) durante o uso dos módulos dos OAs, II) do envolvimento com os questionários Intermediário (QI) e Final

(QF), III) da interação discursiva com o professor da turma. Os conceitos investigados foram caracterizados por nós (de acordo com a Teoria da Ação Medida) também como ferramentas socioculturais capazes de executar ações, que, por sua vez, são organizadas em contextos criados na interação entre os agentes (sujeitos) e os softwares. Para elaborar as categorias recorremos à “Análise Textual Discursiva” (MORAES e GALIAZZI, 2007).

Quadro 04

Conceitos	Categorias de Significação	Ferramenta Sociocultural
Radiatividade	I) Forma de energia I) Emissão de energia III) Fenômeno nuclear IV) Processo espontâneo (natural)	Houve domínio do conceito e elevado nível de apropriação. Em parte devido aos alunos terem estabelecido corretamente as relações entre as 4 categorias de significação. A evolução significativa ocorreu, principalmente durante uso dos Módulos dos OAs.
Emissões Radiativas	I) São partículas e ondas II) Atravessam materiais sólidos III) Desviam (trajetória) num campo elétrico	Houve domínio e apropriação. A opção da maioria foi razoável com relação aos modos de privilegiação, pois os alunos utilizaram a conceituação de maneira eficiente nas situações problema (QI e QF).
Alfa	I) $2p + 2n$, baixo poder de penetração II) Núcleo de He III) Desviam para placa negativa do campo	Houve domínio, mas sem apropriação. Muitos alunos misturaram as características das emissões e tiveram sérias dificuldades com respeito à privilegiação dos conceitos relacionados. No módulo correspondente do OA, a maioria das respostas estava correta, mas no QF havia alguns erros conceituais, evidenciando interrupção ou falha na evolução significativa.
Beta	I) Partículas leves ($1 e^-$) II) Alto poder de penetração III) Desviam para placa positiva do campo	
Gama	I) Sem carga elétrica II) Altíssimo poder de penetração III) Não desviam no campo elétrico	
Decaimento	I) Alfa: número atômico diminui 2 unidades, massa diminui 4 unidades II) Beta: número atômico aumenta 1 unidade, massa não se altera III) Gama: não há alteração nenhuma	Houve domínio e apropriação em níveis elevados. A matematização do conceito durante as etapas de significação pode ter influenciado, inclusive na privilegiação da ferramenta, responsabilidade direta dos OAs.
Meia-vida	I) Tempo para desintegração II) Variação da massa do radioisótopo III) Tempo para massa cair pela metade IV) Varia conforme o radioisótopo	Houve domínio, mas poucos alunos se apropriaram da ferramenta. A parte conceitual, que é significada pelo algoritmo do cálculo da meia-vida foi internalizada por quase todos. A evolução significativa desviou o foco para esse cálculo, talvez por influência do OA utilizado (que trazia tabelas e gerava gráficos).

(Quadro Resumo com a categorização dos significados em função da enunciação como ferramenta sociocultural)

Considerações Finais

Com relação às nossas questões iniciais de pesquisa, entendemos que houve uma perceptível interferência dos OAs na significação dos enunciados relacionados ao nosso tema de estudo. Com base nos quadros de evolução da significação dos conceitos, ficou evidente, tanto no emprego do gênero discursivo - que se modificou ao longo das semanas - como nos níveis de elaboração conceitual, desembaralhando conteúdos que foram, nas aulas introdutórias, apenas noções de senso comum sobre a visão cientificamente aceita, a interferência positiva dos OAs. As evidências foram, em nossa opinião, mais contundentes ainda, sobre essa interferência, na avaliação intermediária (durante as aulas 05 a 10), quando da elaboração das respostas do QI, onde problemas como relacionar o conteúdo estudado com o experimento de Rutherford (de 1911, que culminou com a elaboração de uma nova proposta de modelo atômico) foram desenvolvidos com elevada porcentagem de correção (75%). Na questão sobre os tipos de materiais que bloqueiam a passagem da radiação emitida (usamos o chumbo, como exemplo), três estudantes (25%) não utilizaram o conceito cientificamente aceito para justificar o processo, negociando explicações cuja significação ainda se apoiava bastante em suas concepções alternativas. Entretanto, ao concluírem a etapa de avaliação, nas aulas 11 e 12, esses mesmos alunos mostraram evolução em suas significações, ao utilizarem enunciados que traziam expressões associadas aos termos “densidade” e “espessura” do material, para impedir o avanço de partículas e da radiação gama. Na questão acerca do isolamento em torno da usina nuclear de Chernobyl, que fazia abordagem sobre os conceitos de decaimento e meia-vida, 10 dos 12 sujeitos participantes (83,3%) os significaram de maneira apropriada, atribuindo ao fato, explicações escoradas no conhecimento científico socialmente organizado e aceito. Na própria argumentação utilizada para apresentar e desenvolver a categorização dos significados (ver Quadro 04) é possível identificar como o desempenho dos sujeitos se manteve em níveis bem elevados, com respeito à significação dos conceitos, se o compararmos a uma abordagem tradicional, expositiva e mecânica do assunto. Quanto à segunda de nossas questões, não podemos apresentar, aqui, considerações conclusivas a respeito do “domínio” e “apropriação” dos gêneros discursivos típicos da Química escolar, pelos alunos, como contribuição exclusiva dos OAs utilizados. Embora tenhamos que reconhecer a sua importância, sabemos através dos trabalhos desenvolvidos por vários pesquisadores (citados ao longo deste trabalho), que outros instrumentos mediadores são capazes de levar, de forma consistente, à apropriação desse tipo de gênero discursivo. Os nossos dados, especificamente, sinalizam na direção de que houve “domínio” por parte da maioria dos alunos das ferramentas socioculturais, como os conceitos apresentados (radiatividade, emissões radiativas, decaimento e meia-vida) ao longo das atividades. E “apropriação” numa parcela menor do grupo de sujeitos investigados, como apontam os resultados do Quadro 04.

REFERÊNCIAS

BAKHTIN, M. M. **Speech genres and other late essays**. Austin: Texas University Press, 1986.

_____. **A estética da criação verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 2000. (tradução de Paulo Bezerra)

_____. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Hucites, 2004.

BRÁS, C. M. D. **Integração das tecnologias da informação e comunicação no ensino da Física e Química**. Dissertação (Mestrado em Educação Multimídia). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2003.

BURKE, K. **A grammar of motives**. Berkeley: University of California Press, 1969.

_____. **Dramatism and development**. Worcester Mass: Clark University Press, 1972.

FERNANDES, A. M. R.; RÉ, A. M.; BASTOS, R. C. **Desenvolvimento de um programa educacional para a disciplina relativa a introdução à Estatística**. In: VII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, p. 175, Belo Horizonte, 1996.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de Ciências**. Ijuí: Ed. da Unijuí, 2008.

_____. **Uma perspectiva sociocultural para os estudos sobre elaboração de significados em situações de uso do computador na educação em Ciências**. 2006. Tese (Livre-docência). Faculdade de Educação – USP, São Paulo, 2006.

HABERMAS, J. **The theory of communicative action**. v. 01: Reason and the rationalization of society. Boston: Beacon Press, 1984.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Ed. da Unijuí, 2007.

PINHEIRO, P. C. **A interação de uma sala de aula de química de nível médio com o hipermídia etnográfico sobre o sabão de cinzas vista através de um abordagem sócio(trans) cultural de pesquisa**. 2007. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 2007.

POSSO, A. S. **A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem: utilizando a Teoria da Ação Mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, USP, São Paulo, 2010.

ROBERTS, N. **Modelling and Simulation in Science and Mathematics Education**. New York: Springer-Verlag, 1999.

SOARES, M. H. F. B. et al. **Uma descrição dos sítios na internet brasileiros dedicados à educação em Química**. In: Encontro Latino Americano de Ensino de Química, 2., 2000, Porto Alegre (RS), Anais... Porto Alegre, p. 91, 2000.

VIGOTSKY, L. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

_____. **A construção do pensamento da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

_____. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

WERTSCH, J. V. **Voces de la mente: un enfoque sociocultural para el estudio de la Acción Mediada**. Madrid: Visor, 1991.

WERTSCH, J. V. **La mente em acción**. Buenos Aires: Aique, 1999.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky y la formación social de la mente**. Barcelona: Paidós, 1988.

WERTSCH, J. V.; SMOLKA, A. L. B. Continuando o diálogo: Vygotsky, Bakhtin e Lotman. In: DANIELS, H. (org.). **Vygotsky em foco: pressupostos e desdobramentos**. Campinas: Papirus, p. 121-150, 1994.

WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. **Estudos socioculturais da mente**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

WITTGENSTEIN, L. **Philosophical investigations**. Oxford: Blackwell, 1972.