

ELABORAÇÃO EM GRUPO DE ROTEIROS DE SIMULAÇÕES DE QUÍMICA: UMA APROXIMAÇÃO À APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COLABORATIVA
(Elaboration of chemistry scripts for simulations in groups: an approximation to collaborative significant learning)

M.E Infante-Malachias [marilen@usp.br]

Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo (EACH-USP)
Av. Arlindo Bettio 1000, Ermelino Matarazzo CEP 03828-000 São Paulo, SP, Brasil

A.M Navas [ananavas77@gmail.com]

Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo (FEUSP)
Av. da Universidade, 308, Cidade Universitária CEP 05508-040 São Paul, SP, Brasil

C.A.A Nunes [cesaraanunes@gmail.com]

Fundação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FAFE)
Av. Afrânio Peixoto, 25, Butantã CEP 05507-000, São Paulo, SP, Brasil

A.M. P Santos-Gouw [ana@futuro.usp.br]

Escola do Futuro, Universidade de São Paulo (EF-USP)
R Profº Lúcio Martins Rodrigues, trav. 4, bloco 2, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil

M.E Fejes [marcela@futuro.usp.br]

Escola do Futuro, Universidade de São Paulo (EF-USP)
R Profº Lúcio Martins Rodrigues, trav. 4, bloco 2, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de uma experiência realizada no âmbito do Projeto Laboratório Didático Virtual de Química, onde alunos de Ensino Médio de escolas públicas do estado de São Paulo foram convidados a elaborar, em grupos, roteiros de simulações virtuais a partir de situações do cotidiano. Apresenta-se aqui um estudo de caso que analisou o trabalho desenvolvido por um grupo de alunos de primeiro ano de Ensino Médio. A análise dos diferentes documentos de registro e também dos roteiros de simulação produzidos pelos alunos indicou que este tipo de atividade pode favorecer a ocorrência de aprendizagem significativa entre os estudantes participantes do projeto, no que se refere à elaboração e uso de estratégias de aprendizagem e à criação e elaboração em grupo de roteiros de simulação. Os alunos desenvolveram diversas habilidades, utilizaram adequadamente conceitos disciplinares e se posicionaram diante de alguns assuntos assumindo uma postura valorativa e ética.

Palavras chave: simulações de química, trabalho em grupo, aprendizagem significativa.

Abstract

This work represents the results of an experience done in the Virtual Laboratory of Chemistry, where college public schools pupils of the State of São Paulo, were invited to elaborate in groups virtual simulation scripts resolving everyday situations. We show here a study case analyzing the work of first year students. The analysis of different documents such as class registers and the scripts produced showed that this kind of activity favors significant learning in the students that participated in the project both in the elaboration and the use of different learning strategies and the creation and development of the simulation scripts. The students developed different abilities, used adequately disciplinary concepts and took straightforward positions in front of various matters assuming an ethic and valuable posture.

Keywords: chemistry simulations, work in groups, significant learning.

Introdução

O conceito de aprendizagem significativa, originalmente proposto por Ausubel (1963), se refere ao processo cognitivo por meio do qual, novas aprendizagens (informações novas) se relacionam de maneira *não arbitrária e não literal* com os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva dos indivíduos. Isso significa que novas informações e conhecimentos têm que fazer sentido para o aprendiz. Este conceito, ampliado e melhorado por Novak (1977), considera que deveriam ser promovidas ações não só para melhorar os modos pelos quais os indivíduos pensam, mas também como eles agem e como eles sentem (*empowerment*). Deste ponto de vista, a aprendizagem não poderia estar restrita apenas aos aspectos cognitivos, relacionados à organização, estruturação e hierarquização dos conhecimentos, mas também deveria considerar aspectos afetivos, habilidades e estratégias de pensamento e de ação. Nesse sentido, é relevante destacar que o conceito de *empowerment* deve considerar também os aspectos sociais e as relações que surgem no trabalho em grupos colaborativos.

As estratégias pedagógicas usadas pelos professores deveriam proporcionar que os novos conhecimentos façam sentido para os alunos, de forma a promover aprendizagens significativas, tanto com respeito aos conteúdos conceituais como aos de procedimentos e de atitudes (Coll, 1986), além de valorizar a colaboração entre os diversos atores no processo educativo.

Moreira (2000) realizou uma análise do conceito de aprendizagem significativa diante de outros construtos teóricos, considerando desde a teoria de Piaget até a perspectiva dos modelos mentais da Psicologia Cognitiva e concluiu que é possível falar de aprendizagem significativa através dos diferentes referenciais teóricos construtivistas, mantendo as perspectivas e as particularidades de cada um, já que todos eles dão significados a eventos ou objetos. A extensa inclusão e adequação do conceito de aprendizagem significativa nas diferentes teorias construtivistas, tanto humanistas como cognitivistas, o tornam um conceito supra-teórico (Moreira, 2000).

Para Bereiter e Scardamalia (2006), as aprendizagens, além de confrontar idéias e teorias, devem permitir que os estudantes sejam introduzidos na construção do conhecimento, propiciando a criação de uma cultura de construção do conhecimento, sendo esta tarefa assumida como um trabalho coletivo - *knowledge building*. Para alcançar tal objetivo, deveria ser privilegiada a busca de soluções para problemas ao invés de procurar respostas para perguntas, permitindo que o estudante procure diferentes alternativas e utilize diversas estratégias para seu aprendizado. Desse modo, envolvidos na construção do conhecimento, os estudantes focalizam sua ação em um avanço progressivo sobre o conhecimento adquirido, tanto na procura de soluções para problemas diversos, como no esforço de alcançar um produto tangível que seja importante ou reconhecido para a comunidade e no uso de fontes seguras de informação.

Díaz e Hernández (1999) consideram que quando os estudantes controlam seus processos de aprendizagem, percebem o que fazem, executam as exigências da tarefa e as respondem, planejam e examinam suas próprias realizações, identificam acertos e dificuldades, usam estratégias de estudo, valorizam as realizações obtidas e corrigem seus erros utilizando a auto-avaliação, aprendem de maneira significativa. Estas diferentes atividades realizadas não apenas individualmente, mas em grupo podem favorecer a aprendizagem significativa colaborativa e o *empowerment* dos indivíduos que passam não apenas a aprender *junto* de *outros*, mas também, a aprender *com* *outros*.

Podemos imaginar diferentes tipos de colaboração em função das necessidades institucionais e das possibilidades do ambiente educativo. Dessa forma, encontramos hoje experiências que vão desde o trabalho em pares até a colaboração através de redes virtuais que unem os mais variados

ambientes com os mais variados objetivos. Acreditamos, de acordo com Gros (2000), que nas escolas possam ser desenvolvidas diferentes possibilidades de colaboração:

- Entre pares: como os formados nos binômios aluno-aluno, professores-professor e/ou professor-coordenador pedagógico;
- Em grupos: como o que existe ao desenvolver uma tarefa particular encarregada a um grupo de alunos ou/e a um grupo de professores;
- Interdisciplinar: aquela que se realiza entre professores de diferentes disciplinas;
- Intragrupal: quando dentro de um grupo de trabalho se formam subunidades que realizam tarefas interdependentes, mas que são específicas e podem ser realizadas em diferentes momentos ou ambientes.
- Entre unidades institucionais: quando várias unidades da mesma instituição trabalham juntas em um objetivo comum;
- Interinstitucional: ocorre quando a escola trabalha com outras escolas ou instituições públicas e privadas de diversas naturezas (p.e: escola-municipal, escola-hospital, escola-universidade).

Um dos objetivos deste trabalho foi favorecer que os estudantes, ao trabalharem de forma colaborativa e em grupos na elaboração de roteiros de simulações de química, se aproximassem do manejo direto dos procedimentos, para propiciar a aprendizagem significativa colaborativa e o desenvolvimento da autonomia.

Dentro de um ambiente de trabalho em grupo colaborativo há diversos atores cumprindo funções específicas pré-estabelecidas de acordo com a dinâmica estabelecida, existindo diferentes papéis que poderão ou não se intercambiar. Em geral, espera-se que em um ambiente colaborativo, a dinâmica de desenvolvimento em espiral da cultura de colaboração permita que seus integrantes se apropriem das experiências de “grupo”, de forma que cada uma delas se constitua em um verdadeiro evento de aprendizagem. Não se trata de pensar em um produto final que resulte em uma soma de produtos parciais, senão em um modelo que vai se formando e crescendo com o aporte genuíno e idiossincrático de todos os integrantes do grupo.

Dessas colocações, deriva-se a importância de propor que nossos alunos realizem trocas de papéis nas atividades de trabalho em grupo, na perspectiva de que a experiência coletiva seja enriquecida e que a participação de cada um possa ser exercida a partir de diferentes lugares. Quando os alunos trocam os papéis dentro do grupo, por exemplo, quem faz os registros, quem coordena a reunião, o relator, os desenhistas etc, podem vivenciar o trabalho a partir de lugares diferentes e podem ajudar-se mutuamente. O trabalho em grupo colaborativo pode favorecer também o crescimento pessoal e o aumento da auto-estima, seja com a ajuda de outros através da troca de experiências, seja através da constatação por parte do aluno do desenvolvimento de suas próprias habilidades. A colaboração em grupo permite o desenvolvimento de outras habilidades, tais como a elaboração de críticas, a fluência na construção de idéias, a valorização do outro e o desenvolvimento da responsabilidade individual na execução das tarefas.

À luz das considerações anteriores, descrevemos aqui uma experiência que favorece uma aproximação à aprendizagem significativa colaborativa. Esta experiência foi realizada por alunos de ensino médio, participantes de um projeto do ensino de química voltado para a elaboração de roteiros de simulação virtuais, o Projeto Laboratório Didático Virtual de Química. O propósito era prover os estudantes de estratégias metacognitivas e de auto-regulação (Díaz e Hernandez, 1999) através da colaboração em grupos (Gros, 2000) que lhes permitisse refletir, trocar idéias com seus colegas e regular seu processo de aprendizagem.

O contexto da experiência

O projeto Laboratório Didático Virtual Química (LabVirtQ) da Escola do Futuro da USP (www.labvirt.fe.usp.br) foi implementado em 24 escolas públicas de ensino médio entre 2004 e 2006 e procurou melhorar o ensino-aprendizagem de ciências com o uso de ferramentas virtuais. Para isso, o projeto incentivava fundamentalmente o aluno a ser protagonista do processo de ensino-aprendizagem em Química, incorporando o trabalho colaborativo entre pares e entre instituições de ensino de diversos níveis.

No Projeto LabVirtQ, os produtos finais gerados pelo trabalho colaborativo dos participantes foram simulações virtuais geradas a partir de situações problema do cotidiano. Essas situações, criadas pelos estudantes, correspondiam aos temas curriculares propostos pelo professor, o que significa que o projeto não propôs rupturas com os conteúdos curriculares conceituais. A natureza da atividade proposta - a criação de uma situação problema que considera os conteúdos que estão sendo aprendidos e que será transformada em uma simulação publicada na Internet - proporcionou o exercício da criatividade, o uso de conhecimento interdisciplinar conectado com a realidade e valorizou os interesses dos estudantes.

Paralelamente, por parte do professor, o projeto favoreceu o desenvolvimento e uso de estratégias didáticas diferenciadas e de instrumentos de registro e avaliação e, nesse caso, a intencionalidade da situação educativa propiciada pelo LabVirtQ foi que os estudantes desenvolvessem também estratégias que os tornassem autônomos e co-responsáveis por sua aprendizagem. A estratégia didática utilizada foi o trabalho em pequenos grupos, onde os estudantes se organizaram de forma colaborativa, assumindo os diversos papéis que podem exercer em uma equipe: editor, relator, controlador do tempo e das atividades, facilitador e suplente.

Durante a execução das atividades didáticas do projeto LabVirtQ foram utilizadas três tipos de estratégias: *pré*, *co* e *pós-instrucionais*. Durante as aulas uma estratégia pré-instrucional preparava e alertava os estudantes em relação ao que seria desenvolvido. O professor explicava os objetivos e os grupos se organizavam para discutir a seleção de conteúdos conceituais que seriam abordados na simulação. Para apoiar os conteúdos curriculares de química durante o processo, as estratégias co-instrucionais empregadas, tais como leitura de textos, analogias e uso de ilustrações, ajudaram na contextualização da situação problema, nas avaliações do próprio trabalho e na produção do roteiro da simulação virtual. Os professores deveriam considerar no seu planejamento de aula, os objetivos e os instrumentos usados na implementação do projeto LabVirtQ. Para isso, uma equipe de orientadores acompanhou os professores, indicando possibilidades de trabalho, colaborando na modificação do planejamento, quando necessário, e assistindo ao professor nas dúvidas conceituais, para que ele pudesse trabalhar de forma segura. Isto permitiu que o grupo de pesquisa estivesse próximo do professor e de seus alunos.

A avaliação do trabalho desenvolvido pelo projeto LabVirtQ era realizada por meio de rubricas (Andrade, 2000), um instrumento de auto-avaliação do aprendizado apresentado através de uma tabela com critérios e níveis que os próprios alunos devem preencher em cada sessão de trabalho e que pode ser utilizado individual e coletivamente. Nas rubricas foram consideradas questões relativas ao desenvolvimento do projeto, conceitos compreendidos, o trabalho em grupo, a utilização de fontes de informação, criatividade, pontualidade, entre outras. Os estudantes se auto-avaliavam, atribuindo notas de 1 a 4, sendo 4 a pontuação maior. Dentre as estratégias pós-instrucionais utilizadas, a rubrica foi a que permitiu aos estudantes um olhar crítico e uma reflexão sobre seu trabalho e sobre o trabalho em grupo.

Ao final do processo, os estudantes elaboraram um roteiro de simulação, isto é, um roteiro detalhado onde estão descritos - página por página - todos os elementos contidos em uma

simulação. Estes elementos podem ser conceitos químicos, personagens, fórmulas, cenários e outros. Os roteiros de simulações produzidos pelos alunos eram corrigidos por membros da equipe de pesquisa, e durante estas correções foi possível avaliar os avanços ocorridos durante o processo de aprendizagem. Uma equipe da universidade, formada por alunos de graduação e pesquisadores, produzia e publicava a simulação virtual de Química na Internet, na página virtual do projeto.

Por outra parte, a cada mês os pesquisadores e os professores participantes do projeto se reuniam, durante um período de oito horas, para compartilhar suas experiências, avaliar o trabalho desenvolvido e discutir questões relacionadas ao andamento do projeto em cada escola. Nesses encontros os professores das escolas apresentavam os registros dos grupos de alunos, a avaliação dos alunos através das rubricas e os esboços das simulações. Todos estes instrumentos foram utilizados na avaliação do projeto, ao longo de todo o processo.

Abordagem metodológica

A experiência aqui descrita corresponde a um estudo de caso e representa a análise do trabalho pedagógico desenvolvido por uma das professoras de uma escola participante do projeto LabVirtQ. A professora foi acompanhada sistematicamente pelo grupo de pesquisa desde a etapa do planejamento até a utilização por parte dos alunos dos instrumentos de avaliação como registros e rubricas instrucionais.

Para a coleta de dados, foram aplicados questionários para os professores que consideravam a comunicação, a motivação, a prática pedagógica e suas conseqüências na aprendizagem dos estudantes, além de perguntas sobre a metodologia do projeto implementado. O questionário respondido pelos estudantes tratou de temas como motivação no ensino de ciências, relações da Química com o cotidiano, fontes de investigação utilizadas por eles, formas de trabalhar em grupo, relação com os professores e os colegas e problemas enfrentados nas diversas etapas do projeto.

Como fonte secundária de dados, foram analisados os diversos registros escritos nas reuniões de grupo dos alunos, os esboços e roteiros de simulações que os alunos apresentaram, a simulação produzida a partir desses roteiros, os registros da avaliação por rubrica, tanto individuais como coletivos e os diversos registros do professor.

Para o estudo de caso, selecionamos um único grupo de alunos orientado por uma das professoras participantes do LabVirtQ. Esse grupo foi selecionado por ser um exemplo significativo e comum à experiência vivida dentro do universo de 1200 estudantes das diversas escolas públicas participantes do projeto. Além disso, consideramos que essa amostra representou a totalidade dos alunos uma vez que, a partir dos resultados, foi possível inferir conclusões em relação aos outros grupos participantes.

Foi utilizado como referencial de análise o desenvolvimento e utilização, por parte dos estudantes, de estratégias de aprendizagem diversas, a elaboração e uso de rubricas educacionais (Andrade, 2000) e a classificação de habilidades e competências proposta pelo Ministério da Educação do Brasil (MEC, 2005).

Para verificar uma aproximação à aprendizagem significativa colaborativa por parte do grupo de alunos estudado, utilizamos os critérios de analisar se os alunos controlaram seus processos de aprendizagem; se eles percebiam o que faziam; se executavam as exigências das tarefas e as respondiam; se planejavam e examinavam suas próprias realizações; se identificavam acertos e dificuldades; se usavam estratégias de estudo; se reconheciam e valorizavam as realizações obtidas e finalmente, se corrigiam seus erros utilizando ferramentas de auto-avaliação

(Díaz e Hernández, 1999). Todas estas informações foram recolhidas nos questionários aplicados e nos diversos registros obtidos, assim como nas reuniões com a professora orientadora.

Resultados

Preparação da experiência: Planejamento da unidade didática e ferramentas de avaliação

A professora selecionada planejou 12 aulas para desenvolver o projeto LabVirt Química utilizando o tema "Estrutura Atômica". O tema foi abordado de tal modo que foram necessárias duas aulas para a compreensão da metodologia de trabalho sugerida pelo projeto e para determinar os critérios de avaliação que seriam utilizados.

A maior parte do cronograma foi dedicada ao desenvolvimento da investigação orientada à elaboração do roteiro e à auto-avaliação. Consideramos importante enfatizar a coerência entre o objetivo de conseguir que o estudante aprenda significativamente e o fato de que a maioria das aulas havia sido destinada a que o estudante procurasse resolver o problema esboçado a partir de sua própria investigação.

Os instrumentos de auto-avaliação utilizados foram a rubrica individual, preenchida em cada aula, a rubrica do trabalho em grupo, preenchida no final do processo e a avaliação geral do projeto LabVirt Química, respondida individualmente na finalização do projeto. A rubrica é um instrumento de avaliação flexível e pode ser modificado de acordo com as necessidades do professor, dos alunos ou da atividade específica realizada, um exemplo de rubrica é apresentada no anexo 1. Os critérios utilizados nas diversas rubricas foram similares, mas não foram iguais em todos os grupos nem em todas as escolas. Os pontos considerados foram os avanços conseguidos enquanto a conceitos aprendidos, atitudes frente à disciplina, trabalho em grupo, uso de fontes de informações, comunicação e expressão, criatividade e aplicabilidade.

Também foram utilizados como instrumento de avaliação os registros de reuniões de trabalho. Esses registros eram documentos curtos, elaborados pelos alunos, que relatavam o desenvolvimento de cada uma das reuniões de trabalho. Os alunos destacavam em cada um dos registros os objetivos da reunião, as funções de cada membro do grupo, intervenções e atividades realizadas por cada participante e as reflexões sobre o trabalho em grupo (pontualidade, relacionamento, dificuldades, etc).

Em geral, todos os instrumentos de avaliação foram utilizados pelos professores para identificar, compreender, avaliar e qualificar a adequação dos objetivos de aprendizagem e de como o trabalho em grupo estava sendo desenvolvido. Por outro lado, os alunos avaliaram sua capacidade de organizar idéias, tendo um "controle" sobre o seu próprio processo de trabalho.

A elaboração de roteiros de simulações permitiu também avaliar o processo, porque neles estão claras as demandas específicas nos níveis cognitivo, afetivo e social que foram significativas para os alunos. Ao mesmo tempo, a construção dos roteiros revelou aspectos cognitivos próprios ao raciocínio químico, além de aspectos relacionados à valoração afetiva do trabalho na medida em que são contempladas as expectativas dos estudantes em relação ao conteúdo trabalhado.

Implementação do Projeto:

1. Dinâmica do trabalho em grupo

O grupo representativo selecionado estava composto por cinco estudantes do 1º ano (15 anos) do Ensino Médio que participou do projeto LabVirtQ. Dentro do tema "Estrutura Atômica",

proposto pela professora, o grupo escolheu um problema relacionado com a destruição da camada de ozônio pela ação dos compostos clorofluorcarbonados. O grupo se reuniu em todas as aulas, sendo que em cada aula foi elaborado um registro, onde se indicavam as funções de cada um dos membros, os objetivos e uma breve descrição das discussões ocorridas. A dinâmica do trabalho consistiu em uma troca de papéis, de forma que cada um assumiu cada um dos diferentes papéis durante as aulas: redator, relator, marcador de tempo e de atividades, ajudante e suplente. Isto permitiu que o trabalho em grupo não ficasse reduzido a um agrupamento das pessoas em torno de um mesmo objetivo, mas sim um grupo onde cada pessoa desempenhava um papel diferente para alcançar um objetivo comum.

Esta organização permitiu que a discussão das idéias, as avaliações por rubrica e a elaboração do roteiro de simulação pudessem ser realizados com a colaboração e a expressão de todos os componentes do grupo. Como consequência, também permitiu que existisse uma continuidade no trabalho, já que a ausência de membros da equipe não se configurou um obstáculo para o seu progresso.

2. Utilização de instrumentos de avaliação

Sobre as avaliações por rubrica, podem-se destacar que, durante o primeiro mês, as respostas apontavam as pontuações 2 e 3, que se referiam a um início de compreensão e compromisso com o grupo e com a própria aprendizagem. Ao término do segundo mês, as avaliações mostraram um progresso (a maioria das pontuações chegou a 4, que é a maior pontuação na rubrica), o que indica clareza nos objetivos e compromisso com a aprendizagem, com as responsabilidades e, por conseguinte, com o grupo. Isto indicou que os estudantes, apesar de não estarem habituados a avaliar seu próprio desempenho, tiveram consciência das dificuldades ou se detiveram em pensar sobre elas, fossem estas conceituais ou de outra natureza, principalmente com respeito ao trabalho coletivo.

Na rubrica coletiva, onde cada membro avaliou o trabalho do grupo, foi evidente que todos compreenderam seu papel, participaram de modo ativo e democrático, sentiram que estavam bem organizados, aproveitaram as discussões e perceberam que estavam melhorando sua aprendizagem.

3. Criação e elaboração do roteiro de simulação

3.1. Seleção do contexto: discussão das idéias prévias.

Ao analisar os registros, percebe-se claramente a influência de idéias que já são familiares aos alunos na escolha do contexto da simulação. Apesar de todos os membros da equipe exporem suas idéias, escolheu-se como contexto uma situação em que o pai de um dos membros da equipe já tinha experiência. Também houve argumentos relacionados à relevância do tema tanto para o presente (escolha de produtos que afetam a camada de ozônio) como para o futuro (problemas ambientais). Alguns dados encontrados nos registros do grupo destacam este fato:

Estudante 1: *Gostou da idéia porque seu pai trabalha muito na área...*

Estudante 2: *Achou interessante, porque obteve dados sobre o mundo atual e futuro.*

Estudante 3: *Achou interessante porque aprendeu coisas que não sabia ou que achava difícil.*

Estudante 4: *Achou a proposta interessante e muito inteligente.*

Estudante 5: *Gostou po que tem um grande interesse em entender o assunto.*

3.2. Construção da situação problema.

Os registros destacam o conceito químico (as mudanças ocorridas no átomo de oxigênio), as conseqüências da absorção de luz violeta pelas moléculas de ozônio e o uso de clorofluorcarbonetos (CFC). Deste modo, foi construído um contexto (uma história), em que um menino conversa com seu avô sobre este problema.

3.3. Utilização de diferentes símbolos.

Para desenvolver a situação problema proposta na simulação, os estudantes usaram fórmulas químicas, imagens da mancha na camada de ozônio em diferentes épocas e a linguagem formal de forma adequada, mostrando preocupação com a compreensão do público que veria a simulação por eles produzida.

3.4. Habilidades desenvolvidas.

Para elaborar o roteiro da simulação, o grupo teve que desenvolver algumas habilidades. Algumas das habilidades foram identificadas dentro das propostas do MEC e foram reconhecidas nos diversos registros produzidos pelos estudantes:

a) Identificação de variáveis relevantes em uma ilustração para a interpretação de um fenômeno.

Os alunos selecionaram imagens do planeta devidamente coloridas, onde determinada cor e forma representavam problemas na camada de ozônio, para que o “leitor da simulação” pudesse compreender a evolução do buraco na camada de ozônio no decorrer dos anos.

[...] usar um desenho mostrando por etapas de acordo com os anos o processo de destruição e por último a camada de ozônio totalmente poluída.

b) Capacidade de explicar uma determinada situação problema em outras linguagens. Ao expor o problema da camada de ozônio, os estudantes usaram a linguagem química para explicar a decomposição da molécula de ozônio (O_3) para átomos de cloro (Cl), liberado à atmosfera pelos clorofluorcarbonetos.

[...] 3ª tela... $CH_3Cl(g) \rightarrow CH_3(g) + Cl(g)$

[...] Quando o gás CFC chega à camada de ozônio e entra em contato com a radiação solar, sofre uma decomposição liberando átomos de cloro que ficam livres para interagir com o O_3 formando partículas que não impedem a passagem da radiação solar perigosa.

c) Análise crítica das conseqüências ambientais na utilização dos recursos materiais. Os estudantes destacaram no roteiro a relação entre os problemas causados pelos produtos que contém CFC, tais como equipamento de ar condicionado, geladeiras, aerossóis e a redução da camada de ozônio:

[...] ontem eu vi na televisão que para proteger a camada de ozônio já estão fabricando refrigeradores industriais e equipamentos de ar condicionado com outro tipo de gás.

d) Utilização de diversas escalas de tempo para situar e descrever as transformações do planeta. Os estudantes usaram datas e imagens fotográficas para ilustrar o processo de alteração na camada de ozônio.

[...] 6ª tela: mostrar a foto de 18/09/1979 com a seguinte explicação de Dudu: A mancha azul representa o buraco na camada de ozônio que ainda era pequeno...

[...] 7ª tela: mostrar a foto de 21/09/1988 com a seguinte explicação de Dudu: A mancha azul já aumentou bastante.

[...] 8ª tela: mostrar a foto de 10/09/2000 com a seguinte explicação de Dudu: ...e continua crescendo cada vez mais.

[...] 9ª tela: mostrar a foto de 24/09/2002 com a explicação seguinte de Dudu: Nós tivemos boas notícias: o buraco na camada de ozônio diminuiu um pouco em 2002.

e) *Análise de situações problemas referentes a perturbações ambientais, reconhecendo suas transformações, antecipando efeitos e propondo formas de intervenção.* Neste roteiro de simulação virtual, o objetivo do grupo de trabalho era apresentar as causas, conseqüências e prevenção dos problemas relacionados à destruição da camada de ozônio. Para isso, eles elaboraram uma situação contexto, em que um avô conversa com seu neto sobre os problemas relacionados com esta situação e sobre como podemos interferir. Um dos textos que destacam esta situação é:

Imagine, se este processo de destruição da camada de ozônio continua, dentro de alguns anos provavelmente a camada de ozônio estará destruída e os raios ultravioletas malignos entraram livremente no planeta, o que fará com que as geleiras derretam e cubram a terra, não existindo mais terra seca. As pessoas também deverão usar roupas especiais que as protejam, pois os raios solares serão tão prejudiciais que somente saindo ao ar livre poderão sofrer queimaduras sérias.

Os estudantes relatam em seus registros claramente, mas de forma simples, como suas idéias vão crescendo à medida que o roteiro de simulação vai se configurando. Discutem brevemente a relevância de resolver um problema do cotidiano e a importância que este assunto tem para a sociedade. Finalmente, descrevem o uso que fazem das informações pesquisadas nas diversas fontes bibliográficas ao longo do processo de investigação. O roteiro que enviam para a universidade como produto final resulta em uma simulação, intitulada “Proteger ou destruir? Você decide”, que é publicada e sujeita a comentários do usuário/visitante na página eletrônica do projeto LabVirt (<http://www.labvirt.fe.usp.br>). Também ficou clara a preocupação que tiveram, como grupo, com a interação do usuário na simulação e com a importância do tema na sociedade atual.

Considerações finais

Este trabalho pretende mostrar que estratégias didáticas, como o projeto LabVirtQ, podem permitir que o significado lógico dos conteúdos de aprendizagem se transforme em significado psicológico para os estudantes (Ausubel, 1963), além de favorecer que os estudantes desenvolvam diversas estratégias de aprendizagem, permitindo que os diferentes conhecimentos adquiram sentido para eles. Uma estratégia de aprendizagem é um instrumento flexível que o estudante adquire e usa de forma intencional para aprender significativamente e para resolver problemas (Dias e Hernández, 1999), transferindo-a em outras situações e contextos.

Neste sentido, concordamos com Moreira (2000), a teoria da aprendizagem significativa é uma teoria prática e, como o próprio autor indica, *é uma teoria de aprendizagem em aula*, sendo assim, a experiência do LabVirtQ como uma experiência de aprendizagem colaborativa, permite que os estudantes "aprendam a" desenvolver estratégias na sala de aula que os tornem capazes de controlar seus próprios processos de aprendizagem, perceber o que fazem, captando as exigências da tarefa, planejem e examinem as próprias realizações, identifiquem seus sucessos/erros, utilizem estratégias diversas de estudo e valorizem as suas realizações.

Para Bellome *et al.* (2006), uma atividade de resolver problemas supõe uma ação que seja prazerosa para o estudante, uma ação que permita exercitar o pensamento não condicionado por regras externas dadas pelo professor, tidas como arbitrárias e sem sentido. De fato, na experiência do LabVirtQ, como o estudante organiza coletivamente as normas de operação interna do grupo de trabalho, ele pode assumir esta atividade como um trabalho sério e não apenas isoladamente, como um jogo. Por outro lado, a efetiva colaboração entre os membros do grupo, além de favorecer a aprendizagem significativa, aproxima também os alunos do conceito “Novakiano” de *empowerment*.

A colaboração deve deixar de ocupar um lugar apenas na teoria de projetos e propostas educativas para tornar-se efetivamente uma prática. O trabalho colaborativo pode favorecer a aprendizagem significativa colaborativa e, desta forma, pode ser considerado mais importante que o próprio conteúdo disciplinar. Acentuar a necessidade de sair de nossa rotina e animarmo-nos no caminho das práticas colaborativas, em todos os níveis, permitirão uma formação continuada e reflexiva em um exercício que nos conduza a uma sociedade mais participativa, com cidadãos mais solidários. A possibilidade de incorporar as tecnologias de comunicação (TICs) na educação abre novas portas para melhorias nas oportunidades de trabalho colaborativo. A navegação na Internet, a participação em comunidades de aprendizagem, ou a participação em redes virtuais de comunicação favorecem a colaboração. Mas, se o professor não está convencido a usar práticas colaborativas, se não sabe pensar de forma colaborativa e se nunca trabalhou nesta linha, dificilmente adotará práticas deste tipo como estratégias de ensino-aprendizagem. Não é a falta de recursos tecnológicos que impede o trabalho colaborativo, mas sim a falta de visão sobre a sua real importância.

Assim, a nossa experiência descrita aqui como um estudo de caso é uma alternativa aos métodos tradicionais de transmissão de conhecimento e pode contribuir, de maneira significativa, para superar o paradigma do professor como agente transmissor de conteúdos (Inostroza, 1996). O professor que trabalha com grupos colaborativos se transforma em um orientador, conselheiro e colaborador no processo da aprendizagem de seus estudantes, tendo como propósito de trabalho docente que seus alunos possam efetivamente aprender a pensar por si mesmos, criar, produzir, expor e validar suas idéias. Uma comunidade de professores que viva esta experiência estará em condições de transmitir essa prática e sistematizar seus próprios saberes, favorecendo que os estudantes descubram a potencialidade de construir as suas aprendizagens de um modo colaborativo.

O uso de estratégias colaborativas de aprendizagem constitui uma base eficiente para promover aprendizagens significativas que dão ao indivíduo uma base rica e diversificada de conhecimentos. Estes conhecimentos, tanto de conteúdos como de procedimentos e atitudes, permitem que o estudante desenvolva, além de competências sociais como colaboração, respeito e responsabilidade, uma imagem positiva de si mesmo e uma relação mais próxima com a ciência.

Bibliografia

- ANDRADE, H.G. (2000). Using Rubrics to Promote Thinking and Learning. *Educational Leadership*, V.57, n. 5, p. 13-18.
- AUSUBEL, D. P. (1963). *The psychology of meaningful learning*. New York: Grune & Stratton.
- BELLOME, G; ZUVIALDE, M. A. & REY, J. L. (2006). Múltiples estrategias para la resolución de problemas. *Novedades Educativas*, n.182, p.48-51.
- BEREITER, C & SCARDAMALIA, M. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy and technology. In: K. Sawyer (Ed.), *Handbook of the Learning Sciences*. New York: Cambridge University Press, p. 97-118.
- COLL, C. (1986). *Marc Curricular per a l'Ensenyament obligatori*. Barcelona. Departament d'Ensenyament da la Generalitat de Catalunya.
- DÍAZ, B.F. & HERNÁNDEZ, R.G. (1999). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Mexico: McGraw Hill.
- GROS, B. (2000). *El ordenador invisible: Hacia la apropiación del ordenador de la enseñanza*. Barcelona, Gedisa.
- INOSTROZA, G. (1996). *Talleres Pedagógicos*. Santiago: Dolmen Ediciones.

- MEC (2005). *Cartilha, informativo e documento básico do ENEM*. Disponível em <<http://www.inep.gov.br/basica/enem/publicacoes/>>. Acesso em 30 mar. 2007.
- MOREIRA, M. A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor.
- NOVAK, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, New York: Cornell University Press.

Anexo I

Modelo de Rubrica utilizada pelos alunos para avaliar o trabalho individual no grupo.

CRITÉRIOS	4	3	2	1	Pontuação
Conceitos de química	Estou me apropriando bem da linguagem química e dos conceitos. Consigo aplicá-los e identificá-los em diversas situações.	Compreendi os conceitos, mas tenho dificuldades para identificar e relacionar alguns deles em outras situações.	Compreendi alguns conceitos, mas alguns parecem confusos. Não consigo identificá-los nem relacioná-los em outras situações.	Eu não entendo os conceitos e não os identifico em nenhuma situação extra-escolar ou da escola.	
Atitude frente à disciplina Química	Tudo parece ficar cada vez mais claro e entendo melhor a importância da química no dia-a-dia.	A química está distante da minha realidade, mas sinto curiosidade em compreender os fenômenos e compartilhar minhas dúvidas e interesses.	Consigo perceber alguns valores nessa disciplina apenas quando estou na sala de aula.	Sinto que não há valor algum em se estudar química e ela não faz da minha vida ou interesses.	
Trabalho em grupo	Sinto-me participante do trabalho e do grupo. Procuro contribuir e compartilhar minhas descobertas e dúvidas, respeitando cada um dos colegas. É importante manter o grupo unido porque fazemos parte de uma mesma equipe.	Sinto-me participante e procuro contribuir e compartilhar com o grupo minhas descobertas e dúvidas. No entanto, sinto certa dificuldade em compreender idéias ou posturas de outros.	Tento participar, mas não me sinto seguro (ou por outros motivos). Por isso, evito compartilhar minhas descobertas e dúvidas. Prefiro ouvir e ser passivo.	Não contribuo e nem compartilho descobertas e dúvidas. Aliás, eu não me sinto envolvido nesse trabalho.	
Uso de fontes de informação	Busco as informações e procuro selecionar as	Busco as informações necessárias, mas de vez em	Tento buscar as informações, mas não sei como encontra-	Não busco as informações.	

	fontes e os conteúdos mais confiáveis.	quando tenho dificuldades em selecioná-las.	las.		
Comunicação e expressão	Sinto-me confiante quanto à minha capacidade de expressão nas produções escritas e orais. As pessoas entendem o que pretendo expressar.	Sei que me expresso satisfatoriamente, mas de vez em quando as pessoas têm dificuldades em me compreender.	Tenho dúvidas quanto à minha capacidade de expressão e comunicação. Tenho a impressão que sou às vezes confuso.	Não consigo expressar bem as minhas idéias. Parece que as palavras fogem.	
Criatividade e aplicabilidade	A idéia e a encomenda são interessantes e aplicáveis à realidade.	Consegui ter uma idéia e fazer uma encomenda satisfatória.	Consegui ter uma idéia, mas não consegui aplicá-la ao fazer a encomenda.	Não consegui ter nenhuma idéia e nem fazer a encomenda.	
Pontualidade	Procuro ser pontual sempre	Quase sempre entrego no prazo	Quase sempre entrego com atraso	Não costumo entregar.	