

Fundação Universidade Federal do Rio Grande

Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental

Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.

ISSN 1517-1256

Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental

Volume 05, janeiro/fevereiro/março de 2001

A MODELAGEM COMPUTACIONAL COMO UMA POSSÍVEL ESTRATÉGIA PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL FUNDAMENTAL*

Arion de Castro Kurtz dos Santos

Fundação Universidade Federal do Rio Grande – Departamento de Física e Mestrado em Educação Ambiental

Dulce Helena Souza Russo

Professora da Rede Pública Municipal – Mestre em Educação Ambiental

Ives Solano Araujo

Fundação Universidade Federal do Rio Grande – BIC CNPq

Maria Teresa Albernaz Almeida

Fundação Universidade Federal do Rio Grande – Aluna do Mestrado em Educação Ambiental

RESUMO

O artigo apresenta alguns desenvolvimentos recentes associados ao projeto PROFECOMP – Desenvolvimento e Uso de Ferramentas Computacionais para o Aprendizado Exploratório de Ciências da FURG que em seus aspectos relativos ao tratamento de questões de Educação Ambiental é Sub-Projeto de um projeto maior específico do curso de Mestrado em Educação Ambiental. Dentre os resultados de pesquisa incluímos no presente artigo o desenvolvimento de um Autômato Celular, para o trabalho com o raciocínio em nível de objetos, e resultados de utilização do programa VISQ, para modelagem semiquantitativa, em particular uma utilização inovadora da ferramenta para a elicitacão da representacão do especialista e conseqüente construçã

* Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq e FAPERGS.

de um instrumento fidedigno, bem como algumas recomendações para utilização com alunos do ensino fundamental.

Palavras Chaves: Educação Ambiental, Educação Fundamental, Modelagem com objetos, Modelagem semiquantitativa, Computador.

Introdução

O presente trabalho insere-se no contexto de utilização de ferramentas computacionais de modelagem dinâmica no ensino de Ciências (KURTZ DOS SANTOS, A. C., 1992).

A associação da Informática com a Educação tem gerado novas estratégias de ensino-aprendizagem, beneficiando o professor, o aluno e mesmo a escola. Um dos modos recentes de se trabalhar a Informática Educativa tem sido através da Dinâmica de Sistemas que é baseada na representação por diagramas causais (ROBERTS, N. et al., 1983) e conseqüente conversão em diagramas de fluxo (ROBERTS, N. et al., 1983; FORRESTER, J. W., 1990; KURTZ DOS SANTOS, A. C., 1995) para utilização em sistemas de modelagem quantitativa como STELLA (RICHMOND, B. et. al., 1987). Dentro da mesma filosofia foi desenvolvido o sistema de modelagem semiquantitativa VISQ que, utilizando-se da matemática das redes neurais, permite a animação dos diagramas causais, diretamente na tela do computador, sem a necessidade da utilização de números.

O programa VISQ pode ser considerado como uma ferramenta para a aprendizagem por possibilitar novas formas de interação com conteúdos escolares como por exemplo: aprender por meio de simulações de ambientes, da interpretação de gráficos simultâneos, da verificação rápida do efeito produzido pelas operações realizadas, da reflexão sobre o comportamento dinâmico das interações estabelecidas, o que seria talvez impossível com lápis e papel.

‘Modelagem para a Educação Ambiental: concepções e práticas na produção de conhecimentos e transformação de valores e atitudes’ constitui-se em projeto específico do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental - Mestrado da FURG e tem

como objetivo o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa tendo como base, dentre outros, os seguintes temas:

- 1) **Levantamento, mapeamento e análise de Concepções e Representações Sociais** de Professores e Alunos, em questões relativas ao ambiente.
- 2) **Desenvolvimento e aplicação de métodos de Modelagem qualitativa, diferentes representações (tais como diagramas causais, hexagramas, textos, etc)** e a relação com propostas de educação formal.
- 3) **Desenvolvimento e aplicação de métodos de Modelagem semiquantitativa e quantitativa** voltados para a EA e desenvolvimento sustentável, envolvendo variáveis econômico-sócio-ambientais e ecológicas do ecossistema e a relação com propostas de educação formal.

O Sub-Projeto PROFECOMP - Desenvolvimento e Uso de Ferramentas Computacionais para o Aprendizado Exploratório de Ciências

O Sub-Projeto tem como objetivos:

- o uso da modelagem como um meio de elicitare representações;
- o desenvolvimento de pesquisa sobre representações sociais envolvendo a modelagem com objetos, semiquantitativa e quantitativa em Educação Ambiental, relacionadas à educação formal;
- a produção de modelos para a Educação Ambiental tendo como base os programas Autômato Celular AUTCEL-RCO (ARAUJO, I. S., 2000), VISQ - Variáveis que Interagem de modo SemiQuantitativo (KURTZ DOS SANTOS, A. C. et. al., 1997), STELLA e outros conforme a disponibilidade e
- o desenvolvimento de novos sistemas de modelagem e simulações para a Educação Ambiental formal.

A metodologia de pesquisa basicamente tem sido qualitativa, com o trabalho de usuários utilizando o microcomputador. As coletas de dados têm utilizado a observação e a entrevista semi-estruturada. Os sistemas de modelagem tem sido utilizados nos modos *expressivo* e *exploratório*. No expressivo, os usuários têm a oportunidade de explicitar suas próprias idéias sobre certo fenômeno e portanto explorar seus próprios

modelos mentais. No exploratório um certo modelo é apresentado aos mesmos como uma representação do especialista, que pode ser explorada (KURTZ DOS SANTOS, 1995).

Mapeamento do Pensamento Sistêmico Interdisciplinar

Do ponto de vista de pesquisa, o sub-projeto Desenvolvimento e Uso de Ferramentas Computacionais para o Aprendizado Exploratório de Ciências tem se empenhado na tentativa de mapear o que chamamos de PENSAMENTO SISTÊMICO INTERDISCIPLINAR (KURTZ DOS SANTOS, A. C., 2000) (veja esquema na figura 1), este composto pelos raciocínios em nível de objetos, semiquantitativo e quantitativo.

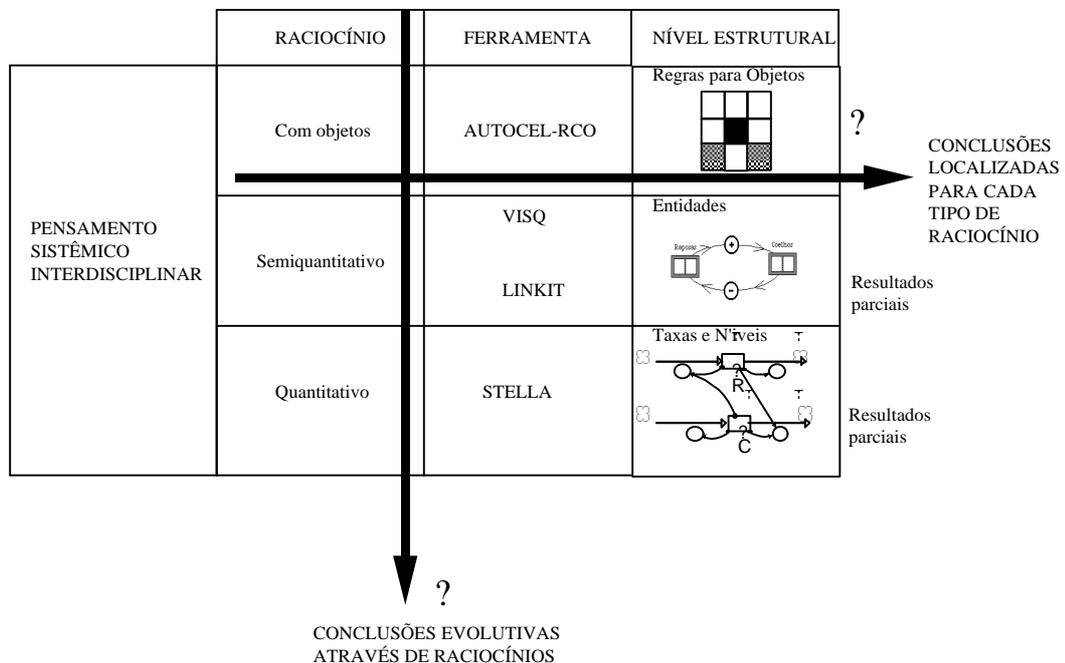


Figura 1 – Pensamento Sistêmico Interdisciplinar.

Conforme o esquema podemos dizer que obtivemos resultados parciais, como conclusões localizadas para cada tipo de raciocínio, quanto à modelagem semiquantitativa e quantitativa, necessitando dar continuidade a esse estudo e tentando obter resultados localizados para o raciocínio com objetos. O raciocínio com objetos, como sabemos, é uma característica dos estudantes mais jovens. Também estamos interessados nas conclusões evolutivas através de raciocínios com a utilização seqüencial do AUTOCEL-RCO → VISQ → STELLA.

Podemos dizer que temos tido algum sucesso com o mapeamento dentro de cada tipo de raciocínio. Conseguimos resultados parciais quanto ao raciocínio

semiquantitativo, que diz respeito ao uso de VISQ, e quantitativo, que diz respeito ao uso de STELLA. Para contemplar o raciocínio em nível de objetos incluímos como meta adicional do projeto o desenvolvimento do AUTOCEL-RCO. Há também uma preocupação do projeto em obter conclusões evolutivas através de raciocínios. Algum trabalho tem sido feito no sentido de se obter informação sobre a evolução

OBJETOS → SEMIQUANTITATIVO → QUANTITATIVO.

Nesse sentido tem sido realizada uma pesquisa onde se considera a utilização de VISQ como condição de uso de STELLA. Isto é, partimos do raciocínio com ÍDONES (associação de uma idéia com um ícone) (HODGSON, A.M., 1994) e/ou diagramas causais com lápis e papel, para o semiquantitativo com VISQ e daí para o quantitativo com STELLA (KURTZ DOS SANTOS, A. C., SAMPAIO, F. F. & FERRACIOLI, L., 2000).

O Autômato Celular AUTCEL-RCO

O AUTCEL-RCO (Autômato Celular para o Raciocínio com Objetos) (ARAUJO, I. S., 2000) é um sistema de modelagem projetado para que estudantes do ensino fundamental possam criar seus próprios mundos. Existem vários programas que facilitam a modelagem de sistemas, mas normalmente são destinados a alunos mais velhos, pois envolvem idéias difíceis como a especificação matemática do relacionamento entre variáveis. Para alunos mais jovens normalmente a modelagem se resume à simples simulação de um modelo já construído, no qual as regras estão escondidas e não podem ser mudadas pelos usuários. O AUTCEL-RCO pretende preencher este espaço utilizando modelos em que as regras são simples o suficiente para serem entendidas por alunos mais jovens, mas poderosas o suficiente para usos mais avançados.

Normalmente as crianças mais jovens pensam sobre o mundo em termos de objetos e o que eles fazem e não em termos de variáveis. Essencialmente, o conceito do AUTCEL-RCO é que :

- um modelo consiste de um número de *objetos* que interagem
- o comportamento dos objetos é definido pelas suas *regras*.

Por exemplo, pode ser feito um modelo mostrando o comportamento de uma população de raposas interagindo com uma população de coelhos. Uma regra poderia ser que, se uma raposa estiver perto de um coelho ela o come. Outra regra poderia

definir as condições necessárias para o nascimento de um coelho ou uma raposa. Quando o modelo está sendo executado o aluno pode assistir esses nascimentos, e as interações que porventura ocorrem devido a suas regras. Tais comportamentos podem ser usados para introduzir idéias como taxa de crescimento e equilíbrio.

Existem essencialmente três níveis em que o AUTCEL-RCO pode ser usado:

- 1) **Criação de modelos com regras já definidas:** O aluno nesta etapa deve ser capaz de detectar padrões e relacionamentos e como as regras que governam o modelo trabalham.
- 2) **Modificar o comportamento dos objetos pela mudança de suas regras:** O aluno deve ser capaz de explorar padrões e relacionamentos, e também formar e testar hipóteses simples.
- 3) **Criação de novos objetos e definição de um novo conjunto de regras:** Ser capaz de utilizar o software para representar uma situação ou processo, escolhendo as variáveis pertinentes ao modelo e determinando o conjunto de regras mais apropriado que demonstre os relacionamentos que ocorrem entre elas.

Conforme a figura 1 vemos que não obtivemos ainda conclusões localizadas para a utilização do Autômato, pois o estudo com o raciocínio em nível de objetos está recém começando. Embora já possuímos uma versão utilizável do AUTOCEL-RCO estamos desenvolvendo um help em HTML e em breve disponibilizaremos uma versão construída com o C++ Builder. Ao mesmo tempo daremos início ao desenvolvimento de materiais instrucionais específicos para o ensino fundamental.

O ambiente de modelagem semiquantitativa VISQ

Inicialmente faremos uma breve descrição do ambiente de modelagem VISQ (KURTZ DOS SANTOS et al., 1997) que foi desenvolvido em cT (SHERWOOD, B. A. & SHERWOOD, J. N., 1989) e pode ser utilizado em computadores compatíveis IBM-486 e 'Macintosh Quadra 605'. VISQ – Variáveis que Interagem de Modo Semiquantitativo - utiliza a matemática das redes neurais para animar diagramas causais na tela do computador. VISQ fornece uma interpretação sistemática a qualquer

diagrama causal, permitindo a criação de modelos semiquantitativos sem levar em consideração o conteúdo, tanto nas ciências naturais como humanas.

A fundamentação das redes neurais do VISQ trabalha considerando que cada par

$X \rightarrow +Y$ (X afeta positivamente Y , veja a Figura 02) representa que o estado semiquantitativo, ou nível vertical de X , causa uma mudança no nível vertical de Y . Quer dizer, X é a taxa de variação temporal de Y .

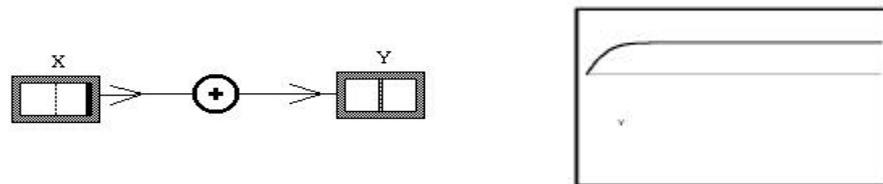


Figura 02 – Par X afeta positivamente Y em VISQ com a correspondente saída gráfica de Y versus tempo. Note que Y aumenta mas acaba amortecendo. A linha horizontal corresponde ao nível normal (igual a zero) e coincide com o eixo dos tempos.

Resumidamente um par positivo como o apresentado na Figura 02 seria descrito por uma equação semelhante a

$$\frac{dY}{dt} = k * (1 - Y^2) * X - (p * Y)$$

onde k e p são constantes, limitando os níveis das variáveis envolvidas a uma variação entre -1 e 1 . Veja que o nível de Y acabará amortecendo com o passar do tempo. Assim, as redes ou diagramas causais, sempre evoluirão para um estado estacionário - de equilíbrio. Uma pessoa analisando um diagrama causal feito com lápis e papel poderá prever diversos comportamentos dinâmicos como possibilidades viáveis de solução. Em VISQ um diagrama causal terá uma interpretação única.

Evidentemente, um modelo em VISQ poderá conter muitas caixas representando variáveis com elos negativos e positivos entre elas. A matemática fica escondida do usuário.

As Funções de VISQ

A janela principal do ambiente de modelagem VISQ apresenta uma barra de ferramentas que mostra as funções básicas do programa através de ícones (figura 03).

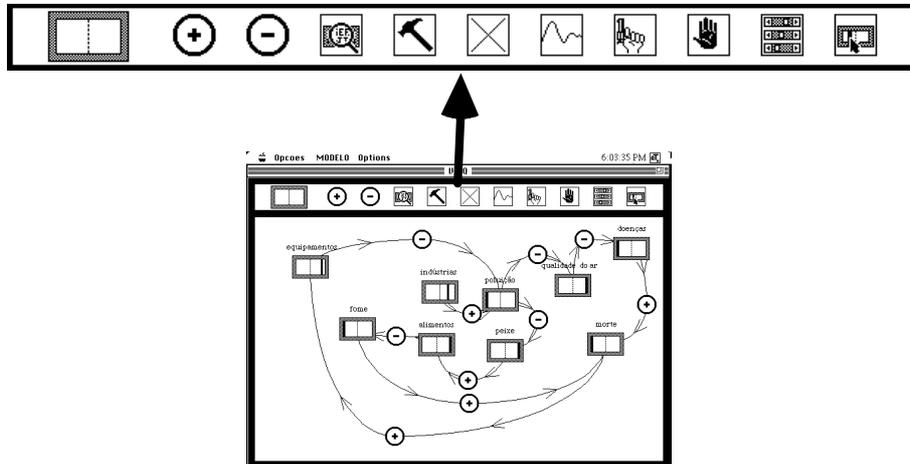


Figura 03 - Tela principal de VISQ com barras de ferramentas e um modelo representado.

Para fazer um modelo você deverá usar as ferramentas conforme é explicado a seguir:

Da esquerda para a direita, o ícone da *caixa*  representa uma variável ou uma constante. Você pode utilizar quantas caixas necessitar.

Os ícones *positivo* e *negativo*   representam os tipos de elos causais que conectam caixas. Os elos possibilitam a mudança de pesos como mostrado na tabela 01, significando que pode-se ter três diferentes níveis de positivos e negativos. Um elo poderá ser mais intenso do que o outro em um modelo.

Elos	Baixo	Médio	Alto
Positivo			
Negativo			

Tabela 01 - Pesos dos elos positivo e negativo.

O ícone da *lente*  torna possível mudar o nome de uma variável selecionada. Com este ícone você pode escrever um hipertexto, contendo informações sobre as variáveis ('hot words'), dentro de qualquer caixa.

O *martelo*  é usado quando você quer isolar uma variável para observar o que acontece com sua ausência.

O ícone *X*  tem duas funções: apagar uma caixa ou um elo e zerar os valores ('reset') do modelo.

O ícone do *gráfico*  permite a observação de gráficos da evolução temporal de qualquer variável e o diagrama de fase de uma variável contra outra. É possível obter um gráfico colorido simultâneo de até seis variáveis em um modelo.

A *pistola*  permite executar o modelo e também a janela gráfica.

A *mão*  pára o modelo e também os gráficos.

O ícone com *controles* ('sliders')  torna possível mudar a velocidade, o amortecimento, o intervalo de tempo e as escalas dos gráficos.

O ícone com uma *caixa e seta*  do 'mouse' ('pointer') fornece os valores iniciais semiquantitativos de variáveis dependentes e independentes de um modelo. Esta função pode ser exercida colocando-se o 'pointer' diretamente sobre a barra vertical das caixas e arrastando-o para a posição desejada.

Caixas e elos podem ser arrastados e rearranjados na tela, a critério do usuário, usando o 'pointer' e pressionando o botão do 'mouse'.

Estudo 1: a utilização de VISQ para a construção de um instrumento de elicitação do conhecimento de alunos do Ensino Fundamental

ALMEIDA, M. T. A. & KURTZ DOS SANTOS, A. C. (2000a e 2000b) apresentam uma utilização inovadora do programa VISQ. As questões de pesquisa propostas no estudo foram as seguintes:

- 1) Podemos utilizar VISQ para elicitar a representação de um especialista ?
- 2) A partir de um modelo desenvolvido por um especialista, podemos utilizar VISQ como uma ferramenta de construção de um instrumento fidedigno para elicitação de conhecimento sobre aspectos ambientais de alunos do ensino fundamental ?
- 3) Tendo como base o instrumento desenvolvido, qual o padrão das concepções dos alunos do ensino fundamental de uma escola municipal?

- 4) Existem diferenças significativas entre as diferentes séries estudadas no que diz respeito às questões do instrumento?

Note que as questões 1 e 2 constituem-se em uma utilização inovadora de VISQ como uma ferramenta de elicitación de conhecimento do especialista. Diz respeito ao trabalho do especialista, individual, através da articulação de seus modelos mentais construídos a partir de sua instrução acadêmica e prática. Já as questões 3 e 4 dizem respeito ao perfil das concepções elicitadas por um questionário fidedigno. Como questionários fidedignos são capazes de detectar diferenças significativas a questão de número 4 pergunta se foram verificadas diferenças através das séries envolvidas.

Almeida desenvolveu um modelo da especialista (figura 04) para o problema da disposição do lixo no ambiente como agente de contaminação da água e a partir deste construiu um questionário que foi aplicado a alunos de sextas, sétima e oitava séries do ensino fundamental de uma escola de Rio Grande, RS.

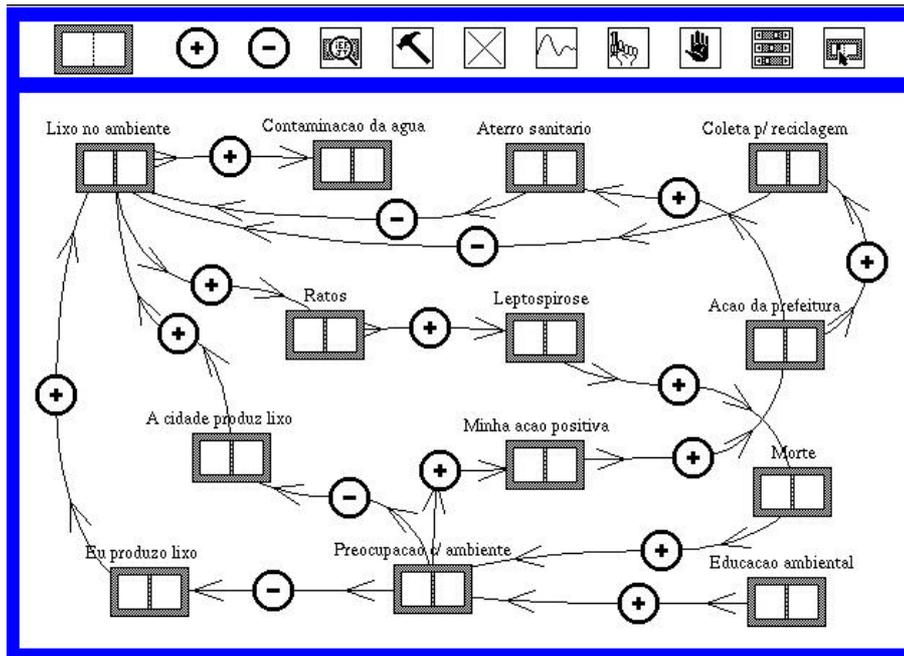


Figura 04 - Modelo ações e alternativas para a resolução do problema da disposição do lixo no ambiente como agente de contaminação da água.

Como podemos observar o Modelo, da figura 04, expressa uma situação complexa da realidade sócio ambiental do local em estudo, em relação à contaminação da água pelo lixo no ambiente ao redor da escola e, apresenta também, ações e alternativas possíveis de soluções para o problema apresentado. O Modelo está constituído de 13 entidades e é composto por correntes de pares de causa e efeito tais como: Lixo no ambiente afeta positivamente Ratos que levam à Leptospirose, que leva à Morte, e elos de retroalimentação tais como: A cidade produz lixo, Lixo no ambiente que leva à Ratos e à Leptospirose que leva à Morte e a uma maior preocupação com o ambiente, levando a uma diminuição do lixo da cidade.

Para a construção deste modelo Almeida escolheu:

- entidades que representam a realidade do ambiente em que se localiza a escola quanto à disposição do lixo, como: lixo no ambiente, ratos, leptospirose, eu produzo lixo, a cidade produz lixo, assim como efeitos e conseqüências sócio ambientais decorrentes deste procedimento tais como: morte e contaminação da água;
- entidades que representam o contexto educacional extra curricular referentes a temas e ações que foram desenvolvidas na escola através de programas de Educação Ambiental realizados pelo Museu Oceanográfico Prof. Eliézer de Carvalho Rios da Fundação

Universidade Federal do Rio Grande, e pelo Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental (NEMA) como: coleta para reciclagem e educação ambiental e - entidades que representam ações e alternativas de solução para o problema levantado como: minha ação positiva, ação da prefeitura, aterro sanitário e preocupação ambiental.

O instrumento apresentou fidedignidade aceitável. A aplicação do instrumento desenvolvido a partir do modelo em VISQ foi realizada em três turmas de sexta série (totalizando 64 alunos), uma turma de sétima série (com 40 alunos) e uma de oitava série (com 18 alunos). O número total de alunos envolvidos na pesquisa foi de 122, sendo 67 do sexo feminino e 55 do masculino.

A grande maioria dos alunos encontrava-se na faixa dos 13 aos 15 anos, havendo apenas 4 alunos com idade igual ou superior a 17 anos. Quarenta e seis alunos, pertencentes às 6^a e 7^a séries, encontravam-se na faixa dos 11 aos 13 anos de idade. Nesta pesquisa não apresentamos hipóteses associadas à efeitos de gênero e idade, embora tenhamos procurado por diferenças significativas entre as turmas.

De modo resumido, com base nos resultados do instrumento, podemos dizer que os alunos envolvidos nesta pesquisa mostraram desconhecimento do local onde se situa a sua escola. Dizem, na grande maioria, que exercem ações positivas para conservar o ambiente saudável. Reconhecem que quanto mais lixo no ambiente mais ratos aparecem e mais doenças com conseqüências de mortes podem ocorrer. Reconhecem a leptospirose como uma doença que ocorre com o aumento de ratos no ambiente. Não reconhecem seu papel como agente de produção de lixo, mas identificam que a cidade produz lixo. Atribuem à prefeitura a responsabilidade da coleta e destino do lixo da cidade. Desconhecem o que é aterro sanitário, têm dúvidas se devem pressionar o prefeito para que ações da prefeitura sejam realizadas no sentido de diminuir o lixo no ambiente. Identificam a relação que existe entre a contaminação da água e o lixo existente no ambiente.

Os alunos das turmas de sétima e oitava séries reconhecem significativamente mais do que os alunos das turmas de sextas séries que alguns constituintes do lixo são recicláveis, ao mesmo tempo em que possuem maior conhecimento de que o lixo pode representar uma alternativa de emprego e que a reciclagem diminui o lixo no ambiente. Esta diferença encontrada entre as turmas de sextas séries e as turmas de sétima e oitava séries sobre a reciclagem de lixo pode ser explicada pelas atividades extra

curriculares que são desenvolvidas na escola, e através de ações informais de Educação Ambiental.

Concluindo, os alunos das séries estudadas possuem um bom conhecimento sobre o problema do lixo no ambiente de sua escola e mostraram-se dispostos a modificar esta realidade. No entanto possuem dificuldade em pensar sobre o seu papel como agente de introdução de lixo no ambiente através da sua produção individual de resíduos. Maiores detalhes sobre este estudo poderão ser obtidos em ALMEDA, M. T. & KURTZ DOS SANTOS, A. C. (2000a e 2000b).

Estudo 2: considerações sobre a contribuição da modelagem semiquantitativa para a Educação Ambiental

RUSSO, D. H. S. & KURTZ DOS SANTOS (2000) e RUSSO, D. H. S. (2000) coloca que a contribuição do VISQ nas atividades de modelagem semiquantitativa para Educação Ambiental está vinculada à possibilidade de auxiliar os alunos a compreenderem que os problemas ambientais interligam-se uns aos outros e que estão relacionados a muitos fatores políticos, sociais e econômicos, através da modelagem de problemas sócio-ambientais com sua causalidade sistêmica.

O trabalho com a questão ambiental utilizando a ferramenta VISQ procurou desenvolver o processo educativo, contemplando tanto o conhecimento científico quanto os aspectos subjetivos da vida, que incluem as representações sociais, assim como o imaginário acerca da natureza e da relação do ser humano com ela. Isso significa trabalhar com o entorno sócio-ambiental. Nessa concepção, a Educação Ambiental é algo oposto à simples transmissão de conhecimentos científicos.

Com base no presente estudo podemos afirmar que a modelagem semiquantitativa para a Educação Ambiental, através da ferramenta VISQ como um ambiente de ensino - aprendizagem, se potencializa através:

- da indispensável função do professor como responsável pelos processos que desencadeia para promover a construção do conhecimento.
- das interações aluno↔aluno, aluno↔modelo e aluno↔professor, em que colocam os alunos em interação social e cognitiva.
- De novas formas de pensar e aprender, na medida em que possibilita pensar sobre o pensar (metacognição), desenvolve o

pensamento sistêmico ao considerar a multiplicidade de causas no problema socio-ambiental a ser modelado e privilegia a problematização, a busca de soluções, postura crítica, a atividade reflexiva e o enriquecimento dos conhecimentos cotidianos dos alunos.

Caracterizado dessa forma, consideramos o VISQ como um recurso tecnológico para a Educação Ambiental no ensino formal, na medida que sua utilização:

- não mascare um ensino tecnicista em que a questão ambiental é tratada sob os enfoques estritamente técnicos e naturais;
- não se limite ao manejo adequado do programa com apenas conteúdos informativos mas com maior ênfase nos aspectos éticos e políticos da questão ambiental;
- possibilite a integração dos conhecimentos para a formação de uma visão crítica da realidade contribuindo para a formação de cidadãos conscientes e aptos a decidir e atuar na realidade socio-ambiental de modo comprometido com uma melhor qualidade de vida

Pelas considerações feitas, o programa VISQ pode ser considerado, ao nosso ver, como uma ferramenta para as situações de aprendizagem por possibilitar novas formas de interação com os conteúdos escolares como por exemplo: aprender por meio de simulações de ambientes, da interpretação de gráficos simultâneos, da verificação rápida do efeito produzido pelas operações realizadas, da reflexão do comportamento dinâmico das interações estabelecidas, o que seria talvez impossível com lápis e papel.

Verificamos que esta situação didática desenvolvida na pesquisa foi percebida pelos alunos como estimulante e desafiadora considerando a auto determinação dos mesmos na construção e exploração dos seus modelos em VISQ.

Sugere-se que na utilização da ferramenta VISQ no ensino, o professor procure selecionar problemas que correspondam a situações significativas para os alunos, permitindo a sistematização de conhecimentos compatíveis ao nível de desenvolvimento intelectual dos mesmos.

Recomenda-se a análise dos temas transversais propostos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais e da possibilidade de desenvolver um trabalho interdisciplinar na escola com a ferramenta VISQ, selecionando conteúdos que contribuam para efetivação da Educação Ambiental.

Finalizando, este trabalho não apresenta “receitas” prontas ou verdades absolutas como forma de modelo, mas idéias para serem refletidas e re-elaboradas, já que a Educação Ambiental é um campo de conhecimento em construção e que se desenvolve na prática cotidiana dos que realizam o processo educativo. Pretende-se, portanto, clarear e dar os primeiros passos do início dessa importante caminhada.

Conclusão

O presente artigo apresentou as idéias associadas ao desenvolvimento do Autômato Celular AUTOCEL-RCO, uma fundamentação teórica sobre o mapeamento do que chamamos de pensamento sistêmico interdisciplinar, o programa VISQ e dois estudos: um sobre a utilização de VISQ para a elicitación da representação do especialista com vistas a construção e aplicação de um instrumento a alunos de uma escola de ensino fundamental localizada em uma área contaminada de Rio Grande, e outro sobre resultados da utilização de VISQ por alunos de Ciências do ensino fundamental, trabalhando em pares, com o auxílio do computador. Os resultados evidenciam que VISQ constitui-se em uma ferramenta com potencial de uso para a Educação Ambiental, podendo inclusive auxiliar o especialista a explicitar seu modelo mental sobre determinado tópico. A utilização com estudantes do ensino fundamental mostrou que a modelagem semiquantitativa se potencializa através da indispensável função do professor para promover a construção do conhecimento, da interação social e cognitiva do aluno com seu colega e com o professor, e de novas formas de pensar e aprender.

Bibliografia

- ALMEIDA, M. T. A. & KURTZ DOS SANTOS, A. C.. Um Estudo sobre os Problemas Ambientais de Rio Grande, tendo como base a modelagem com alunos de 1º. grau Em Arion de Castro Kurtz dos Santos (Editor) *Anais do III Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem*, Mestrado em Educação Ambiental Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, p. 93-98, 2000a.
- ALMEIDA, M. T. A. & KURTZ DOS SANTOS, A. C. Resultados parciais de um estudo com alunos do ensino fundamental de Rio Grande, sobre problemas ambientais, tendo como base a modelagem semiquantitativa. In: III SEMINÁRIO PESQUISA EM EDUCAÇÃO REGIÃO SUL, 2000, Porto Alegre. III Seminário Pesquisa em Educação Região Sul. Fórum Sul de Coordenadores de Pós-Graduação - ANPED, 2000. p.01-14, 2000b.
- ARAUJO, I. S. (2000) AUTOCEL-RCO – Uma alternativa para o raciocínio com objetos Em Arion de Castro Kurtz dos Santos (Editor) *Anais do III Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem*, Mestrado em Educação Ambiental Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, p. 27-35.
- FORRESTER, J. W. *Principles of Systems*. Portland, Oregon: Productivity Press., 1990.
- HODGSON, A.M. Hexagons for Systems Thinking. In MORECROFT J. D. W. & STERMAN, J. D. (eds) *Modeling for Learning Organizations*, Productivity Press, Portland, Oregon, 1994.
- KURTZ DOS SANTOS, A. C. *Computational Modelling in Science Education: A Study of Students' Ability to Manage some Different Approaches to Modelling*. London: Unpublished PhD Thesis - Institute of Education University of London, 1992.
- KURTZ DOS SANTOS, A. C. *Introdução à Modelagem Computacional na Educação*. Editora da FURG, Rio Grande, 1995.
- KURTZ DOS SANTOS, A. C., M. R. Thielo, M. R. & A. A. Kleer, A. A. Students modelling environmental issues. *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 13, Nº 1, March, 1997.
- KURTZ DOS SANTOS, A. C. O Pensamento Sistêmico Interdisciplinar e a modelagem computacional Em Arion de Castro Kurtz dos Santos (Editor) *Anais do III Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem*, Mestrado em Educação Ambiental Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, p.01-14, 2000.

- KURTZ DOS SANTOS, A. C., SAMPAIO, F. F. & FERRACIOLI, L. Um Experimento de Modelagem Dinâmica Semiquantitativa com a Utilização da Técnica dos Hexágonos. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 07, p. 21-35, 2000.
- MANDINACH, E. B. & CLINE, H. F. *Classroom Dynamics - Implementing a Technology-Based Learning Environment*. Lawrence. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum Associates Publishers, 1994.
- RICHMOND, B. et. al. *An Academic User's Guide to STELLA*. High Performance System, Inc. Lyme, 1987.
- ROBERTS, N. et al. *Introduction to Computer Simulation - a System Dynamics Modelling Approach*. New York: Addison Wesley, 1983.
- RUSSO, D. H. S. & KURTZ DOS SANTOS, A. C. A modelagem semiquantitativa para a Educação Ambiental: alguns resultados de um estudo com alunos do ensino fundamental. In: III SEMINÁRIO PESQUISA EM EDUCAÇÃO REGIÃO SUL, 2000, Porto Alegre. III Seminário Pesquisa em Educação Região Sul. Fórum Sul de Coordenadores de Pós-Graduação - ANPED. p.01-21, 2000.
- RUSSO, D. H. S. A Modelagem Semiquantitativa na Educação Ambiental: Um Estudo com Alunos do 1º. Grau de Rio Grande/RS Em Arion de Castro Kurtz dos Santos (Editor) *Anais do III Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem*, Mestrado em Educação Ambiental Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, p. 90-92, 2000.
- SHERWOOD, B. A. & SHERWOOD, J. N. *cT Version 2. 0*. Wentworth, N. H.: Falcon Software Inc., 1989.