
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE

Revista
Didática Sistemática

SEMESTRAL

ISSN: 1809-3108

Volume 7, janeiro a junho de 2008

A APLICAÇÃO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL NA IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS

Ivonne A. Rodríguez V.¹

RESUMO

O artigo, exposto à continuação, apresenta uma proposta para a utilização da modelagem computacional na formulação de projetos ambientais em escolas, especialmente, na identificação de problemas ambientais. Apresenta uma breve resenha de uma metodologia, que foi publicada na Colômbia, para formular projetos ambientais, fazendo ênfases na descrição da Matriz de Vester, a qual foi proposta como uma ferramenta, para estabelecer os graus de causalidade entre os problemas ambientais. No entanto, a utilização da Matriz de Vester apresenta algumas dificuldades já que, às vezes, não permite ter uma visão holística das relações e interações que têm os problemas entre si. Esta se converte na razão fundamental, para introduzir a modelagem computacional, através da utilização do programa VISQ como complemento da matriz, já que este permite desenvolver nos usuários um pensamento sistêmico.

Palavras-chave: Matriz de Vester, VISQ, Modelagem Computacional, problemas ambientais.

ABSTRACT

The article, exposed as a continuation, presents a proposal for the use of the computational modeling in the formulation of environmental projects in schools, especially in the identification of environmental problems. It presents an abbreviation of a methodology that was published in Colombia to formulate environmental projects, making emphases in the description of *Matrix of Vester*, which was proposed as a tool to establish degrees of causality among the environmental problems. However the use of the Matrix of Vester presents some difficulties since, it doesn't sometimes allow having a holistic view of the relationships and interactions that have the problems amongst themselves. This is the fundamental reason to introduce the computational modeling through the use of the VISQ program as a complement of the matrix, since this allows developing in the users a systemic thought.

¹ Licenciada em Biologia, Aluna do curso de pós-graduação em Educação Ambiental da Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG. ivorodriguezv@gmail.com

Keywords: Matrix of Vester, VISQ, Computational Modeling, environmental problems, Environmental Education.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Através do trabalho desenvolvido no projeto “Aula Cátedra Ambiental”, coordenado pela Subdireção Educativa e Cultural do Jardim Botânico de Bogotá, José Celestino Mutis, tive a possibilidade de desenvolver, junto a uma colega da Universidad Libre, na cidade de Bogotá, um livro titulado “Guia Metodológica para la formulación de proyectos ambientales escolares: un reto más allá de la escuela” (RODRIGUEZ, I; HOLGUIN, M, 2006). Este livro descreve uma metodologia que permite formular tanto com professores quanto com estudantes, o projeto ambiental que, por lei², deve desenvolver as escolas na Colômbia.

Essa é uma metodologia de formulação participativa para docentes, estudantes e comunidade educativa em geral, interessados na construção e posterior implementação do seu projeto ambiental. São disponibilizados os pressupostos teóricos necessários, bem como a orientação para as práticas e reflexões fundamentais, no sentido de que a comunidade educativa se torne, além da função de ator principal, promotora da comunidade em geral, na formulação, execução e avaliação do seu projeto ambiental. Dessa forma, a própria sociedade poderá detectar os problemas ambientais que vivencia, cotidianamente, determinando as causas desses, sendo-lhe permitido pensar nas possíveis soluções e executar as ações pertinentes, para a implementação e melhoria delas.

Os projetos ambientais nas escolas constituem um modelo pedagógico particular, que possibilita formar nas crianças e nos jovens uma cultura de proteção e conservação do entorno em que estão inseridos. Mesmo assim, a análise dos problemas ambientais na escola permite integrar, de uma maneira ativa e criadora, as diferentes áreas de ensino, convertendo à biologia, física, química, história, geografia, entre outras, em um saber prático que contribui à formação de uma cultura ambiental.

A experiência das duas instituições nos levou a concluir que a comunidade educativa apresenta muitas debilidades na formulação e estruturação dos seus projetos ambientais, na maioria dos casos, devido ao fato de que estes tenham sido desenvolvidos, unicamente, pelos professores da área de ciências naturais e como projeto da aula, mas não como projeto transversal, o que impossibilita ter uma visão holística do ambiente e desconhece o impacto da educação ambiental, através dos projetos ambientais na comunidade.

² Decreto 1743 de 3 de Agosto de 1994. Ministério de Educação. Colômbia

Nesse sentido, a débil capacitação, seja pedagógica ou técnica acerca dos temas ambientais faz com que as escolas desenvolvam projetos isolados e descontextualizados, impossibilitando resultados de impacto ante um processo que implica gestão e convênios com outras instituições, comunidades, escolas, e ONGs, entre outros, para seu desenvolvimento.

DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia foi publicada em 2006 e está conformada por três capítulos.

O *primeiro capítulo* apresenta uma pequena síntese do marco normativo, institucional e conceitual, nos quais se fundamentam os Projetos Ambientais Escolares (PRAE). Por outro lado, apresenta alguns conceitos básicos, objetivos, critérios e princípios para abordar a Educação Ambiental, baseados na Política Nacional de Educação Ambiental da Colômbia.

O *segundo capítulo* é, quem sabe, o mais relevante, já que apresenta as diretrizes básicas, para a construção de um projeto ambiental com e para a comunidade. A metodologia está conformada por uma série de estratégias que ajudam a construir o projeto, levando em conta ferramentas de pesquisa e a participação de toda a comunidade educativa como componente fundamental.

Como foi dito anteriormente, os projetos ambientais vinculam-se à solução dos problemas ambientais particulares de uma localidade ou região, por isso, uma das diretrizes que toma mais relevância, no momento de formular o projeto, é a identificação desses problemas. Na metodologia, esboçam-se algumas estratégias para que os problemas sejam identificados, partindo do reconhecimento e da descrição do entorno, para chegar à interpretação, categorização e hierarquização dos problemas identificados.

Sob as políticas de Educação Ambiental, é claramente estabelecido que esta não possa ser trabalhada como uma disciplina, já que deve estar presente no currículo da escola, e ser trabalhada em todas as áreas, de maneira transversal e interdisciplinar. A meu ver, esse é um dos maiores desafios da Educação Ambiental na escola. Por isso, a metodologia esboça algumas estratégias para que o projeto seja trabalhado, transversalmente, envolvendo todas as disciplinas, e os Parâmetros Curriculares.

Por outro lado, levando em consideração a experiência em formulação de projetos ambientais, considero que uma das debilidades que apresentam as escolas, nos seus projetos, é a avaliação ou os seguimentos dos objetivos propostos. O PRAE deve ser formulado como um projeto de pesquisa qualitativa e quantitativa, por isso sua avaliação vai além da sistematização de dados, deve considerar, como mínimo, o impacto do projeto na escola, o

pertencimento do mesmo, a transformação de atitudes ou os conceitos que gerou nos envolvidos e o aporte das atividades desenvolvidas, para a solução ou diminuição dos problemas ambientais identificados.

Além do descrito anteriormente, a metodologia apresenta uma série de sugestões e estratégias, para que a comunidade educativa construa cada um dos requisitos próprios de um projeto, como são: o título, a introdução, os antecedentes, os objetivos, a justificativa, o marco teórico, o marco metodológico, os recursos, o pressuposto, as limitações, o cronograma, os resultados, a avaliação, a bibliografia e os anexos.

O *terceiro capítulo* apresenta a experiência do Jardim Botánico José Celestino Mutis e da Universidad Libre, na formulação de projetos ambientais em escolas, através do desenvolvimento de projetos de pesquisa.

A MODELAGEM COMPUTACIONAL APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS

Segundo Brito (2003, p. 22),

[...] A questão da modelagem no ensino pode ser abordada a partir de pelo menos 3 perspectivas: construção do conhecimento em ciências; explicitação e refinamento das representações mentais sobre um conhecimento; e percepção do mundo a partir de uma visão de dinâmica de sistemas.

Neste projeto, a questão da modelagem será trabalhada, basicamente, sob esta última perspectiva.

Para a identificação dos problemas ambientais do entorno, na metodologia, propõem-se uma série de estratégias que a comunidade educativa deverá desenvolver, nas quais a observação é fundamental. Mesmo assim, a revisão bibliográfica dos diagnósticos ambientais feitos por diferentes instituições, as entrevistas à comunidade, as saídas de campo, a cartografia social, etc., ajudarão a fazer um reconhecimento e uma descrição do entorno, para chegar à interpretação, categorização e hierarquização das situações problema identificadas. Para essa hierarquização, a metodologia propõe desenvolver a Matriz de Vester, a qual se descreve a continuação.

Matriz de Vester

A Matriz de Vester foi desenvolvida pelo alemão Frederic Vester (1983) como uma técnica que facilita a identificação e determinação das causas e conseqüências de uma situação problema.

Uma boa identificação de problemas garante a formulação de objetivos, de forma clara e precisa, e por sua vez, facilita o planejamento de alternativas para atingi-los. A vantagem da Matriz de Vester, para identificar os problemas ambientais, está no fato de aportar os elementos suficientes para estabelecer relações de causa – efeito entre os problemas analisados. Isso permite chegar à determinação dos problemas críticos e ativos, os quais requerem maior atenção e uma rápida formulação de alternativas de correção, prevenção e controle.

A identificação dos problemas tem dois elementos:

1. Identificar e analisar os aspectos envolvidos.
2. Estudar as inter-relações existentes entre eles, para ajudar na determinação das relações de causalidade que permitam explicar, em essência, o problema.

Em termos gerais, uma matriz é uma série de linhas e colunas, sendo as primeiras horizontais e as segundas verticais. Na Matriz de Vester, colocam-se os problemas identificados nos dois sentidos e em uma mesma ordem, previamente identificada.

O processo de preenchimento da matriz é o seguinte:

1. Elabora-se uma lista com os problemas selecionados e dá-se uma identificação alfabética ou numérica sucessiva.
2. Esses problemas são escritos na primeira linha e na primeira coluna da matriz, na mesma ordem. Se for preferível, pode-se escrever somente o número ou a letra dada para cada problema.
3. Em cada célula, escreve-se uma valoração, de ordem categórica, ao grau de causalidade que merece um problema com cada um dos outros, levando em consideração os seguintes valores:
 - a. Não é causa = 0
 - b. É causa indireta = 1
 - c. É causa medianamente direta = 2

- d. É causa muito direta = 3
4. Para preencher a Matriz de Vester, deve se fazer a seguinte pergunta: que grau de causalidade tem o problema 1 sobre o problema 2?; Que grau de causalidade tem o problema 1 sobre o problema 3?; Que grau de causalidade tem o problema 1 sobre o problema n ? Esse processo de preenchimento realiza-se, horizontalmente, partindo da primeira linha, e assim sucessivamente, até preencher todas as linhas da matriz com os respectivos valores.

Na Tabela 1, apresenta-se um exemplo de preenchimento da Matriz de Vester, utilizando supostos problemas ambientais identificados.

Problemas	Problema 1. Manejo do lixo	Problema 2. Violência familiar	Problema 3. Excesso de cachorros na rua	Problema 4. Falta de pertencimento ao ambiente	Problema 5. Uso de drogas	Totais Ativos
Problema 1. Inadequado Manejo do lixo		0	3	3	1	7
Problema 2. Violência familiar	0		0	3	3	6
Problema 3. Excesso de cachorros na rua	3	0		1	0	4
Problema 4. Falta de pertencimento ao ambiente	3	2	3		1	9
Problema 5. Uso de drogas	2	3	0	3		8
Totais Passivos	8	5	6	10	5	34

Tabela 1 - Matriz de Vester.

Exemplo:

Que grau de causalidade tem o *manejo de lixo* sobre a *violência familiar*?; Não tem uma relação direta de causalidade, por isso, o valor é zero.

Que grau de causalidade tem a *violência familiar* sobre o *uso de drogas*?; A violência familiar pode ser uma causa muito direta no uso de drogas dos estudantes, (lembre-se que este pode ser um problema identificado pelos estudantes ao interior da escola), por isso o valor que se dá é três (3).

As células na diagonal estão vazias, já que não pode ser relacionada a causalidade de um problema com ele mesmo. A valoração dada, em cada célula, deve partir de uma discussão, na qual os participantes possam expor seus pontos de vista.

Da tabela anterior, obtém-se o cálculo da soma dos valores no nível de linhas, que leva ao total de ativos, e por sua vez, correspondem à apreciação das causas de cada problema sobre os restantes. Mesmo assim, a soma de valores no nível de coluna leva ao total de passivos, e estes, por sua vez, correspondem às conseqüências ou ao efeito de todos os problemas sobre os restantes.

O passo a seguir é conseguir uma classificação dos problemas de acordo com as caracterizações de causa - efeito de cada um deles. Para isso, realiza-se um gráfico de coordenadas cartesianas. A escala determina-se, levando em conta o menor e o maior número obtido no nível de linhas e de colunas. O plano cartesiano divide-se em dois, tanto no eixo Y como no eixo X, tendo como resultado quatro quadrantes. No eixo horizontal, representa-se o total ativo e no eixo vertical o total passivo.

Os problemas pertencentes ao quadrante superior direito (I), denominam-se *problemas críticos*; os problemas do quadrante inferior direito (IV), denominam-se *problemas ativos*; os problemas do quadrante superior esquerdo (II), denominam-se *problemas passivos*; e os problemas do quadrante inferior esquerdo (III), denominam-se *problemas indiferentes*.

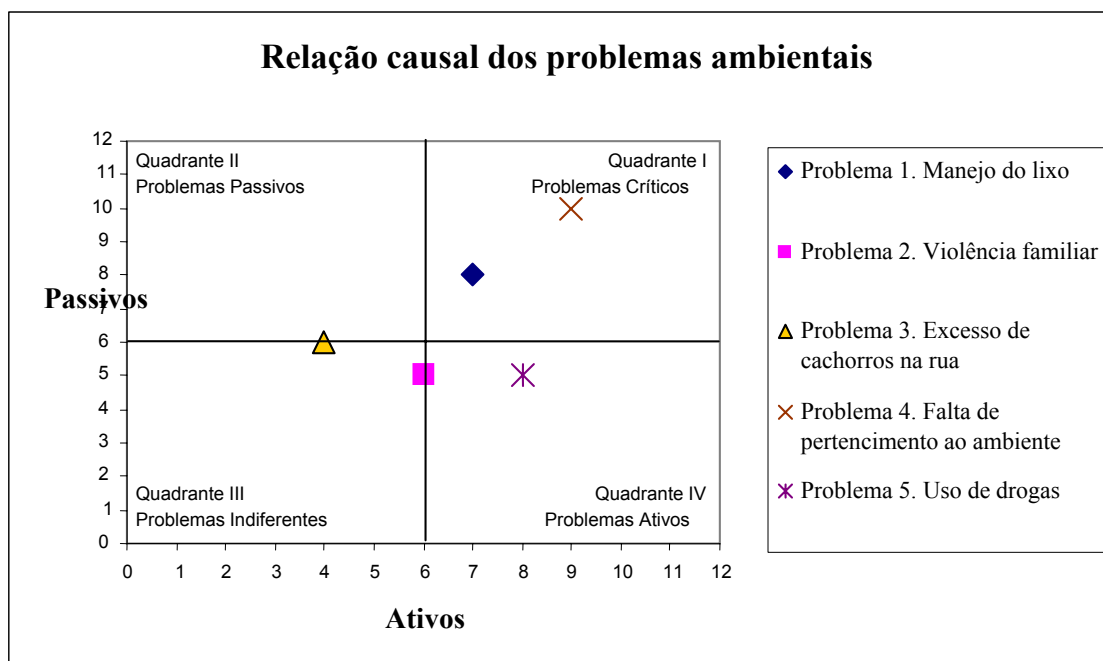


Figura 1 - Gráfico de coordenadas cartesianas com os problemas identificados.

Problemas Críticos: seu valor em total de ativos e total de passivos é alto, são problemas que apresentam muitas causas e conseqüências, de seu manejo e intervenção, dependem os resultados finais.

Problemas Passivos: são aqueles que apresentam um total passivo alto e um total ativo baixo, o que significa que têm pouca influência causal. Utilizam-se como indicadores de mudança e de eficiência da intervenção de problemas ativos.

Problemas Indiferentes: têm total de ativos e total de passivos de baixo valor, de baixa influência causal, não são originados pela maioria dos demais, são de baixa prioridade dentro do sistema analisado.

Problemas Ativos: com um valor em total ativos alto e em total passivos baixo, são de alta influência causal sobre a maioria dos restantes, mas não são causados por outros. São chaves, por serem causa primária do problema central, por isso, requerem atenção e manejo crucial.

No exemplo feito para a explicação da matriz, a *falta de pertencimento ao ambiente* e o *inadequado manejo do lixo* se constituem nos problemas de maior relevância, por ficarem no quadrante correspondente aos problemas críticos. O *uso de drogas* é considerado um problema ativo. Observe que os problemas de *excesso de cachorros na rua* e *violência familiar* não ficaram claramente localizados em um quadrante, nesse caso, é necessário chegar a um acordo com os participantes, para determinar o manejo que se terá com esses problemas.

No entanto, a Matriz de Vester nem sempre permite que a comunidade educativa, especialmente os estudantes, desenvolva uma visão clara acerca das relações de causalidade de cada um desses problemas com os outros, nem permite estabelecer, facilmente, uma visão geral das inter-relações entre os problemas.

Por outro lado, nem sempre permite desenvolver um pensamento complexo, já que, como é descrito por Morin (1990, p. 20),

[...] a complexidade é efetivamente o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem o nosso mundo fenomenal. Mas então, a complexidade apresenta-se como os traços inquietantes da confusão, do inextricável, da desordem, da ambigüidade, da incerteza.

A Matriz de Vester determina relações lineares de causa - efeito e, ao contrario do expressado por Morin (1990), não permite representar a realidade estabelecendo um tecido entre seus elementos.

Por outro lado, a Matriz de Vester, estabelece uma análise inicial da realidade, a partir da análise das suas partes. A mudança na análise dos fenômenos das partes para o todo foi se alterando ao longo da história da ciência. Segundo Capra, (1996, p. 33),

A ênfase nas partes tem sido chamada de mecanicista, reducionista ou atomística; a ênfases no todo, de holística, organísmica ou ecológica. Na ciência do século XX, a perspectiva holística tornou-se conhecida como 'sistêmica', e a maneira de pensar que ela implica passou a ser conhecida como 'pensamento sistêmico'.

Como é referenciado por Capra (1996, p. 33-45), a ênfase nas partes foi fortemente defendida nos séculos XVI e XVII com a chegada do mecanicismo cartesiano, no qual o mundo foi considerado como uma máquina. Talvez, um dos nomes mais destacados dessa época, foi o de René Descartes, quem criou o método do pensamento analítico, o qual consiste em quebrar os fenômenos complexos em pedaços, para compreender o comportamento do todo, a partir das propriedades das suas partes.

No entanto, os vitalistas, os biólogos organísmicos, os físicos quânticos, os psicólogos da Gestalt e, finalmente, os ecólogos desenvolveram diferentes teorias, enquanto análise dos fenômenos, mas todos tinham algo em comum: os fenômenos deveriam ser analisados, levando em conta seu contexto, já que estes não poderiam ser analisados, a partir das suas partes, mas sim a partir do todo. Mesmo assim, os fenômenos começaram a ser analisados no nível de redes e de interconexões entre essas redes, estabelecendo certa hierarquia, sendo esta diferente ao conceito de hierarquia humana, geralmente representada em uma pirâmide, onde existe uma base fundamental de uma série de elementos que são postos um em cima de outro, representando que um é mais importante do que o outro.

No pensamento sistêmico, essa hierarquia é melhor representada por uma rede, onde um nível não pode existir sem o nível anterior, já que esse nível exibe uma série de propriedades que são fundamentais, para que o novo nível possa existir. Dessa maneira, todos os níveis têm uma importância fundamental. O termo "propriedades emergentes" foi introduzido pelos biólogos organísmicos para as propriedades que emergem num certo nível de complexidade, mas não existem em níveis inferiores.

Na utilização da Matriz de Vester, deve-se ter um especial cuidado, para que essas relações entre os problemas sejam trabalhadas em nível de redes e não em nível de hierarquias, porém, nem sempre é possível ter essa clareza na hora de trabalhá-la. A partir do conhecimento do princípio de sistemas, no qual o pensamento sistêmico é fundamental, tenho encontrado algumas fraquezas na utilização da matriz. Por isso, para diminuir a visão linear que fica com a Matriz de Vester, proponho complementá-la, baseada nos princípios da modelagem computacional, através da utilização do programa VISQ.

Programa VISQ (Variáveis que Interagem de Modo Semiquantitativo)

O programa VISQ foi desenvolvido no Laboratório de Computação do Setor de Física da FURG, por um grupo de bolsistas sob a orientação do Prof. Arion de Castro Kurtz dos Santos, coordenador do projeto Desenvolvimento e Uso de Ferramentas Computacionais, para o Aprendizado Exploratório de Ciências PROFECOMP. (KURTZ DOS SANTOS, 1991, apud, BRITO, 2003, p. 37).

Como é descrito por Brito (2003, p. 37-38),

[...] O programa utiliza-se da matemática das redes neurais, fazendo com que neurônios e sinapses, representados por caixas e elos, respectivamente, descrevam um comportamento dinâmico. O programa anima diagrama causais que são construídos na tela do computador pelo usuário. A matemática utilizada para a interpretação dos diagramas fica escondida do usuário, que somente manipula ícones. Esse fator é determinante para que qualquer pessoa, mesmo sem experiência previa, opere o microcomputador sem problemas, já que sua utilização é intuitiva.













O programa VISQ é uma ferramenta fundamental, para trabalhar com os estudantes uma visão sistêmica do ambiente, na qual os problemas são tratados dentro de um contexto, estabelecendo as relações entre estes e representando as retroalimentações que se expõem fracamente na Matriz de Vester, de uma maneira gráfica, o que, sem dúvida, ajudará o desenvolvimento de um pensamento sistêmico nos estudantes.

Outra vantagem do programa VISQ está no fato de que pode ser facilmente trabalhado com estudantes das primeiras séries, já que, como é expresso por Kurtz dos Santos (1995, p. 117), “[...] a utilização de STELLA e outros sistemas quantitativos, em

alguns casos, poderá exigir um conhecimento matemático fora do alcance dos alunos do grau 1^o.

A utilização do VISQ, como complemento à Matriz de Vester, está basicamente na representação dos problemas ambientais identificados pelos estudantes, estabelecendo seus graus de causalidade. Lembre-se que esses graus de causalidade são representados na Matriz de Vester, a partir de uns valores expressados em números, estabelecidos previamente, os quais expressam que um problema é causado por outro com maior ou menor intensidade. No caso de VISQ, esta intensidade será trabalhada, a partir da intensidade do sinal ou do número das mesmas.

Na Tabela 2, apresentam-se as funções dos ícones e da ferramenta em geral.

Ícone	Descrição
	Este ícone permite abrir uma nova janela, para criar um modelo novo.
	Este ícone permite abrir um modelo que já foi construído. Nesse caso, o estudante deverá procurar o modelo na pasta onde ele foi salvo.
	Este ícone permite salvar um modelo feito.
	Este ícone representa uma variável ou uma constante. O estudante deverá posicionar a seta do mouse no ícone e clicar o botão uma vez. Esses irão aparecendo na tela do computador.
	Este ícone permite interligar as caixas, eles podem ser interligados positiva ou negativamente. Para ligar duas caixas, é necessário clicar na primeira caixa a ser ligada, depois clicar no ícone (+) e depois na caixa seguinte a ser ligada. Imediatamente, aparecerá a seta ligando as duas caixas com a sinal (+), ao clicar, sucessivamente, sobre a sinal aparecerá, em ordem, (++), (+++), (---), (--), (-).
	Este ícone serve para executar o modelo e a janela gráfica.
	Este ícone serve para parar o modelo que está sendo executado.
	Este ícone serve para dar uma pausa no modelo que está sendo executado. Ao clicar, novamente, sobre o ícone, o modelo seguirá executando-se.
	Este ícone serve para apagar algum elemento do modelo.
	Quando se quer isolar uma variável no modelo, para observar o que ocorre sem essa interação, seleciona-se o martelo e, depois, a caixa que se quer isolar. Ao executar o modelo, esse será representado como se esta variável não existisse, mesmo assim, para incluir novamente a variável isolada, deve-se selecionar o martelo e clicar sobre a variável que foi isolada.
	Este ícone serve para que todas as caixinhas voltem ao seu estado de equilíbrio.
	Este ícone permite selecionar as variáveis que vão ser representadas no gráfico. Isso possibilita que o usuário possa obter um gráfico uma, duas ou todas as variáveis do modelo.



	<p>Este ícone seleciona-se, para que a janela do gráfico apareça, e o modelo é executado imediatamente.</p>
<p>Coloque o nome do Item</p> 	<p>Na medida em que as caixinhas são postas na tela, com este ícone, escreve-se o nome da variável. Uma vez escrito, clica-se sobre a seta verde, para que o texto escrito fique em cima da caixa.</p>

Tabela 2. Descrição das funções básicas de VISQ

Representação por diagramas de elos causais

Na medida em que os estudantes, e a comunidade educativa em geral observam e identificam os problemas ambientais, estes estarão sendo representados por modelos mentais, já que, durante o processo de reconhecimento da realidade, e durante o desenvolvimento da Matriz de Vester, é importante pensar em termos de diagramas causais, mesmo que os estudantes ainda não conheçam o termo.

Segundo Forrester (FORRESTER, 1968, apud KURTZ DOS SANTOS, 1995, p. 47), os modelos mentais apresentam uma série de dificuldades, já que eles, a maioria das vezes, não são fáceis de comunicar, mesmo assim, o autor afirma que os modelos mentais não podem ser manipulados efetivamente, e que a tendência de analisar um todo por partes não permite ter uma visão holística dos fenômenos.

Para diminuir essas dificuldades, propõe-se a utilização de diagramas causais, já que, quando a comunidade educativa representa a realidade observada, através de elos de retroalimentação, torna-se mais fácil entender e comunicar aos outros os problemas identificados e as relações entre eles.

Outros autores reafirmam as vantagens da utilização de diagramas de elos causais, como Roberts (ROBERTS, 1986, apud KURTZ DOS SANTOS, 1995, p. 47), expressando que esses permitem que uma pessoa possa expressar, com poucas palavras, e com a ajuda de setas, a sua visão sobre os fenômenos estudados, e permite ao estudante expressar seu nível de entendimento de uma situação.

Por outro lado, Mandinach (MANDINACH, 1989, apud KURTZ DOS SANTOS, 1995, p. 47) acrescenta que,

[...] um diagrama de elos causais é realmente um modo de usar a linguagem de elos fechados para expressar um modelo mental criado a partir do chamado 'raciocínio com base numa simples lista de variáveis' (*laundry list*); o estudante apenas lista as variáveis relevantes necessárias para descrever o sistema, como um primeiro passo na construção do diagrama causal.

O programa VISQ, como complemento à matriz de vester

Uma vez trabalhados os conceitos básicos para a utilização do programa, pode-se pedir aos estudantes que representem, com o programa, os pares dos problemas na forma como trabalharam na Matriz de Vester, ou seja:

Problema 1. Inadequado Manejo do Lixo: Problema 2. Violência familiar.

Problema 1. Inadequado Manejo do Lixo: Problema 3. Excesso de Cachorros na rua.

Problema 1. Inadequado Manejo do Lixo: Problema 4. Falta de pertencimento ao ambiente.

Problema 1. Inadequado Manejo do Lixo: Problema 5. Uso de drogas.

Problema 2. Violência Familiar: Problema 3. Excesso de Cachorros na rua.

Problema 2. Violência Familiar: Problema 4. Falta de pertencimento ao ambiente.

Problema 2. Violência Familiar: Problema 5. Uso de drogas.

Problema 3. Excesso de cachorros na rua: Problema 4. Falta de pertencimento ao ambiente.

Problema 3. Excesso de cachorros na rua: Problema 5. Uso de drogas.

Problema 4. Falta de pertencimento ao ambiente: Problema 5. Uso de drogas.

Desses pares de problemas, os estudantes deverão estabelecer quais podem ser representados por diagramas de elos causais, tentando desenvolver, assim, um pensamento em nível de causalidade, isto é, que os estudantes possam determinar que uma *variável* está diretamente relacionada ou não com o comportamento da outra *variável*, levando em consideração a direção em que estão sendo analisados. (Figura 2.).

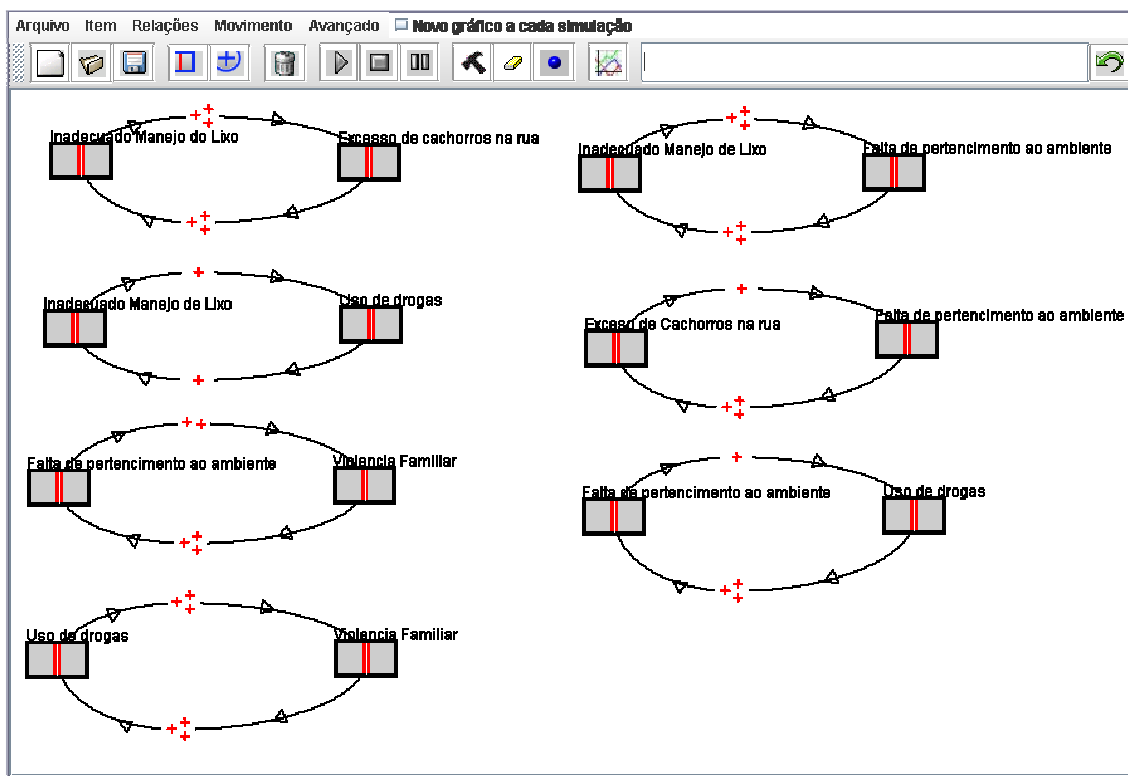


Figura 2 - Problemas representados em diagramas de elos causais.

Note que na figura anterior, às vezes, aparecem um, dois ou três sinais positivos em cada elo. Esse número de sinais representa o nível de causalidade que foi representado na Matriz de Vester por números (de 0 a 3).

O seguinte passo será que os estudantes representem, na tela do computador, todos os problemas ambientais identificados, ou aqueles que eles consideram necessários, para representar as interações entre estes. Nesse modelo, deve-se trabalhar, para que os estudantes estabeleçam um tecido de causalidades entre os diferentes problemas escolhidos, a fim de que compreendam que um problema (nesse caso variável) pode estar relacionado com mais de uma variável, demonstrando que um problema pode ter múltiplas causas, e por sua vez, múltiplas conseqüências. Espera-se que, com essa representação, os estudantes possam quebrar um pouco a visão linear de causa – efeito que fica evidenciada na Matriz de Vester. (Figura 3).

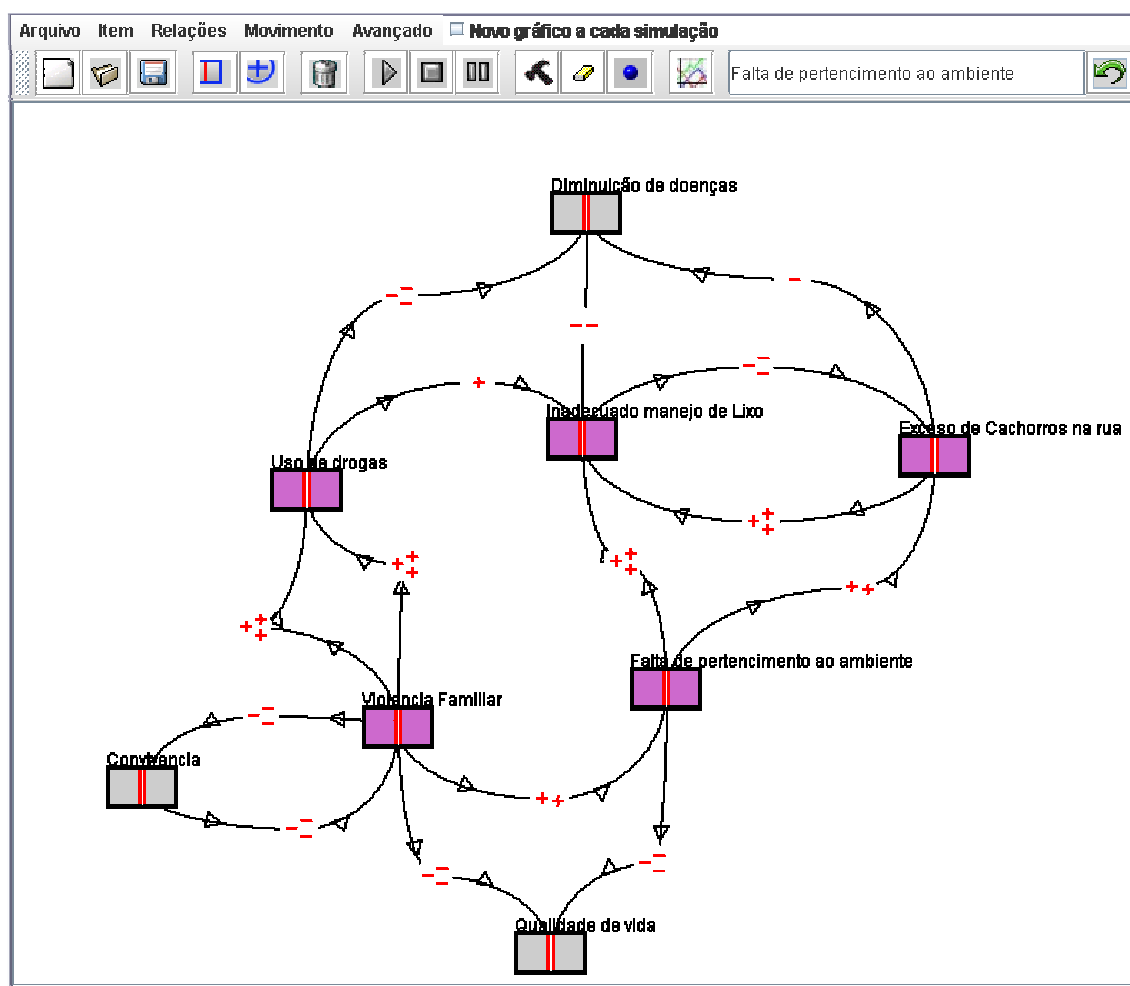


Figura 3 - Modelo representando os problemas relacionados um com os outros.

Segundo Kurtz dos Santos (1995, p. 138-139), uma das fraquezas nesse tipo de estudo, é a dificuldade dos estudantes para identificar que o modelo que estão construindo está representando uma realidade, neste caso, os problemas que eles mesmos identificaram.

Levando em consideração que, antes de começar a utilização do programa, é necessário desenvolver com os estudantes uma série de estratégias, para que eles (re)conheçam seu entorno e, por sua vez, identifiquem as situações problemas, que gostariam de melhorar, espera-se que, no momento de realizar os modelos na tela do computador, os estudantes tenham a capacidade de compreender que estes estão representando a realidade, a qual eles reconheceram. No entanto, como afirma Kurtz dos Santos (1995, p. 139) “[...] relacionar o modelo com a realidade não deveria ser considerado óbvio em nenhuma situação de ensino/aprendizagem”, será necessário enfatizar nesse ponto; na medida em que os estudantes desenvolvem os seus modelos.

O modelo da figura 3 representa, de uma maneira bem simples, os problemas interagindo uns com os outros. No entanto, nesse modelo, foram incluídas algumas possíveis conseqüências ou alguns possíveis efeitos que se esperam diminuir, ao solucionar os problemas identificados. As variáveis adicionadas são: *qualidade de vida*, *convivência*, e *diminuição de doenças*. A inclusão dessas variáveis permite, ainda mais, uma visão sistêmica da realidade que está sendo pesquisada.

No modelo, apresenta-se um elo de retroalimentação com as variáveis *inadequado manejo de Lixo*, e *excesso de cachorros na rua*, mostrando que essas duas variáveis estão, diretamente, relacionadas, ou seja, enquanto aumenta o inadequado manejo de lixo, aumentam os cachorros da rua. O mesmo ocorre com as variáveis *uso de drogas* e *violência familiar*; e com as variáveis *violência familiar* e *convivência*, com a diferença que, nesse ultimo caso, o comportamento vai em direção oposta, isto é, enquanto aumenta a violência familiar, diminui a convivência.

Redes para a análise dos modelos em VISQ

Para analisar e interpretar os modelos feitos em VISQ pelos estudantes, Kurtz dos Santos e Ogborn (1994, apud KUTZ DOS SANTOS; THIELO; KLEER, 1997) apresentam uma rede, a qual descreve aspectos dos modelos dos estudantes, em três dimensões; que são: a utilização do modelo, a natureza das entidades utilizadas e a estrutura final do modelo, conforme figura 4.

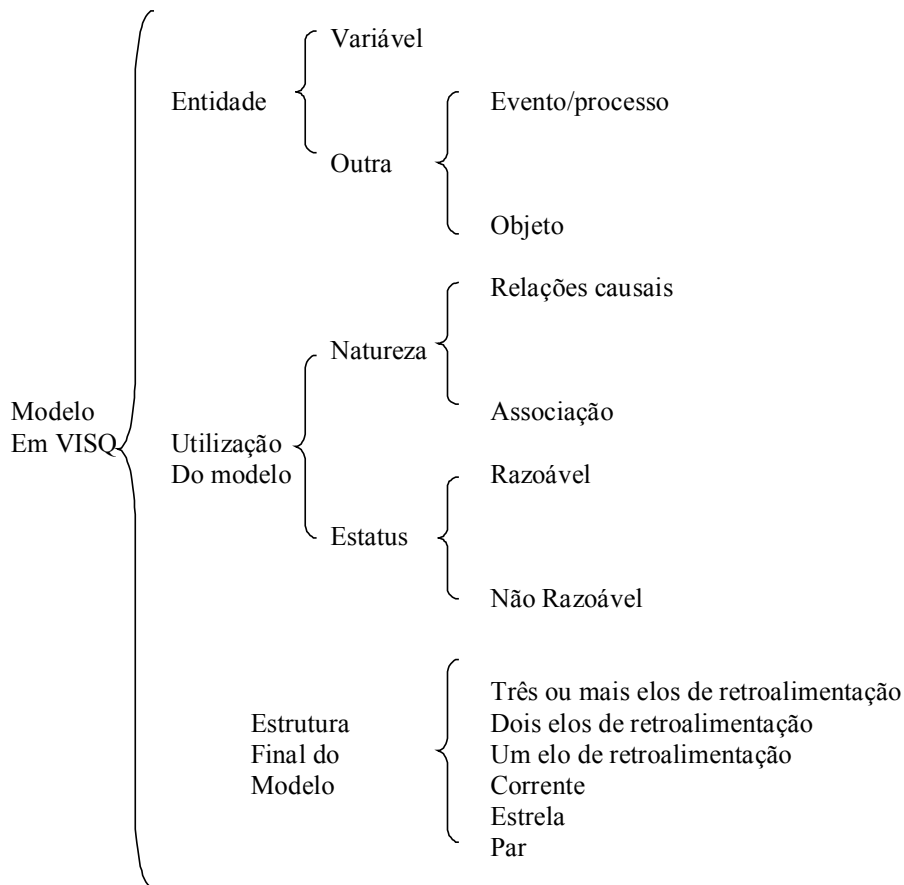


Figura 4 - Referencial para um modelo em VISQ, em termos de entidades, elos e estrutura.

Levando em consideração que, segundo Brito (2003), os estudantes que, nos seus modelos, utilizam pelo menos um elo causal razoável podem ser considerados como pensando em nível de sistema, espera-se que estes elos sejam representados nos modelos feitos pelos estudantes participantes da pesquisa. No entanto, para analisar os modelos que não tenham elos de retroalimentação, propõe-se ordená-los em estruturas como par, corrente e estrela, os quais são representados na figura 5.

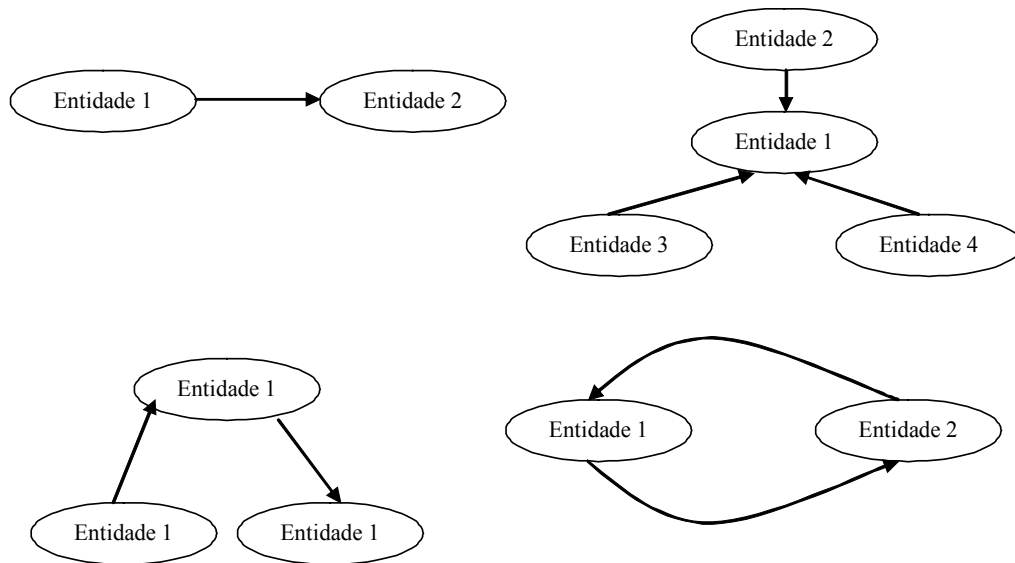


Figura 5 - Possíveis estruturas dos modelos em VISQ.

Modelo como um todo. Seguindo o descrito por Kutz dos Santos; Thielo & Kleer, (1997), os modelos podem ser analisados como um todo em termos de coerência. Esses classificam-se como totalmente coerentes ou parcialmente coerentes. Um modelo pode ser considerado completamente coerente, quando mostra corretos valores qualitativos de todas as suas variáveis, segundo o observado na realidade. Por exemplo, se o valor de *acumulação de lixo* é alto, o valor de *vetores biológicos* é alto. Por outro lado, o processo de modelagem deve ser também analisado, através da observação da interação dos estudantes com o computador, ou seja, é necessário analisar a utilização de gráficos simultâneos de entidades, o uso da saída gráfica, para melhorar a estrutura do modelo, o nível de discussão, os questionamentos alcançados pelos estudantes, os argumentos para expor o seu modelo, as opiniões expressadas verbalmente, as interações com outros colegas, ente outros. (Figura 6).

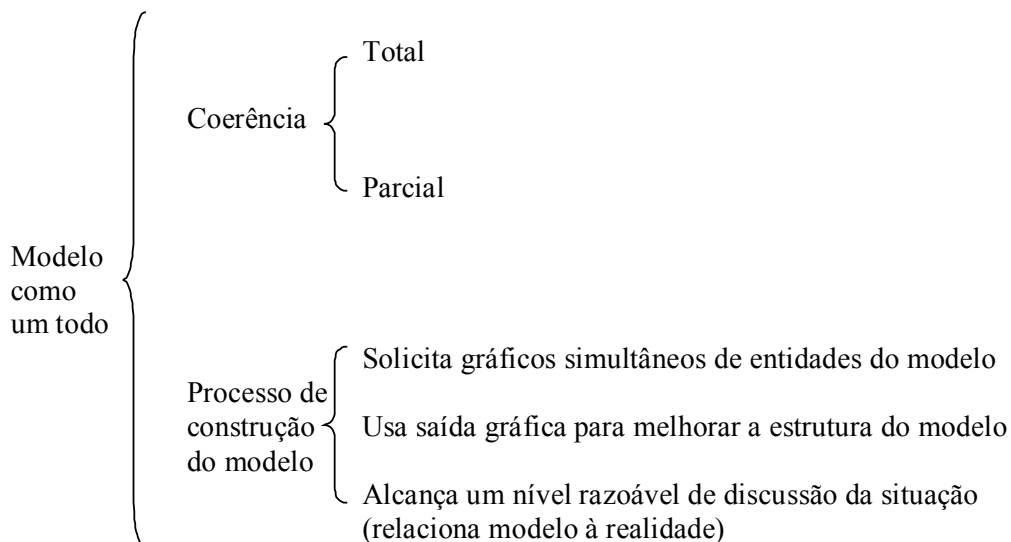


Figura 6 - Referencial para um modelo em VISQ como um todo, em termos de coerência do modelo e processo de modelagem.

Pensamento sistêmico. Segundo Kurtz dos Santos (1997), os estudantes são capazes de desenvolver o pensamento sistêmico, quando usam variáveis em elos causais razoáveis em modelos totalmente coerentes com, pelo menos, um elo de retroalimentação, e quando, durante a construção do modelo, solicitam gráficos simultâneos das variáveis, usam a saída gráfica, para aperfeiçoar a estrutura do modelo, alcançando um nível razoável de discussão, da situação estudada e relacionam o modelo à realidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Matriz de Vester permite que os estudantes e professores possam, de uma maneira quantitativa e qualitativa, hierarquizar os problemas ambientais que, anteriormente, foram identificados e descritos, através de diversas oficinas de observação, entrevistas, pesquisa bibliográfica, fotografias, etc. No entanto, essa Matriz apresenta certas dificuldades já que, às vezes, não permite ter uma visão clara das relações e interações que têm os problemas entre si. Essa converte-se na razão fundamental, para introduzir a modelagem computacional como complemento da matriz, já que esse permite desenvolver nos usuários um pensamento sistêmico.

A utilização da modelagem computacional, através do programa VISQ permite que os estudantes desenvolvam um pensamento sistêmico, ao estimular a análise e a concepção da realidade como um todo, onde todas as variáveis estão interagindo, permitindo por sua vez que o estudante possa expressar, mais claramente, seus modelos mentais, procurando argumentos e propiciando discussões da realidade observada.

O programa VISQ pode ser usado, para que os estudantes possam, de uma maneira gráfica, entender e expressar os diferentes níveis de causalidade que pode ter um problema com outro, e como esses, por sua vez, interagem entre si, gerando uma rede mais complexa, na qual uma variável depende da outra, para sua existência e transformação.

REFERÊNCIAS:

BRITO, O.R. **Um estudo com Professores da rede de ensino público, sobre a utilização da modelagem computacional semiquantitativa em tópicos do currículo escolar, para a construção de uma proposta de educação ambiental.** 2003. 250 p. Dissertação (Mestrado) – Coordenadoria de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Fundação Universidade Federal do Rio Grande FURG, Rio Grande, 2003.

CAPRA, F. **A teia da vida.** São Paulo: Cutrix, 1996.

GALDINO, F. **A modelagem computacional, utilizando o laboratório de aprendizagem experimental com animação para o pensamento sistêmico (STELLA), em tópicos relacionados à educação ambiental: um estudo com alunos do ensino técnico profissionalizante do Colégio Técnico Industrial da FURG.** 2003. 259 p. Dissertação (Mestrado) – Coordenadoria de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Fundação Universidade Federal do Rio Grande FURG, Rio Grande, 2003.

KURTZ dos SANTOS, et al. **Modelagem Computacional Utilizando STELLA: considerações teóricas e aplicações em Gerenciamento, Física e Ecologia de Sistemas.** Rio Grande-RS: Editora da FURG, 2002.

_____. **Introdução à modelagem computacional na educação.** Rio Grande-RS: Editora da FURG, 1995.

_____.; THIELO, M.R. & KLEER, A.A. Students Modelling Enviromental Issues. **Journal of Computer Assisted Learning**, 1997. 13. p. 35-47.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Ley 115 de 1994, Bogotá, Colombia

_____. Decreto 1743 de 3 de Agosto de 1994

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL Y MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. **Política Nacional de Educación Ambiental SINA.** Bogotá, Colombia. 2004.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Coleção Epistemologia e Sociedade. 3ª Edição. Paris: Instituto Piaget, 1990.

RODRÍGUEZ, I.A.; HOLGUIN, M.T. **Guía Metodológica para la formulación de proyectos ambientales escolares: un reto más allá de la escuela**. Bogotá: Panamericana, 2006.

VESTER, F. **Unsere Welt**. Ein Vernetztes Systems. Munich, Alemania: Edit. DTV, 1983.